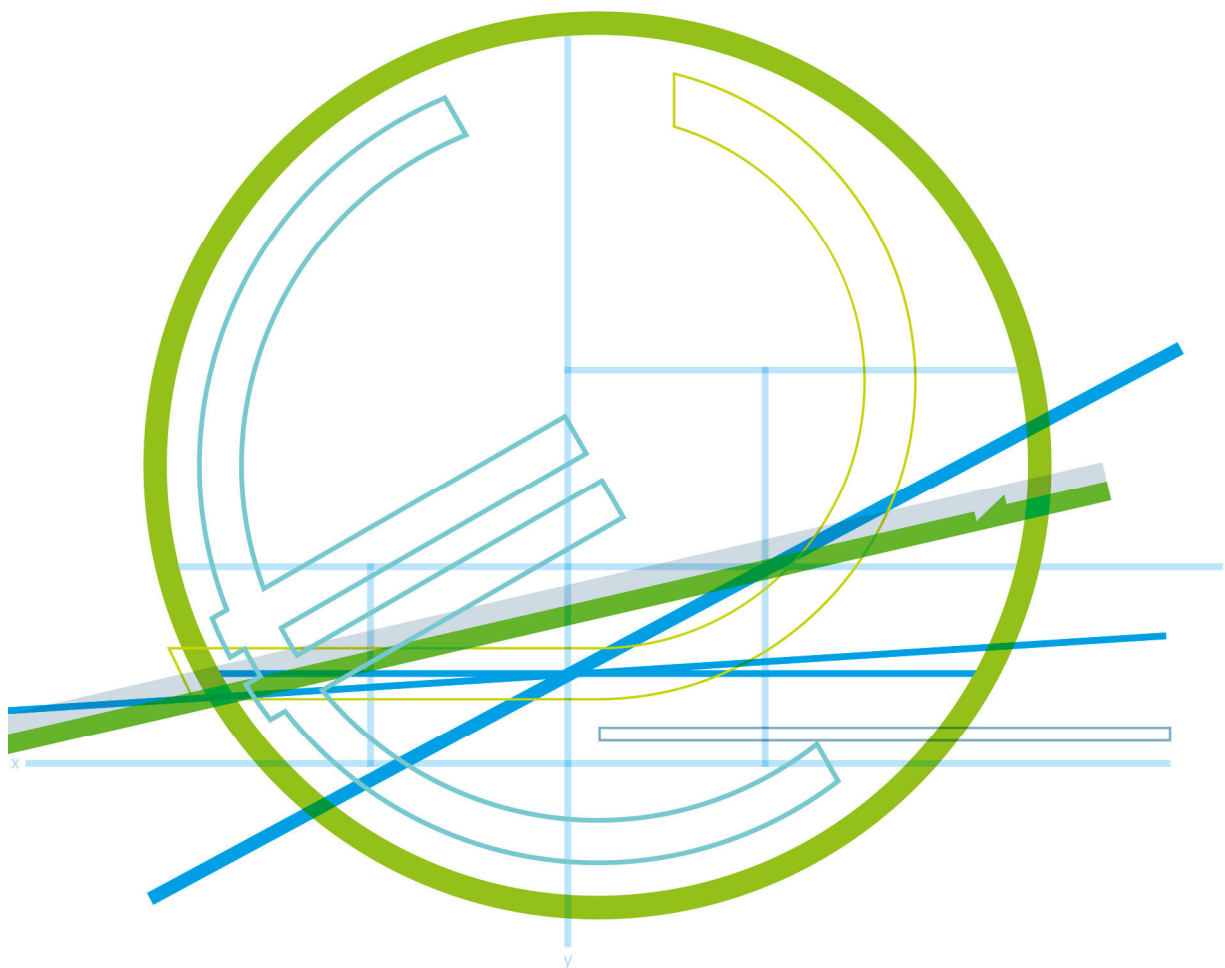


Analyse der Wirkungsmechanismen von Endenergieeffizienz-Maßnahmen und Entwicklung geeigneter Strategien für die Selektion ökonomisch-effizienter Maßnahmenpakete



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Energie der Zukunft“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Ausgangslage.....	7
1.2	Zielsetzung	8
1.3	Analyseschritte	10
2	Grundsätzliche Anmerkung zur Berechnung der Kosteneffizienz der Energieeffizienz-Maßnahmen	12
3	Maßnahmen im Haushalt	14
3.1	Wirkung und Kosten	14
3.1.1	Maßnahmen im Bereich Raumwärme	14
3.1.1.1	Austausch von Elektrospeicherheizung, Nachtspeicherheizung und Elektrodirektheizung in Ein- bis Zweifamilienhäusern durch Wärmepumpen.....	26
3.1.1.2	Anschluss eines Haushaltes an Fernwärme	45
3.1.1.3	Ausstattung eines Haushalts mit Brennwertkessel	68
3.1.1.4	Tausch alter Umwälzpumpen.....	78
3.1.1.5	Tausch von Boilern zur Warmwasserbereitung in Häusern auf Luft-Wärmepumpen.....	85
3.1.1.6	Tausch dezentrale elektrische Warmwasserbereitung in Wohnungen auf effiziente Neugeräte	90
3.1.1.7	Verstärkte Nutzung der Solarthermie für Heizung und Warmwasser.....	93
3.1.1.8	Sanierung der Gebäudehülle	101
3.1.1.9	Wohnbau / Neubau	139
3.1.1.10	Heizungsregelung.....	142
3.1.1.11	Dämmung von Warmwasserrohren	151
3.1.2	Maßnahmen im Bereich Weißwaren	165
3.1.2.1	Kühlschränke und Gefrierschränke	165
3.1.2.2	Einsatz energieeffizienter Waschmaschinen	174
3.1.2.3	Einsatz energieeffizienter Wäschetrockner.....	186
3.1.2.4	Einsatz energieeffizienter Geschirrspüler	189
3.1.2.5	Einsatz energieeffizienter E-Herde.....	197
3.1.3	Maßnahmen im Bereich Verkehr	206
3.1.3.1	Intensivierung des öffentlichen Verkehrsnetzes: Schiene, Autobus, elektrifizierter Stadtverkehr.....	206
3.1.3.2	Alternative Treibstoffmotoren	217
3.1.4	Sonstige Maßnahmen	224
3.1.4.1	energieeffiziente Beleuchtung.....	224
3.1.4.2	Reduktion des Stand-by Verbrauchs von Fernsehgeräten und EDV-Anlagen ...	236
3.1.4.3	Energieberatung in Haushalten.....	242

3.2 Einsparpotentiale	249
3.2.1 Maßnahmen im Bereich Raumwärme	250
3.2.1.1 Gebäudesanierung	251
3.2.1.2 Hocheffiziente Gebäudehülle im Neubau	252
3.2.1.3 Heiztechnik.....	254
3.2.1.4 Brauchwasseraufbereitung	259
3.2.1.5 Effiziente Raumheizsysteme.....	261
3.2.1.6 Solarthermie	262
3.2.2 Maßnahme bei elektrischen Geräten	263
3.2.2.1 Beleuchtung	263
3.2.2.2 Reduktion des Stand-by Verbrauches in Haushalten.....	265
3.2.2.3 Einsatz effizienter Weißware in Haushalten	266
3.2.3 Maßnahmen im Bereich des Personenverkehrs.....	267
3.2.3.1 Einsatz von Hybridantrieben und Fahrzeugen mit Erdgasantrieben	267
3.2.3.2 Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel	269
4 Maßnahmen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor (Wirkung, Kosten und Einsparpotentiale)	275
4.1 Methodische Unterschiede zur Bewertung von Maßnahmen im Haushalt	275
4.2 Beleuchtung	276
4.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte	276
4.2.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale	278
4.2.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme	278
4.3 Elektrische Motorenanwendungen	279
4.3.1 Druckluft.....	280
4.3.1.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte.....	280
4.3.1.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale	280
4.3.1.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme	281
4.3.2 Ventilation und Klimatisierungsanlagen.....	283
4.3.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte.....	283
4.3.2.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale	295
4.3.2.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme	296
4.3.3 Pumpensysteme.....	298
4.3.3.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte.....	298
4.3.3.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale	300
4.3.3.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme	300
4.4 Kühlanlagen.....	301
4.4.1 Systemkomponenten von kältetechnischen Anlagen.....	302
4.4.2 Energetischer Endverbrauch für Kälteanlagen und Differenzierung der Anwendung.....	304

4.4.3	Mögliche Einsparungspotentiale bei Kälteanlagen	306
4.4.4	Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Maßnahmen	307
4.4.4.1	Effizienzsteigerung bei Kühlmöbeln	308
4.4.4.2	Abwärmenutzung bei Kälteanlagen	309
4.4.5	Maßnahmen zur elektrischen Energieeffizienz-Steigerung bei Prozesskältesystemen 312	
4.5	Raumwärme.....	314
4.5.1	Heizkessel und Wärmerückgewinnung	315
4.5.1.1	Beschreibung des Systems und der Literaturwerte.....	315
4.5.1.2	Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale von Wärmepumpen 321	
4.5.1.3	Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme	323
4.5.1.4	Wärmerückgewinnung	328
4.6	Wärmeverteilung	333
4.6.1	Beschreibung des Systems und der Literaturwerte	333
4.7	Gebäudehülle	335
4.7.1	Dämmung der Gebäudehülle	335
4.7.2	Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale für den Bereich Raumwärme.....	338
4.7.3	Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme	341
4.7.4	Schlussfolgerungen.....	342
4.8	Güterverkehr.....	343
5	Strategien zur Erschließung von nicht ausgeschöpften Energieeffizienz-Potentialen im Haushaltssektor (Ausarbeitung durch EEG).....	355
5.1	Maßnahmenbereich Wärme	355
5.1.1	Implementierung der Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit.....	355
5.2	Maßnahmenbereich Elektrische Verbraucher.....	358
5.2.1	Implementierung der Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit.....	358
5.2.1.1	Beleuchtung	358
5.2.1.2	Stand-by Verbrauch.....	359
5.2.1.3	Weißer Ware	360
5.3	Maßnahmenbereich Verkehr.....	361
5.3.1	Implementierung der Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit.....	361
6	Strategien zur Erschließung von nicht ausgeschöpften Energieeffizienz-Potentialen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor.....	363
6.1	Einleitung / Vorwort.....	363
6.2	Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen und Ergebnisse bereits durchgeführter Studien	364

6.3 Aktuelle Situation am Markt.....	372
6.4 Szenarienentwicklung und getroffene Annahmen.....	375
6.5 Strategie „Intensive monetäre Förderung von energieeffizienzsteigernden Technologien“	377
6.5.1 Szenario „IMF mid“: Intensive monetäre Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien durch Erhöhung der Förderquote auf 40%	378
6.5.2 Szenario „IMF high“: Intensive monetäre Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien durch Erhöhung der Förderquote auf 50%	382
6.6 Strategie: Einführung von energetischen Mindeststandards bei Technologien	386
6.6.1 Szenario: „Mindeststandards“	387
6.7 Strategie: Erhöhung der Förderquote bei gleichzeitiger Setzung von Mindeststandards.....	391
6.7.1 Szenario „IMF-US mid“: Intensive monetäre Förderung mit einer Förderquote von 40% in Kombination mit der Einführung (bzw. Erweiterung) von Mindeststandards	391
6.7.2 Szenario „IMF-US high“: Intensive monetäre Förderung mit einer Förderquote von 50% in Kombination von Einführung der Mindeststandards.....	395
6.8 Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse	398
7 Ökonomische Bewertung der evaluierten Strategien zur Erschließung von Energieeffizienz-Potentialen	401
7.1 Methodik der volkswirtschaftlichen Analyse	401
7.2 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energieeffizienz-Strategien	405
7.2.1 Szenario 1a+1b	407
7.2.2 Szenario 2a+2b	412
7.2.3 Szenario 3a+3b	416
7.2.4 Szenario 4a+4b	421
7.2.5 Szenario 5a+5b	426
8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	431
8.1 Ausgangslage.....	431
8.2 Zielsetzung	431
8.3 Analyseschritte	435
8.4 Die analysierten Energieeffizienz-Strategien	436
8.5 Zentrale Annahmen der Studie	441
8.6 Maßnahmenbezogene Potentiale der Steigerung von Endenergieeffizienz	445
8.6.1 Potentiale im Haushaltssektor.....	445
8.6.2 Potentiale im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion.....	455
8.7 Investitionskosten und energetische Einsparungen der betrachteten Strategien	456
8.7.1 Erwartete energetische Einsparungen	456

8.7.2	Erwartete Ausgaben der Umsetzung	456
8.7.3	Erwartete Maßnahmenkosten und erwartete reduzierte Energieausgaben	457
8.7.4	Erwartete Maßnahmenkosten pro anrechenbarer Energieeinheit	457
8.7.5	Energetische Einsparungen nach Energieträgern	457
8.8	Volkswirtschaftliche Effekte der betrachteten Strategien	464
8.9	Prioritäre To-Do's der österreichischen Energieeffizienz-Politik für ein Erreichen der Ziele der Energieeffizienz-Richtlinie 2006/32/EG	472
9	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	475
10	Literaturverzeichnis	491

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die vorliegende Studie „Analyse der Wirkungsmechanismen von Endenergieeffizienz-Maßnahmen und Entwicklung geeigneter Strategien für die Selektion ökonomisch-effizienter Maßnahmenpakete“ (AWEEMSS) wurde im Rahmen des Förderprogramms ENERGIE DER ZUKUNFT durchgeführt und aus dem Klima- und Energiefonds finanziert.

Der vorliegende Endbericht wurde vom Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz (EI Linz) in Kooperation mit der Energy Economics Group (EEG) der Technischen Universität Wien verfasst.

Diese Studie wurde unter Mitarbeit folgender Autoren erstellt:

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz	Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der Technischen Universität Wien (Energy Economics Group)
Dr. Johannes Reichl (Projektleitung)	ao. Univ.-Prof. Dr. Reinhard Haas
Dr. Andrea Kollmann	DI Andreas Müller
Dr. Robert Tichler	DI Nana Sagbauer
DI (FH) Johannes Lindorfer	DI Maximilian Kloess
Dipl. VW. Sebastian Görs	
Mag. Natalia Pakhomova, Bakk. tech.	
Elisabeth Greibl	
Karin Fazeni	

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Studie ist die Evaluierung möglicher Strategien zur Verbesserung der Endenergieeffizienz im Rahmen der Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen bis zum Jahr 2016.

Das Hauptziel der Richtlinie 2006/32/EG (ESD) ist es, die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union aufzufordern, 9 % ihres Endenergieverbrauchs innerhalb eines Zeitraumes von 9 Jahren gegenüber der business-as-usual-Entwicklung zu senken. Die Betonung liegt hierbei auf „auffordern“, da sich das Europäische Parlament und der Rat nicht darauf einigen konnten, diese Energieeinsparungen verpflichtend von den Mitgliedstaaten zu fordern. Das Ziel ist somit indikativ und die Mitgliedstaaten sind im Grunde nur dazu verpflichtet ausreichende Anstrengungen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Rahmen von Zwischenberichten, die alle drei Jahre vorzulegen sind, nachzuweisen.

Ziel und Zweck der Energieeffizienz-Richtlinie ist es, die Effizienz der Endenergienutzung kostenwirksam zu steigern. Hierzu soll die Energieeffizienz-Richtlinie die Rahmenbedingungen für die *Schaffung der Voraussetzungen für die Entwicklung und Förderung eines Markts für Energiedienstleistungen* legen. Die Richtlinie gilt dabei für (siehe Art. 2)

- Anbieter von Energieeffizienz-Maßnahmen, Energieverteiler, Verteilernetzbetreiber und Energieeinzelhandelsunternehmen;
- Endkunden, mit Ausnahme der Unternehmen, die am Europäischen Emissionshandelssystem beteiligt sind;
- die Streitkräfte, soweit ihre Anwendung nicht mit der Art und dem Hauptzweck der Tätigkeit der Streitkräfte kollidiert und mit Ausnahme von Material, das ausschließlich für militärische Zwecke verwendet wird.

Bei der Festlegung der Art und Weise wie die Richtlinie von den einzelnen Mitgliedsstaaten umgesetzt werden soll, wird eine Reihe an Optionen vorgegeben, aus denen der einzelne Mitgliedstaat wählen kann. Die erste mögliche Option besteht darin, aus den folgenden genannten Maßnahmen eine oder mehrere zu wählen, die von den Energieverteilern, Verteilernetzbetreibern und/oder Energiehandelsunternehmen zu erbringen sind:

- Förderung von Energiedienstleistungen mit wettbewerbsorientierter Preisgestaltung und Sicherstellung des entsprechenden Angebots für ihre Endkunden.
- Förderung von unabhängig durchgeführten Energieaudits mit wettbewerbsorientierter Preisgestaltung und/oder von Energieeffizienz-Maßnahmen im Einklang mit Artikel 9 Absatz 2 und Artikel 12¹ und Sicherstellung der entsprechenden Verfügbarkeit für ihre Endkunden.

¹ Art. 9 (2): (2) Die Mitgliedstaaten stellen vorhandenen oder potentiellen Abnehmern von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen aus dem öffentlichen und

- Beteiligung an Fonds und Finanzierungsverfahren.

Die zweite Option besteht darin, freiwillige Vereinbarungen und/oder andere marktorientierte Instrumente wie Einsparzertifikate (sogenannte „Weiße Zertifikate“) zu schließen bzw. einzuführen. In Österreich wird im Moment die zweite Option – das Schließen freiwilliger Vereinbarungen – präferiert. Die Verhandlungen darüber sind jedoch im Moment noch im Gange und es liegen nach Kenntnis der Autoren keine offiziellen Dokumente über die geplante Ausgestaltung der freiwilligen Vereinbarungen vor.

Um die in der Energieeffizienz-Richtlinie skizzierten Ziele zu erreichen, soll – gemäß Art. 7 – die Verfügbarkeit von Informationen vor allem durch Energieberatungen verbessert werden. Durch Qualifikations-, Zulassungs- und Zertifizierungssysteme soll die Qualität der angebotenen Energiedienstleistungen gewährleistet werden (Art. 8). Art. 9 fordert die Aufhebung aller steuerrechtlichen Regelungen in den Mitgliedsstaaten, die die Nutzung von Finanzinstrumenten auf dem Markt für Energiedienstleistungen behindern oder beschränken.

Gemäß Art. 10 sollen alle Mitgliedsstaaten sicher stellen, dass Anreize in der Struktur der Übertragungs- und Verteilungstarife, die Volumen verteilter oder übertragener Energie unnötig erhöhen, beseitigt werden. Art. 12 betont nochmals die Bedeutung von Energieaudits, mit denen mögliche Energieeffizienz-Maßnahmen ermittelt werden können. Diese Audits sind für alle Kundensegmente anzubieten.

Von allen genannten Maßnahmen, die zur Erhöhung der Energieeffizienz in der Richtlinie genannt werden, ist im Rahmen der vorliegenden Analyse über Energieeffizienz im Wohngebäudesektor vor allem Art. 13 *Erfassung und informative Abrechnung des Energieverbrauchs* von Bedeutung.

Soweit es technisch machbar, finanziell vertretbar und im Vergleich zu den potentiellen Energieeinsparungen angemessen ist, stellen die Mitgliedsstaaten sicher, dass alle Endkunden in den Bereichen Strom, Erdgas, Fernheizung und/oder –kühlung und Warmbrauchwasser individuelle Zähler zu wettbewerbsorientierten Preisen erhalten, die den tatsächlichen Energieverbrauch des Endkunden und die tatsächliche Nutzungszeit widerspiegeln. [...] soweit Gebäude größeren Renovierungen im Sinne der Richtlinie 2002/91/EG unterzogen werden, sind stets solche individuellen Zähler zu wettbewerbsorientierten Preisen zu liefern.

Die Energieabrechnung hat klar und verständlich zu sein und dem Endkunden geeignete Angaben zur Verfügung zustellen, mit denen er seine aktuellen Energiekosten beurteilen kann.

Interessant an dieser Richtlinie ist auch die Berechnung des Einsparzieles, die in Anhang I der Richtlinie beschrieben wird: 9% des einfachen Mittelwerts des gesamten Endenergieverbrauch eines Landes in den fünf Jahren vor Inkrafttreten der Richtlinie (bzw.

privaten Sektor Musterverträge für diese Finanzinstrumente zur Verfügung. Art. 12 bestimmt Anforderungen an die Gestaltung von Energieaudits.

die letzten 5 Jahre, für die Daten verfügbar sind; im Falle Österreichs 2001-2005) werden als Einsparziel herangezogen. Der Endenergieverbrauch muss jedoch vor dieser Mittelwertbildung um den Endenergieverbrauch der Segmente Flugverkehr, Schweröle, die in der Seeschifffahrt eingesetzt werden (für Österreich nicht relevant) sowie um den Endenergieverbrauch aller Unternehmen², die am europäischen Emissionszertifikatehandel teilnehmen, bereinigt werden.

Für Österreich errechnet sich aus diesen Angaben ein indikatives Einsparziel im Jahr 2016 von 22.330 GWh [49]. Das heißt, dass der österreichische Endenergieverbrauch für eine erfolgreiche Erfüllung der Richtlinie im Jahr 2016 um 22.330 GWh unter jenem Wert liegen muss, den der österreichische Endenergieverbrauch ohne Durchführung von spezifischen Energieeffizienz-Maßnahmen in diesem Jahr hätte. Dies bedeutet jedoch auch, dass die Richtlinie keine absolute Reduktion des Endenergieverbrauchs unter das Niveau von 2008, sondern lediglich eine Dämpfung des Verbrauchs gegenüber dem business-as-usual verlangt.

1.3 Analyseschritte

Die Studie gliedert sich primär in drei Untersuchungseinheiten:

- 1) Definition und Analyse **von potentiell geeigneten Energieeffizienz-Maßnahmen** (z.B. Austausch ineffizienter Gerätschaften, Sanierung der Gebäudehülle, etc.)
- 2) Definition und Analyse von **potentiell geeigneten politischen Strategien** zur Förderung der Umsetzung der Maßnahmen aus 1). Eine politische Strategie beschreibt dabei die Schaffung von rechtlichen Rahmenbedingungen bzgl. Förderungen und Förderkriterien oder das Setzen von Energieeffizienz-Mindeststandards.
- 3) Die **ökonomische Bewertung der unter 2) definierten Energieeffizienz-Strategien** hinsichtlich ihres Einflusses auf die zentralen Variablen der österreichischen Volkswirtschaft.

Die Analyse der Energieeffizienz-Maßnahmen bzw. -Strategien erstreckt sich dabei sowohl über den Haushaltsbereich, als auch über den Dienstleistungssektor und die Sachgüterproduktion. Somit ist eine fast vollständige Abdeckung der Richtlinien-relevanten Energieverbräuche gegeben. Jedoch muss angemerkt werden, dass die in dieser Studie

² Im Wortlaut der Richtlinie 2006/32/EG wird von *Unternehmen, die an den in Anhang I der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft (3) aufgelisteten Kategorien von Tätigkeiten beteiligt sind* gesprochen. Diese Formulierung wirft Fragen auf, da Zertifikate für Anlagen, jedoch nicht für ganze Unternehmen ausgegeben werden. Ziel sollte es sein, nur die Anlagen, nicht jedoch den gesamten Endenergieverbrauch eines Unternehmens von der Einsparzielberechnung auszunehmen um das Energieeinsparpotential, das durch Energieeffizienz-Maßnahmen realisiert werden kann, möglichst auszuschöpfen.

analysierten Maßnahmen nach Ansicht der Autoren zwar die potentialreichsten Möglichkeiten für eine rasche Senkung des Endenergieverbrauchs sind, aber keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Gerade im Unternehmensbereich sind häufig große Energieeinsparungen durch Änderungen in den Prozessabläufen oder eine Neustrukturierung der Produktionsanlagen möglich. Eine Studie wie die vorliegende kann jedoch nur Energieeffizienz-Maßnahmen mit relativ homogener Wirkung bei den Endkunden abbilden. Die selektierten Energieeffizienz-Maßnahmen werden in Kapitel 3 und Kapitel 4 dargestellt. Eine Auflistung dieser Maßnahmen zusammen mit den jeweils ermittelten Gesamtpotentialen ist in dieser Arbeit in Kapitel 8.6 zu finden.

2 Grundsätzliche Anmerkung zur Berechnung der Kosteneffizienz der Energieeffizienz-Maßnahmen

(Ausgearbeitet durch EI Linz)

Ziel der folgenden Analyse ist es festzustellen, ob die betrachtete Energieeffizienz-Maßnahme eine kosteneffiziente Energieeffizienz-Maßnahme darstellt oder nicht. Grundsätzlich ist eine Energieeffizienz-Maßnahme kosteneffizient, wenn gilt:

$$C_K \leq V_K = \sum_{t=1}^T \left([P_t (F_C - F_N)] / (1+r)^t \right) \quad (2-1)$$

wobei C_K die Gesamtkosten der Energieeffizienz-Maßnahme darstellt, V_K den Barwert der Energieeinsparungen, die durch die Maßnahme erzielt werden können, P_t ist der Energiepreis, F_C die Menge des Energieträgers, die vor der Maßnahme eingesetzt wird, F_N die Menge des Energieträgers, die nach der Energieeffizienz-Maßnahme eingesetzt wird, T die Lebenszeit der Maßnahme und r der Diskont-Satz. Eine Energieeffizienz-Maßnahme ist dann kosteneffizient, wenn gilt:

$$C_K \leq V_K \quad (2-2)$$

Gleichung (2-1) wird für die Berechnung aller folgenden Energieeffizienz-Maßnahmen verwendet, wobei bei der Interpretation der Ergebnisse auf einige Punkte geachtet werden muss:

Je stärker der Preis über die Lebenszeit der Energieeffizienz-Maßnahme ansteigt, um so eher ist die Energieeffizienz-Maßnahme kosteneffizient.

Je höher der Zinssatz ist, umso geringer ist der Barwert der erwarteten Energieeinsparung.

Bei der Berechnung wird angenommen, dass die jährliche Einsparung konstant gleich dem Ausgangswert bleibt.

Bei ausreichend kostenhomogenen Energieeffizienz-Maßnahmen im Haushaltsbereich und bei ausreichender Datenlage werden drei Szenarien berechnet:

Szenario I nimmt einen jährlichen Energiepreisanstieg von 0% pro Jahr an. Dieses Szenario simuliert eine konstante Preisentwicklung bei Inflationsausgleich.

Szenario II nimmt einen jährlichen Energiepreisanstieg von 3% pro Jahr an. Dieses Szenario simuliert eine moderate Preisentwicklung von ca. +2% pro Jahr und Inflationsausgleich.

Szenario III nimmt einen jährlichen Energiepreisanstieg von 10% pro Jahr an. Dieses

Szenario simuliert eine starke Preisentwicklung von ca. +7% pro Jahr und Inflationsausgleich. Szenario III ist als Maximal-Szenario zu interpretieren.

Bei den Berechnungen werden jährliche Wartungs- oder allfällige Reparaturkosten vernachlässigt. Die Entsorgung der Altgeräte kann nach Auskunft des Landesabfallverbands in ganz Oberösterreich kostenlos erfolgen (ausgenommen sind nur Problemstoffe wie Asbest). Bei den Berechnungen wird angenommen, dass der Installateur der Neuanlage dafür Sorge trägt, dass die ordnungsgemäße Entsorgung des Altgerätes erfolgt.

3 Maßnahmen im Haushalt

3.1 Wirkung und Kosten

3.1.1 Maßnahmen im Bereich Raumwärme

3.1.1.1.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

3.1.1.1.1.1 Endenergiebedarf für Raumwärme

Basis für die Berechnung der Einsparungen ist zunächst der Raumwärmebedarf des zu beheizenden Objekts. Dieser erschließt sich aus dem spezifischen Nettowärmebedarf und der zu beheizenden Fläche des Objekts. Der jährliche Raumwärmebedarf einer Wohneinheit in einem Ein- oder Zweifamilienhaus ist dabei

$$yEDBu = HA \cdot HWB \quad (3.1-1)$$

Wobei $yEDBu$ für den jährlichen Raumwärmebedarf eines Objekts im Baseline-Szenario steht, HA für die beheizte Fläche in m^2 und HWB für den spezifischen Nettowärmebedarf in kWh/m^2 im Baseline-Szenario.

Unter den Annahmen der Bewertungssystematik in *ESCAPE* [183] ergeben sich daraus für diese Maßnahmenkategorie zwei relevante Werte für den Raumwärmebedarf einer Wohneinheit im Ein- oder Zweifamilienhaus, diese werden einmal mit und einmal ohne integrierter Warmwasserbereitung definiert. Zunächst wird in Tabelle 3.1-1 der Wärmebedarf ohne Warmwasserbereitung dargestellt, wobei sich die Werte bezüglich des Heizwärmeenergiebedarfs für Raumwärme pro m^2 für den betrachteten Neubau an extrapolierten Werten und Angaben der Berichte der Oberösterreichischen Wohnbauförderung orientieren.

Tabelle 3.1-1: Defaultwerte für den Wärmebedarf im Neubau ohne Warmwasserbereitung

	m^2	kWh/m^2	Raumwärmebedarf einer Wohneinheit
Neubau	150	40	6.000 kWh/anno

Aus diesem Raumwärmebedarf wird in weiterer Folge der Endenergiebedarf für das jeweilige Heizsystem (Wärmepumpe, Erdgas, Pellets) errechnet.

3.1.1.1.2 Endenergiebedarf für Raumwärme mit integrierter Warmwasseraufbereitung

Um zu den Endenergieeinsparungen für die reine Raumwärmebereitstellung auch jene für die integrierte Warmwasseraufbereitung zu erhalten, ist zunächst der Raumwärmebedarf um den Wasserwärmebedarf zu erweitern. Die Gleichung (3.1-1) für den Raumwärmebedarf wird demnach additiv um den Wasserwärmebedarf ergänzt:

$$yEDBu = HA \cdot HWB + WWC \quad (3.1-2)$$

wobei $yEDBu$ für den gesamten Wärmebedarf des Objekts steht, also für den Raumwärmebedarf und den Wasserwärmebedarf.

WWC steht dementsprechend für den Wasserwärmebedarf und berechnet sich unter den Annahmen einer Bevölkerungsdichte von 2,5 Personen im Haushalt, einem täglichen Warmwasserbedarf von 40 l pro Person, einer Temperaturdifferenz während der Warmwasseraufbereitung von 40 °C und Zirkulationssverlusten von 30% wie folgt:

$$WWC = (2,5 \text{ Personen} \cdot 40 \text{ l} \cdot 40^\circ\text{C} \cdot cp) / 3.600 \cdot 1 / (1 - 0,3) = 2.423 \text{ kWh} \quad (3.1-3)$$

Dabei steht cp ($\approx 4,14$) für den spezifischen Wärmegehalt von flüssigem Wasser³ in kJ/(kg·K), wobei den Nenner die Umrechnung von kJ auf kWh geschaffen wird. Für eine detailliertere Beschreibung der Berechnung dieses Wertes wird erneut auf die Dokumentation des Softwaretools *ESCAPE* [183] verwiesen.

Basierend auf vorherigen Berechnungen ergibt sich für einen Neubau ein gesamter Wärmebedarf, der in Tabelle 3.1-3 dargestellt ist.

Tabelle 3.1-2: Defaultwerte für den Wärmebedarf in Neubauten mit Warmwasseraufbereitung

	m ²	kWh/m ²	Raumwärmebedarf einer Wohneinheit
Neubau	150	40	8.423 kWh/anno

³ Der Vollständigkeit halber soll hier angemerkt werden, dass das Gewicht von Wasser gleichbleibend mit 1kg/l angenommen wird.

3.1.1.1.2 Festlegung des Referenzsystems und Betrachtung der Alternativtechnologie Wärmepumpe

3.1.1.1.2.1 Referenzsystem Erdgas

Als Referenzsystem für die Berechnungen der Einsparpotentiale wird ein Heizungssystem mit Erdgas mit in Tabelle 3.1-3 dargestellten Jahresnutzungsgrad zur Hilfe gezogen.

Tabelle 3.1-3: Jahresnutzungsgrad für gasbefeuerte Brennwertkessel (bezogen auf H_U)⁴

Kesselbauart	Jahresnutzungsgrad mit integrierter WW-Bereitung
Erdgasbrennwertkessel*	95%

* Leistung bis 50 kW

3.1.1.1.2.2 Referenzsystem Pellets

Als Referenzsystem für die Berechnungen der Einsparpotentiale wird ein Heizungssystem mit Pellets mit in Tabelle 3.1-4 dargestellten Jahresnutzungsgrad zur Hilfe gezogen.

Tabelle 3.1-4: Jahresnutzungsgrad für Pelletskessel⁵

Kesselbauart	Jahresnutzungsgrad mit integrierter WW-Bereitung
Pelletskessel*	90%

* Leistung bis 20 kW

3.1.1.1.2.3 Wärmepumpensysteme

Für die Jahresnutzungsgrade des Heizsystems Wärmepumpe, in diesem Fall verschiedene Varianten der Wärmepumpentechnologie, werden die Referenzwerte so festgelegt, wie sie sich als Alternative zu den betrachteten Referenzsystemen Erdgas und Pellets darstellen. Grundsätzlich werden für die Beurteilung von Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen (JAZ) herangezogen, welche das Verhältnis aus abgegebener Nutzwärme und der eingesetzten elektrischen Energie für den Antrieb des Verdichters und der Hilfsantriebe, bezogen auf das Zeitintervall eines Jahres beschreibt. Konservative Referenzwerte für die Jahresarbeitszahl der verschiedenen Wärmepumpenarten wurden auf Jahresnutzungsgrade, wie beispielsweise bei der Beurteilung von Kesselanlagen

⁴ Durchschnittswerte basierend auf Angaben in Recknagel, H., Sprenger, E. und Schramek, E. (2007) *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, Oldenbourg Industrieverlag München, 73. Auflage, München.

⁵ Diese Angaben basieren auf gerundeten Durchschnittswerten 9 verschiedener Pelletskessel unter www.topprodukte.at (Stand: 12.03.2009).

üblich, umgelegt um eine anschauliche Vergleichbarkeit mit dem Referenzsystemen Erdgas bzw. Pellets zu erreichen.

Dabei werden diese Jahresarbeitszahlen hier mit bzw. ohne integrierter Warmwasserbereitung in Tabelle 3.1-5 dargestellt.

Tabelle 3.1-5: Jahresnutzungsgrade von Wärmepumpen im Neubau

Wärmepumpentyp	Jahresnutzungsgrad ohne integrierter WW-Bereitung	Jahresnutzungsgrad mit integrierter WW-Bereitung
Erdwärme-Wasser	400%	380%
Wasser-Wasser	400%	380%
Tiefenbohrung	380%	360%
Luft-Wasser	300%	280%

Die angesetzten Jahresnutzungsgrade entsprechen der Wärmepumpenförderung für Gesamtanlagen lt. OÖ Energiesparverordnung (Förderung ohne/mit integrierter Brauchwasserbereitung bei JAZ_{mind}) und können im Sinne einer konservativen Abschätzung als Mindestanforderung interpretiert werden. Messergebnisse zum Jahresnutzungsgrad von installierten Wärmepumpen in *Neubauten* zeigen eine hohe Schwankungsbreite je nach Anwendung und Dimensionierung. [247]

Ein Zugriff auf Statistiken über die von Herstellerseite garantierten angegebenen Jahresnutzungsgrade der in OÖ installierten Wärmepumpen ist den Autoren nicht möglich.

Exkurs: Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen

Für die Berechnungen der Einsparung bei Austausch von elek. Speicherheizungen und Elektrodirektheizungen auf Wärmepumpen wurden ausschließlich die Jahresarbeitszahlen von Tabelle 3.1-15 herangezogen. Diese erscheinen nach gründlicher Recherche für eine Bewertung dieser Maßnahme im sanierten Altbau als geeignet und ergeben weiters Einsparungen die mit jenen der Österreichischen Monitoringstelle für Energieeffizienz (Stand der Methodik: Oktober 2009) vergleichbar sind.

An dieser Stelle soll trotzdem kurz auf empirische Daten zur Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen eingegangen werden. Von besonderem Interesse in diesem Zusammenhang ist der Projektbericht „Messung von Wärmepumpen in neu errichteten Wohngebäuden“ des Amts der Vorarlberger Landesregierung. In dieser Studie wurden 20 Wärmepumpen (mit gleichzeitiger WW-Bereitung) auf ihre tatsächliche Performance einem Monitoring unterzogen. Bei diesem Feldtest ergab sich eine durchschnittliche JAZ von 4.15. Dies zeigt deutlich, dass WP bei richtiger Dimensionierung, gut eingestellten Vorlauftemperaturen und optimaler Anlagenregelung sehr endenergieeffiziente Heizsysteme darstellen.

3.1.1.1.3 Energetische Maßnahmenbewertung

Basierend auf den in Kapitel 3.1.1.3 definierten technischen Rahmenbedingungen ergeben sich beim Vergleich der Heizsysteme Erdgas (Erdgasheizkessel mit Brennwertnutzung) und Pellets (Pelletsheizkessel) mit verschiedenen Wärmepumpensystemen die in Tabelle 3.1-6 aufgezeigten energetischen Einsparungen.

Tabelle 3.1-6: Übersichtstabelle der Endenergieeinsparungen im Neubau zwischen den Heizsystemen Wärmepumpe mit integrierter Warmwasserbereitung

Heizsystem im Neubau (mit integrierter Warmwasseraufbereitung)		Endenergiebedarf Endenergiebedarf Referenz-Heizsystem WP		Endenergie- einsparung
Erdgasbrennwertkessel	Erdwärme-Wasser WP	8.866 kWh	2.217 kWh	6.649 kWh
	Wasser-Wasser WP	8.866 kWh	2.217 kWh	6.649 kWh
	Tiefenbohrung WP	8.866 kWh	2.340 kWh	6.526 kWh
	Luft-Wasser WP	8.866 kWh	3.008 kWh	5.858 kWh
Pelletskessel	Erdwärme-Wasser WP	9.359 kWh	2.217 kWh	7.142 kWh
	Wasser-Wasser WP	9.359 kWh	2.217 kWh	7.142 kWh
	Tiefenbohrung WP	9.359 kWh	2.340 kWh	7.019 kWh
	Luft-Wasser WP	9.359 kWh	3.008 kWh	6.351 kWh

3.1.1.1.4 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

3.1.1.1.4.1 Abschätzung der Gesamtkosten für die Installation von Wärmepumpen im Vergleich zur Installation eines Erdgasbrennwertkessels und Pelletskessels

Im folgenden Abschnitt werden die Gesamtkosten für den Vergleich von Wärmepumpensystemen und den Referenzsystemen Erdgas und Pellets Basis von recherchierten Preisempfehlungen von Herstellern, aber auch auf Basis von Telefonanfragen bei Installateuren im oberösterreichischen Zentralraum quantifiziert (Kapitel 3.1.1.6).

In dem hier betrachteten Szenario *Neubau* wird die Implementierung eines Heizsystems basierend auf der Wärmepumpen-Technologie mit der Implementierung eines Erdgasheizungssystems bzw. eines Pelletsheizungssystems zur Raumwärme- und Warmwassergenerierung betrachtet. Da die Kosten der kompletten Neuerrichtung eines Wärmeverteilersystems aus Sicht der Autoren für die beiden betrachteten Technologien (Wärmepumpe, Erdgasheizung mit Brennwerttechnologie und Pelletsheizung) als größtenteils konvergent eingeschätzt werden können, werden Kostenaspekte der Verteilersysteme analog zu Demontagekosten bezüglich eines vorher vorhandenen Heizsystems im Folgenden vernachlässigt. In Tabelle 3.1-7 sind die recherchierten Kostenstrukturen und die einzelnen Modellannahmen für die verschiedenen Wärmepumpentypen zusammengestellt, wobei Tabelle 3.1-8 die Kosten des Systems Erdgasheizung und

Tabelle 3.1-9 die Kosten des Systems Pelletsheizung darstellen.

Tabelle 3.1-7: Gesamtkosten der Implementierung einer WP-Technologie (WP mit Warmwasserbereitung, ohne Wärmeverteilungssysteme), Neubau

	Erdwärme- Wasser- WP	Tiefenbohrung -WP	Wasser- Wasser-WP	Luft- Wasser- WP
Investitionskosten Wärmepumpensystem (in €)				
Wärmepumpe inkl. Regelung & Heizkreislaufpumpe	8.300	8.300	8.800	9.300
Zubehör, Armaturen, Sicherheit	450	450	450	450
Montage	1.400	1.400	1.400	1.400
Inbetriebnahme	600	600	600	600
Material & Verlegung Erdkollektor (4 Kollektorkreise)	1.700			
Erdarbeiten und Sand	1.120			
Bohrung Tiefensonde		7.800		
Material & Verlegung Tiefensonde		1.400		
Brunnenbohrung			2.500	
Material & Errichtung Entnahme- u. Schlickbrunnen			2.300	
Investitionskosten 300l Warmwasserspeicher inkl. Armaturen und Isolation	1.300	1.300	1.300	1.300
KOSTEN GESAMT	15.030	21.410	17.510	13.210

Tabelle 3.1-8: Gesamtkosten der Implementierung eines Heizsystems Erdgas (mit Brennwertkessel, ohne Wärmeverteilungssysteme), Neubau

Investitionskosten Heizsystem Erdgas (in €)*	
Brennwertkessel inkl. Brenner, Steuerung, Regelung, Zubehör (inkl. Montage)**	4.150
Gas-Anschlusspauschale	1.500
Isolierkamin (inkl. Aufstellung)***	2.500
Registerspeicher 200l für Warmwasser (inkl. Isolation)***	1.000
KOSTEN GESAMT	9.150

* Innerhalb der Investitionskostenbestimmung werden Kosten bezüglich des Raumbedarfs für Heizung und Warmwasserspeicher vernachlässigt.

** Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Preisangaben unter www.brennwert-geraete.at (Stand 11.03.2009).

*** Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Preisangaben von Installateuren im oberösterreichischen Zentralraum bei Telefonanfrage.

Tabelle 3.1-9: Gesamtkosten der Implementierung eines Heizsystems Pellets (mit Pelletskessel, ohne Wärmeverteilungssysteme), Neubau

Investitionskosten Heizsystem Pellets (in €)*	
Pelletskessel inkl. Brenner, Steuerung, Regelung, Zubehör (inkl. Schneckenfördersystem)**	9.250
Montage***	1.500
Isolierkamin (inkl. Aufstellung)***	2.500
Registerspeicher 200l für Warmwasser (inkl. Isolation)***	1.000
KOSTEN GESAMT	14.250

* Innerhalb der Investitionskostenbestimmung werden Kosten bezüglich des Raumbedarfs für Heizung, Pelletslagerung und Warmwasserspeicher vernachlässigt.

** Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Preisangaben unter www.topprodukte.at (Stand 12.03.2009).

*** Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Preisangaben von Installateuren im oberösterreichischen Zentralraum bei Telefonanfrage.

Bezüglich der Investitionskosten ergeben sich dementsprechend beim Vergleich der beiden Systeme folgende monetäre Differenzen:

Tabelle 3.1-10: Investitionskostendifferenz der Wärmepumpen-Systeme zu den Referenz-Systemen Erdgasbrennwertkessel und Pelletskessel, Neubau

Wärmepumpentyp	Differenz der Investitionskosten zum System Erdgasbrennwertkessel (in €)	Differenz der Investitionskosten zum System Pelletskessel (in €)
Erdwärme-Wasser-WP	5.880	780
Wasser-Wasser-WP	12.260	7160
Tiefenbohrung-WP	8.360	3260
Luft-Wasser-WP	4.060	-1040

3.1.1.1.4.2 Kosteneffizienz der Installation von Wärmepumpen im Neubau im Vergleich zum Referenzsystem Erdgasheizung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick bezüglich der Kosteneffizienz der Installation von Wärmepumpen im Neubau im Vergleich zum Referenzsystem Erdgasbrennwertkessel. Für jeden Wärmepumpentyp werden die Kostendifferenzen der Installation der monetären Ersparnis durch die eingesparte Energie gegenübergestellt.

Tabelle 3.1-11: Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle eines Erdgasbrennwertkessels (mit gleichzeitiger Warmwasseraufbereitung, ohne Berücksichtigung von Verteilungssystemen), Neubau

Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle eines Erdgasbrennwertkessels (mit gleichzeitiger Warmwasseraufbereitung)*			
Wärmepumpen-Typ**	Kostendifferenz der Investition zum Referenzsystem Erdgasheizung (mit Brennwertkessel) (in €)	Monetäre Ersparnis durch Energieeinsparung im Vergleich zum Referenzsystem Erdgasheizung (mit Brennwertkessel) (in €)	Nettoersparnis (in €)
Erdwärme-Wasser-WP			
Erdgaspreisänderung			
0%	5.880	3.813	-2.067
3%	5.880	5.424	-456
10%	5.880	11.576	5.696
Wasser-Wasser-WP			
Erdgaspreisänderung			
0%	12.260	3.813	-8.447
3%	12.260	5.424	-6.836
10%	12.260	11.576	-684
Tiefenbohrung-WP			
Erdgaspreisänderung			
0%	8.360	3.654	-4.706
3%	8.360	5.265	-3.095
10%	8.360	11.417	3.057
Luft-Wasser-WP			
Erdgaspreisänderung			
0%	4.060	2.789	-1.271
3%	4.060	4.400	340
10%	4.060	10.552	6.492

* Der Strompreis für die Wärmepumpen setzt sich als Mischtarif aus den Preisen für Tagstrom (0,1266 €/kWh) und Nachtstrom (0,1020 €/kWh) basierend auf Angaben der Energie AG (www.energieag.at, Stand 12.03.2009) zusammen, wobei innerhalb der Preisbestimmung der Preis für Tagstrom mit 60% und der Preis für Nachtstrom mit 40% gewichtet wird. Der Preis für Erdgas beläuft sich laut Annahme auf 0,0644 €/kWh.

** Der Betrachtungszeitraum beläuft sich analog zur angenommenen Lebensdauer von Wärmepumpen auf 17 Jahre.

Durch die höheren Investitionskosten für Wärmepumpensysteme im Vergleich zum Referenzsystem Erdgasheizung (mit Brennwertkessel) werden nicht in jedem betrachteten Fall monetäre Einsparungen generiert. Das System Wasser-Wasser-Wärmepumpe führt in keinem hier betrachteten Szenario bezüglich der Erdgaspreisänderung zu Einsparungen, wobei die Systeme Erdwärme-Wasser-Wärmepumpe und Luft-Wasser-Wärmepumpe je nach Erdgaspreisänderung aufgrund einer positiven Nettoersparnis Anreize bezüglich derer Nutzung zur Raumwärme- und Warmwassergenerierung schaffen. Durch Berücksichtigung des Zuschusses für Beheizungsanlagen innerhalb der Förderung von Wärmepumpen in Oberösterreich von 1.500 € werden zusätzlich positive monetäre Nettoersparnisse durch die Systeme Erdwärme-Wasser-Wärmepumpe (bei einer Erdgaspreisänderung von 3%), Wasser-Wasser-Wärmepumpe (bei einer Erdgaspreisänderung von 10%) und Luft-Wasser-Wärmepumpe (bei einer Erdgaspreisänderung von 0%) generiert.

3.1.1.1.4.3 Kosteneffizienz der Installation von Wärmepumpen im Neubau im Vergleich zum Referenzsystem Pelletsheizung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick bezüglich der Kosteneffizienz der Installation von Wärmepumpen im Neubau im Vergleich zum Referenzsystem Pelletsheizung (mit integrierter Warmwasseraufbereitung). Für jeden Wärmepumpentyp werden die Kostendifferenzen der Installation der monetären Ersparnis durch die eingesparte Energie gegenübergestellt.

Tabelle 3.1-12: Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Pelletsheizung (mit gleichzeitiger Warmwasseraufbereitung, ohne Berücksichtigung von Verteilungssystemen), Neubau

Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Pelletsheizung (mit gleichzeitiger Warmwasseraufbereitung)*

Wärmepumpen-Typ**	Kostendifferenz der Investition zum Referenzsystem Pelletsheizung (in €)	Monetäre Ersparnis durch Energieeinsparung im Vergleich zum Referenzsystem Pelletsheizung (in €)	Nettoersparnis (in €)
Erdwärme-Wasser-WP			
Pelletspreisänderung			
0%	780	1.928	1.148
3%	780	3.084	2.304
10%	780	7.501	6.721
Wasser-Wasser-WP			
Pelletspreisänderung			
0%	7.160	1.928	-5.232
3%	7.160	3.084	-4.076
10%	7.160	7.501	341
Tiefenbohrung-WP			
Pelletspreisänderung			
0%	3.260	1.769	-1.491
3%	3.260	2.925	-335
10%	3.260	7.342	4.082
Luft-Wasser-WP			
Pelletspreisänderung			
0%	-1.040	904	1.944
3%	-1.040	2.060	3.100
10%	-1.040	6.477	7.517

* Der Strompreis für die Wärmepumpen setzt sich als Mischtarif aus den Preisen für Tagstrom (0,1266 €/kWh) und Nachtstrom (0,1020 €/kWh) basierend auf Angaben der Energie AG (www.energieag.at, Stand: 12.03.2009) zusammen, wobei innerhalb der Preisbestimmung der Preis für Tagstrom mit 60% und der Preis für Nachtstrom mit 40% gewichtet wird. Der Pelletspreis beläuft sich laut Angaben der AK Oberösterreich (www.ak-konsumenten.info, Stand: 12.03.2009) und unter Annahme eines Heizwertes von Pellets von 4,9 kWh/kg und unter Nichtberücksichtigung einer Abfüllpauschale auf 0,0438 €/kWh.

** Der Betrachtungszeitraum beläuft sich analog zur angenommenen Lebensdauer von Wärmepumpen auf 17 Jahre.

Im Vergleich zum Referenzsystem Pelletsheizung werden durch die betrachteten Wärmepumpensysteme Erdwärme-Wasser-Wärmepumpe und Luft-Wasser-Wärmepumpe bezüglich aller betrachteten Szenarien einer Preiserhöhung von Pellets ausschließlich positive Nettoersparnisse generiert. Bezüglich der Systeme Wasser-Wasser-Wärmepumpe und Tiefenbohrung-Wärmepumpe werden nur im Fall einer 10%-igen Preisanstieg von Pellets Anreize zur Nutzung der jeweiligen Wärmepumpentechnologie

geschaffen. Durch Berücksichtigung des Zuschusses für Beheizungsanlagen innerhalb der Förderung von Wärmepumpen in Oberösterreich von 1.500 € werden zusätzlich positive monetäre Nettoersparnisse durch das System Tiefenbohrung-Wärmepumpe (bei einer Pelletspreisänderung von 0% und 3%) erbracht.

3.1.1.2 Austausch von Elektrospeicherheizung, Nachtspeicherheizung und Elektrodirektheizung in Ein- bis Zweifamilienhäusern durch Wärmepumpen

3.1.1.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Es gibt verschiedene Typen der elektrischen Raumheizung, die je nach Art der Inanspruchnahme von Erzeugung und Verteilung geordnet werden. Zudem besteht die Option der elektrischen Warmwasserbereitung. Im Wesentlichen werden die elektrische Direktheizung und die elektrische Speicherheizung unterschieden.

Elektrische Direktheizung

Bei dieser Form der mit Strom betriebenen Heizung wird die elektrische Energie unmittelbar in Nutzwärme umgewandelt. Geräte zur elektrischen Direktheizung sind unter anderem auch Heizlüfter und Radiatoren.

Elektrische Speicherheizung

Bei elektrischen Speicherheizgeräten erfolgt eine Erwärmung des im Inneren der Geräte angebrachten Speicherkerns durch eingebettete elektrische Rohrheizkörper oder Heizpatronen. Der Speicherkern gibt die Wärme verzögert ab. Der Speicherkern und die Rohrheizkörper oder Heizpatronen sind zum einen von einem Stahlblechmantel, der Faseraustrag verhindert, und zum anderen von einer 2 bis 5 cm dicken Schicht aus Dämmmaterial umgeben. Der Abschluss, also die Außenwand des Gerätes, wird von Kacheln oder lackiertem Stahlblech umgeben. Die Aufladung derartiger Speicherheizgeräte erfolgt fast ausschließlich mit dem günstigeren Nachtstrom. Bei entsprechender Dimensionierung ist keine Tagnachladung erforderlich. Innerhalb der Gruppe der elektrischen Speicherheizgeräte können drei Typen von Speicherheizgeräten unterschieden werden.

Speicherheizgeräte mit manuell gesteuerter direkt wirkender Heizfunktion: Diese Geräte geben die Wärme statisch über die Oberfläche ab. Die Wärmeabgabe erfolgt über eine Einzelregelung.

Speicherheizgeräte mit automatisch gesteuerter direkt wirkender Heizfunktion: Tangential- oder Radiallüfter blasen die Raumluft durch die Luftkanäle des Speicherkerns. Die so erhitzte Luft wird in einem thermisch gesteuerten Bypass mit Raumluft gemischt, so dass die geeignete Luftaustrittstemperatur entsteht. Es wird hierbei von einer dynamischen Wärmeabgabe gesprochen.

Eine Weiterentwicklung der Speicherheizgeräte mit automatisch gesteuerter direkter Heizfunktion stellt die Technik der Lüftungs-Speicherheizgeräte dar. Diese Lüftungs-Speicherheizgeräte besitzen einen Außenluftanschluss, einen Wärmetauscher, einen Zu- und Abluftventilator und Filter im Zu- und Abluftweg. Auf diese Weise wird die Frischluftversorgung eines Raumes garantiert. Die Frischluft wird über den

Wärmetauscher mit der Abluft aus dem Raum vorgeheizt und wenn so nicht die gewünschte Raumtemperatur erreicht wird, wird die Frischluft zusätzlich mit der im Speicher befindlichen Wärme aufgeheizt. Die Technik der kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung erhöht die Energieeffizienz der Elektrospeicherheizung.

Zentrale elektrische Wärmeerzeugung

In diesem Bereich der elektrischen Wärmeerzeugung existieren zwei Technologien. Zum einen der Elektrokessel, welcher als elektrische Direktheizung betrieben wird und zum anderen der Elektro-Zentralspeicher, welcher in der Versorgungs-Aufladedauer einen gut gedämmten Wärmespeicher auflädt. Als Speichermedien kommen sowohl Wasser als auch Feststoffe in Frage.

Der Elektro-Zentralspeicher mit Wasser als Speichermedium speichert die mit Strom erzeugte Wärme in Wasser, wobei die Wassererwärmung mit Hilfe von Tauchheizkörpern geschieht. Die Wassererwärmung kann dabei entweder unmittelbar in einzelnen, wärmegeprägten Speicherbehältern oder in einem Heizkessel erfolgen, wobei das erhitzte Wasser über eine Pumpe in gedämmte Speicherbehälter transportiert wird. Die Aufladung der Speicher erfolgt über eine Aufladesteuerung und ist witterungs- und restwärmeabhängig.

Im Gegensatz zum Elektro-Zentralspeicher mit Wasser als Speichermedium, wird bei einem Elektro-Zentralspeicher mit Feststoff als Speichermedium Keramik oder Gusseisen durch Strom aufgeladen und im Bedarfsfall die Wärmeenergie an das Heizungswasser der Zentralheizung abgegeben. Äußerst wichtig für den Betrieb einer solchen Heizung ist eine gute Wärmedämmung des Speicherkerns, der von eingelegten elektrischen Rohrheizkörpern Wärme aufnimmt. Auch bei diesem System erfolgt die Aufladung witterungs- und restwärmeabhängig. Die Wärmeentladung erfolgt über einen Ventilator der einen inneren Luftkreis bewegt und so die durch den Speicherkern strömende Luft erwärmen kann. Die nun in der Luft gespeicherte Wärme wird über einen Luft/Wasserwärmetauscher auf das Heizungswasser der Zentralheizung übertragen. [181]

3.1.1.2.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Im Folgenden wird eine Berechnungsmethode für die realisierbaren Endenergieeinsparungen durch den Tausch von Elektrospeicherheizungen, Nachtspeicherheizungen und Elektrodirektheizungen auf Wärmepumpen entwickelt und erläutert. Als Grundlage für diese Berechnungsmethode wird die Dokumentation des Softwaretools *ESCAPE* „Vorschlag zur Bottom-Up Berechnung von Energieeffizienz-Maßnahmen“ [183] verwendet.

3.1.1.2.2.1 Berechnung ohne integrierte Warmwasserbereitung

Basis für die Berechnung der Einsparungen ist zunächst der Raumwärmebedarf des zu beheizenden Objekts. Dieser erschließt sich aus dem spezifischen Nettowärmebedarf und der zu beheizenden Fläche des Objekts. Der jährliche Raumwärmebedarf einer Wohneinheit in einem Ein- oder Zweifamilienhaus ist dabei

$$yEDBu = HA \cdot HWB \quad (3.1-4)$$

wobei $yEDBu$ für den jährlichen Raumwärmebedarf eines Objekts im Baseline-Szenario steht, HA für die beheizte Fläche in m^2 und HWB für den spezifischen Nettowärmebedarf in kWh/m^2 im Baseline-Szenario.

Unter den Annahmen der Bewertungssystematik in *ESCAPE* ergeben sich daraus für diese Maßnahmenkategorie zwei relevante Werte für den Raumwärmebedarf einer Wohneinheit im Ein- oder Zweifamilienhaus, diese werden einmal mit und einmal ohne integrierter Warmwasserbereitung definiert. Zunächst wird in Tabelle 3.1-13 der Wärmebedarf ohne Warmwasserbereitung dargestellt.

Tabelle 3.1-13: Defaultwerte für den Wärmebedarf in Altbauten ohne Warmwasserbereitung

	m^2	kWh/m^2	Raumwärmebedarf einer Wohneinheit
Sanierter Altbau	150	65	9.750 kWh/anno

Aus diesem Raumwärmebedarf wird in weiterer Folge der Endenergiebedarf vor und nach Installation des neuen Heizsystems errechnet. Die zentrale Größe in dieser Berechnung ist der Jahresnutzungsgrad der verglichenen Heizsysteme. Für die Berechnung des Endenergiebedarfs vor Installation des neuen Heizsystems werden die Jahresnutzungsgrade für Nachtspeicherheizung, Elektrospeicherheizung und Elektrodirektheizung festgelegt. Diese werden in Tabelle 3.1-14 dargestellt.

Tabelle 3.1-14: Defaultwerte für Jahresnutzungsgrade von Elektroheizungen.

Jahresnutzungsgrad	
Nachtspeicherheizung	90%
Elektrospeicherheizung	90%
Elektrodirektheizung	100%

Die Berechnung des Endenergiebedarfs kann nur unter einer Reihe von Annahmen erfolgen. Diese Annahmen sind notwendig, da die Umstände und Randbedingungen der Installation obiger Heizsysteme nicht vollständig erfasst werden können und so Annahmen über diese weiteren Parameter erfolgen müssen. Zu diesen unerfassten Randbedingungen gehört bspw. die Änderung der beheizten Fläche, wenn mit der Heizungserneuerung gleichzeitig auch eine Wohnraumvergrößerung durchgeführt wurde.

In diesem Zusammenhang sind die folgenden Rechenregeln nur anzuwenden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass beheizte Fläche und spezifischer Nettowärmebedarf vor und nach Installation des neuen Heizsystems gleich sind. Kann diese Annahme nicht getroffen werden, sind die wesentlich allgemeineren (jedoch auch komplexeren) Bewertungsalgorithmen der Dokumentation zu *ESCAPE* heranzuziehen. Unter diesen Annahmen ergibt sich für den Endenergiebedarf vor Installation des neuen Heizsystems:

$$y_{CBu} = \frac{y_{EDBu}}{\frac{DEB}{100}} \quad (3.1-5)$$

bzw. nach Installation des neuen Heizsystems

$$y_{CPu} = \frac{y_{EDBu}}{\frac{DEP}{100}} \quad (3.1-6)$$

wobei $y_{C(B|P)u}$ jeweils den Endenergiebedarf eines Objekts vor (*B*) bzw. nach (*P*) Installation des neuen Heizsystems angibt. $DE(B|P)$ steht für den Jahresnutzungsgrad (in %) des Heizsystems vor (*B*) bzw. nach (*P*) Installation des neuen Heizsystems.

Für die Jahresnutzungsgrade des neuen Heizsystems, in diesem Fall verschiedene Varianten der Wärmepumpentechnologie, werden die Referenzwerte so festgelegt, wie sie sich als Ersatz für die oben beschriebenen Elektroheizungen darstellen. Grundsätzlich

werden für die Beurteilung von Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen (JAZ) herangezogen, welche das Verhältnis aus abgegebener Nutzwärme und der eingesetzten elektrischen Energie für den Antrieb des Verdichters und der Hilfsantriebe, bezogen auf das Zeitintervall eines Jahres beschreibt. Konservative Referenzwerte für die Jahresarbeitszahl der verschiedenen Wärmepumpenarten wurden auf Jahresnutzungsgrade, wie beispielsweise bei der Beurteilung von Kesselanlagen üblich, umgelegt (siehe Tabelle 3.1-15), um eine anschauliche Vergleichbarkeit der Elektroheizung (siehe Tabelle 3.1-14) mit dem Austauschsystem zu erreichen.

Dabei werden diese Jahresarbeitszahlen hier mit bzw. ohne integrierter Warmwasserbereitung in Tabelle 3.1-15 dargestellt.

Tabelle 3.1-15: Jahresnutzungsgrade von Wärmepumpen im Altbau, Mindestförderung lt. öö. Wohnbauförderung

Wärmepumpentyp	Jahresnutzungsgrad ohne integrierter WW-Bereitung	Jahresnutzungsgrad mit integrierter WW-Bereitung
Erdwärme-Wasser	350%	330%
Wasser-Wasser	350%	330%
Tiefenbohrung	330%	310%
Luft-Wasser	250%	230%

Die angesetzten Jahresnutzungsgrade entsprechen der Wärmepumpenförderung lt. öö. Energiesparverordnung (Förderung ohne/mit integrierter Brauchwasserbereitung bei JAZ_{mind}) und können im Sinne einer konservativen Abschätzung als Mindestanforderung interpretiert werden.

Messergebnisse zum Jahresnutzungsgrad von installierten Wärmepumpen in *Neubauten* zeigen eine hohe Schwankungsbreite je nach Anwendung und Dimensionierung [247]. Die durchgeführte Literaturrecherche erbrachte keine Messergebnisse für den Wärmepumpeneinsatz im Altbau.

Ein Zugriff auf Statistiken über die von Herstellerseite garantierten angegebenen Jahresnutzungsgrade der in OÖ installierten Wärmepumpen ist den Autoren nicht möglich. Aus diesen Jahresnutzungsgraden ergeben sich somit unter Verwendung obiger Raumwärmebedarfe die Endenergiebedarfe in Tabelle 3.1-17.

Die Einsparwerte der hier vorgestellten Bewertungsmethodik werden mit den Einsparungen der Bewertungssystematik der Austrian Energy Agency – AEA (Stand März 2008) verglichen. In dieser Systematik ist es jedoch nur in wesentlich geringerem Detailgrad möglich, die Einsparwerte auf die aktuelle Energieeffizienz-Maßnahme abzustimmen. So wird beispielsweise der Einbau von Wärmepumpen in sanierten Altbauten derzeit nicht betrachtet.

Zur Berechnung der AEA-Einsparwerte mussten die Autoren deshalb eine Reihe von Annahmen treffen. Die hier dokumentierten Werte können deshalb nur eine Abschätzung der anrechenbaren Einsparungen sein und müssen nicht mit den endgültigen anrechenbaren Einsparungen übereinstimmen.

Exkurs: Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen

Für die Berechnungen der Einsparung bei Austausch von elek. Speicherheizungen und Elektrodirektheizungen auf Wärmepumpen wurden ausschließlich die Jahresarbeitszahlen von Tabelle 3.1-15 herangezogen. Diese erscheinen nach gründlicher Recherche für eine Bewertung dieser Maßnahme im sanierten Altbau als geeignet und ergeben weiters Einsparungen, die mit jenen der Österreichischen Monitoringstelle für Energieeffizienz (Stand der Methodik: März 2008) vergleichbar sind.

An dieser Stelle soll trotzdem kurz auf empirische Daten zur Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen eingegangen werden. Von besonderem Interesse in diesem Zusammenhang ist der Projektbericht „Messung von Wärmepumpen in neu errichteten Wohngebäuden“ des Amtes der Vorarlberger Landesregierung. In dieser Studie wurden 20 Wärmepumpen (mit gleichzeitiger WW-Bereitung) auf ihre tatsächliche Performance hin einem Monitoring unterzogen. Bei diesem Feldtest ergab sich eine durchschnittliche JAZ von 4,15. Dies zeigt deutlich, dass WP bei richtiger Dimensionierung, gut eingestellten Vorlauftemperaturen und optimaler Anlagenregelung sehr endeneffiziente Heizsysteme darstellen.

3.1.1.2.2 Berechnung mit integrierter Warmwasserbereitung

Um zu den Endeneffizienzeinsparungen für die reine Raumwärmebereitstellung auch jene für die integrierte Warmwasserbereitung zu erhalten, ist zunächst der Raumwärmebedarf um den Wasserwärmebedarf zu erweitern. Die Gleichung (3.1-4) für den Raumwärmebedarf wird demnach additiv um den Wasserwärmebedarf ergänzt:

$$y_{AEDBu} = HA \cdot HWB + WWC \quad (3.1-7)$$

wobei y_{AEDBu} für den gesamten Wärmebedarf des Objekts steht, also für den Raumwärmebedarf und den Wasserwärmebedarf. WWC steht dementsprechend für den Wasserwärmebedarf.

Für eine detaillierte Beschreibung der Berechnung dieses Wertes wird erneut auf die Dokumentation des Softwaretools *ESCAPE* „Vorschlag zur Bottom-Up Berechnung von Energieeffizienz-Maßnahmen“ [183] verwiesen.

An dieser Stelle werden die dort verwendeten Default-Annahmen wiedergegeben und direkt in Anwendung der entsprechenden Formel dargestellt:

$$WWC = \frac{2,5 \text{ Personen} \cdot 40l \cdot 365 \text{ Tage} \cdot 40^\circ \text{C} \cdot 4,183}{3.600 (\text{Umrechnung von kJ auf kWh})} \cdot \frac{1}{1-0,3} = 2,423 \text{ kWh} \quad (3.1-8)$$

Daraus ergibt sich ein gesamter Wärmebedarf, der in Tabelle 3.1-16 dargestellt ist.

Tabelle 3.1-16: Defaultwerte für den Wärmebedarf in Altbauten mit Warmwasserbereitung

	m ²	kWh/m ²	Raumwärmebedarf einer Wohneinheit
Sanierter Altbau	150	65	12.173 kWh/anno

Unter diesen Annahmen ergibt sich für den gesamten Wärme-Endenergiebedarf vor Installation des neuen Heizsystems:

$$yCBu = \frac{yAEDBu}{\frac{DEB}{100}} \quad (3.1-9)$$

bzw. nach Installation des neuen Heizsystems

$$yCPu = \frac{yAEDBu}{\frac{DEP}{100}} \quad (3.1-10)$$

Die Jahresnutzungsgrade von Wärmepumpen werden um etwa 20%-Punkte geringer anzusetzen sein, wenn mit der Wärmepumpe auch die Warmwasserbereitung erfolgt. Für die konkreten Einsparwerte siehe Tabelle 3.1-18.

Die Einsparwerte der hier vorgestellten Bewertungsmethodik werden mit den Einsparungen der AEA-Bewertungssystematik (Stand März 2008) verglichen.

Wie bereits in Abschnitt 3.1.1.2.2.1 erläutert, ist es in dieser Systematik jedoch nur in wesentlich geringerem Detailgrad möglich, die Einsparwerte auf die aktuelle Energieeffizienz-Maßnahme abzustimmen. So wird beispielsweise der Einbau von Wärmepumpen in sanierten Altbauten derzeit nicht betrachtet. Zur Berechnung der AEA-Einsparwerte mussten die Autoren deshalb eine Reihe von Annahmen treffen. Die hier dokumentierten Werte können deshalb nur eine Abschätzung der anrechenbaren Einsparungen sein und müssen nicht mit den endgültigen anrechenbaren Einsparungen übereinstimmen.

Für die Darstellung des Endenergiebedarfs von Elektro- und Nachtspeicherheizungen sowie Elektrodirektheizungen wird in weiterer Folge unterstellt, dass die Warmwasserbereitung mit elektrischen Boilern zu gleichen Jahresnutzungsgraden erfolgt.

Tabelle 3.1-17: Übersichtstabelle Endenergieeinsparungen bei verschiedenen Szenarien ohne integrierter Warmwasserbereitung**Bewertung des Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität Linz**

Energieeinsparungen bei Heizungstausch im sanierten Altbau (ohne integrierter Warmwasserbereitung)

Altes System	Neues System	Endenergiebedarf vor	Endenergiebedarf nach	Endenergieeinsparung
Nachtspeicherheizung	Erdwärme-Wasser WP	10.833 kWh	2.786 kWh	8.047 kWh
	Wasser-Wasser WP	10.833 kWh	2.786 kWh	8.047 kWh
	Tiefenbohrung WP	10.833 kWh	2.954 kWh	7.878 kWh
	Luft-Wasser WP	10.833 kWh	3.900 kWh	6.933 kWh
Elektrospeicherheizung	Erdwärme-Wasser WP	10.833 kWh	2.786 kWh	8.047 kWh
	Wasser-Wasser WP	10.833 kWh	2.786 kWh	8.047 kWh
	Tiefenbohrung WP	10.833 kWh	2.954 kWh	7.878 kWh
	Luft-Wasser WP	10.833 kWh	3.900 kWh	6.933 kWh
Elektrodirektheizung	Erdwärme-Wasser WP	9.750 kWh	2.785 kWh	6.965 kWh
	Wasser-Wasser WP	9.750 kWh	2.785 kWh	6.965 kWh
	Tiefenbohrung WP	9.750 kWh	2.954 kWh	6.795 kWh
	Luft-Wasser WP	9.750 kWh	3.900 kWh	5.850 kWh

Bewertung Austrian Energy Agency

(in Ermangelung spezifischer Werte für den sanierten Altbau und unterschiedliche WP-Typen in der Bewertungssystematik Stand März 2008, wird hier die Installation einer WP im Neubau dargestellt)

Energieeinsparungen bei Heizungstausch im sanierten Altbau (unbekannt ob mit oder ohne integrierte Warmwasserbereitung)

Altes System	Neues System	Endenergiebedarf vor	Endenergiebedarf nach	Endenergieeinsparung
jegliches ineffizientes Heizsystem*	Wärmepumpe JAZ > 3,5	10.530 kWh**	2.808 kWh	7.722 kWh

* Bei der Festlegung des Jahresnutzungsgrades bzw. der Aufwandszahl wird in der Methodik der AEA nicht nach dem ersetzten System unterschieden. Hier wird deshalb der generelle Default-Wert für die Aufwandszahl von 1,5 eingesetzt.

** Für den HWB wurde der Wert 78,0 kWh/m² herangezogen. Dieser wird von der AEA als Heizwärmebedarf im nicht geförderten Wohnungsneubau verwendet und erscheint hier am besten geeignet um den fehlenden Wert für den sanierten Altbau zu substituieren.

Tabelle 3.1-18: Übersichtstabelle Endenergieeinsparungen bei verschiedenen Szenarien mit integrierter Warmwasserbereitung

Bewertung des Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität Linz Energieeinsparungen bei Heizungstausch im sanierten Altbau (mit integrierter Warmwasserbereitung)				
Altes System	Neues System	Endenergiebedarf vor	Endenergiebedarf nach	Endenergieeinsparung
Nachtspeicherheizung	Erdwärme-Wasser WP	13.526 kWh	3.689 kWh	9.837 kWh
	Wasser-Wasser WP	13.526 kWh	3.689 kWh	9.837 kWh
	Tiefenbohrung WP	13.526 kWh	3.927 kWh	9.599 kWh
	Luft-Wasser WP	13.526 kWh	5.293 kWh	8.232 kWh
Elektrospeicherheizung	Erdwärme-Wasser WP	13.526 kWh	3.689 kWh	9.837 kWh
	Wasser-Wasser WP	13.526 kWh	3.689 kWh	9.837 kWh
	Tiefenbohrung WP	13.526 kWh	3.927 kWh	9.599 kWh
	Luft-Wasser WP	13.526 kWh	5.293 kWh	8.232 kWh
Elektrodirektheizung	Erdwärme-Wasser WP	12.173 kWh	3.689 kWh	8.484 kWh
	Wasser-Wasser WP	12.173 kWh	3.689 kWh	8.484 kWh
	Tiefenbohrung WP	12.173 kWh	3.927 kWh	8.246 kWh
	Luft-Wasser WP	12.173 kWh	5.293 kWh	6.880 kWh

Bewertung Austrian Energy Agency (in Ermangelung spezifischer Werte für den sanierten Altbau und unterschiedliche WP-Typen in der Bewertungssystematik Stand März 2008, wird hier die Installation einer WP im Neubau dargestellt) Energieeinsparungen bei Heizungstausch im sanierten Altbau (unbekannt ob mit oder ohne integrierte Warmwasserbereitung)				
Altes System	Neues System	Endenergiebedarf vor	Endenergiebedarf nach	Endenergieeinsparung
jegliches ineffizientes Heizsystem*	Wärmepumpe JAZ > 3,5	10.530 kWh**	2.808 kWh	7.722 kWh

* Bei der Festlegung des Jahresnutzungsgrades bzw. der Aufwandszahl wird in der Methodik der AEA nicht nach dem ersetzten System unterschieden. Hier wird deshalb der generelle Default-Wert für die Aufwandszahl von 1,5 eingesetzt.

** Für den HWB wurde der Wert 78,0 kWh/m² herangezogen. Dieser wird von der AEA als Heizwärmebedarf im nicht geförderten Wohnungsneubau verwendet und erscheint hier am besten geeignet um den fehlenden Wert für den sanierten Altbau zu substituieren.

3.1.1.2.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Im folgenden Abschnitt werden die Gesamtkosten für den Austausch von Elektroheizungen durch Wärmepumpen auf Basis von recherchierten Preisempfehlungen von Herstellern, aber auch auf Basis von Telefonanfragen bei Installateuren im oberösterreichischen Zentralraum quantifiziert.

Die Abschätzung der Gesamtkosten für den Austausch ist von einer Reihe spezifischer Faktoren beeinflusst, welche großteils auch in den Modellannahmen zum Bewertungsalgorithmus in Kapitel 3.1.1.2.2 thematisiert sind. Wesentliche Faktoren zur Preisgestaltung sind:

- Art der zu installierenden Wärmepumpe (Erdwärme-Wasser-WP, Wasser-Wasser-WP, Tiefenbohrung-WP, Luft-Wasser-WP)
- Erforderliche Heizleistung mit Bezug auf das Einsatzgebiet (sanierter Altbau, Einsatz zur Raumheizung bzw. integrierte Warmwasserbereitung)
- Einfluss des Vorgängerheizsystems (Elektroheizung, Nachtspeicherheizung usw.) aufgrund der technischen Grundkonfiguration des Heizungssystems als Einzelheizung.
- Einfluss der Demontagekosten des Vorgängerheizsystems und der Betriebskosten des neuen Heizsystems

Der Austausch von Elektroheizungen durch Wärmepumpen erfordert nicht nur die Installation des Wärmeerzeugers als Heizzentrale, sondern auch die komplette Neuerrichtung eines Wärmeverteilsystems.

Diese Einflussfaktoren spiegeln sich in der Bandbreite der Gesamtkosten für den Heizungstausch wieder. In den nachfolgenden Tabellen sind die recherchierten Kostenstrukturen und die einzelnen Modellannahmen für die verschiedenen Wärmepumpentypen zusammengestellt.

Tabelle 3.1-19: Modellannahmen für den Heizungstausch im sanierten Altbau

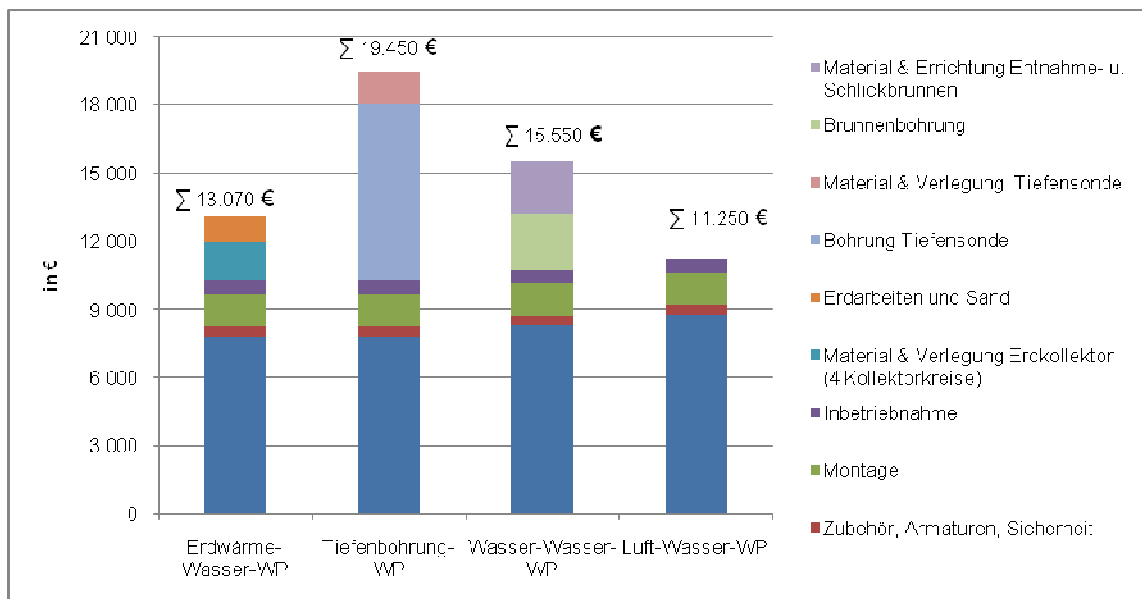
Wohnfläche	[m ²]	150
Wärmebedarf	[kWh/m ²]	65
Annahme Heizleistung bei 30 °C	[kW]	9,75

Tabelle 3.1-20: Recherchierte Kostenaufstellung für verschiedene Wärmepumpensysteme (ohne Warmwasserbereitung) für Modellannahmen aus Tabelle 3.1-19.

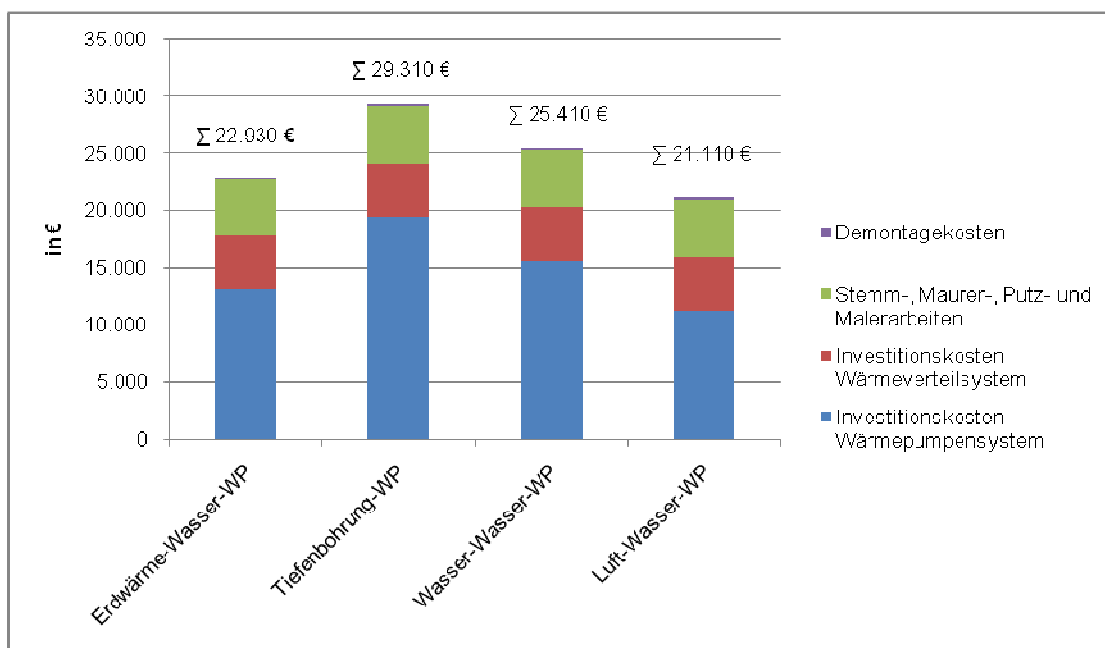
	Erdwärme- Wasser-WP	Tiefenbohrung- WP	Wasser- Wasser-WP	Luft- Wasser- WP
Investitionskosten Wärmepumpensystem (in €)				
Wärmepumpe inkl. Regelung & Heizkreislaufpumpe	7.800	7.800	8.300	8.800
Zubehör, Armaturen, Sicherheit	450	450	450	450
Montage	1.400	1.400	1.400	1.400
Inbetriebnahme	600	600	600	600
Material & Verlegung Erdkollektor (4 Kollektorkreise)	1.700			
Erdarbeiten und Sand	1.120			
Bohrung Tiefensonde		7.800		
Material & Verlegung Tiefensonde		1.400		
Brunnenbohrung			2.500	
Material & Errichtung Entnahme- u. Schlickbrunnen			2.300	
Investitionskosten Wärmepumpensystem GESAMT	13.070	19.450	15.550	11.250
Investitionskosten Wärmeverteilsystem (in €)				
Rohrleitungen, Stahlheizkörper bzw. Fußbodenheizung und Raumregelung		4.700		
Stemm-, Maurer-, Putz- und Malerarbeiten		5.000		
Demontagekosten des alten Heizsystems**		160		
	Erdwärme- Wasser-WP	Tiefenbohrung- WP	Wasser-Wasser- WP	Luft- Wasser- WP
TAUSCHKOSTEN GESAMT	22.930	29.310	25.410	21.110
Betriebskosten des neuen Heizsystems*	261 €/a	389 €/a	311 €/a	225 €/a

* Für die vorbeugenden jährlichen Instandhaltungskosten, einschließlich Betriebs- und Instandsetzungs- und Wartungskosten können ca. 2 – 4% der der Anfangsinvestition nach der Europäischen Norm prEN 15459 angesetzt werden.

** Für die Demontage- und Entsorgungskosten sind für Elektrospeicherheizungen ca. 1% der Anfangsinvestition nach der Europäischen Norm prEN 15459 angesetzt. Dieser Wert wurde entsprechend der Auskünfte von Handwerksbetrieben auf 160 € erhöht.

Abbildung 3.1-1: Investitionskosten Wärmepumpensystem (ohne Warmwasserbereitung)

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3.1-2: Gesamtkosten des Heizungstausches (WP ohne Warmwasserbereitung)

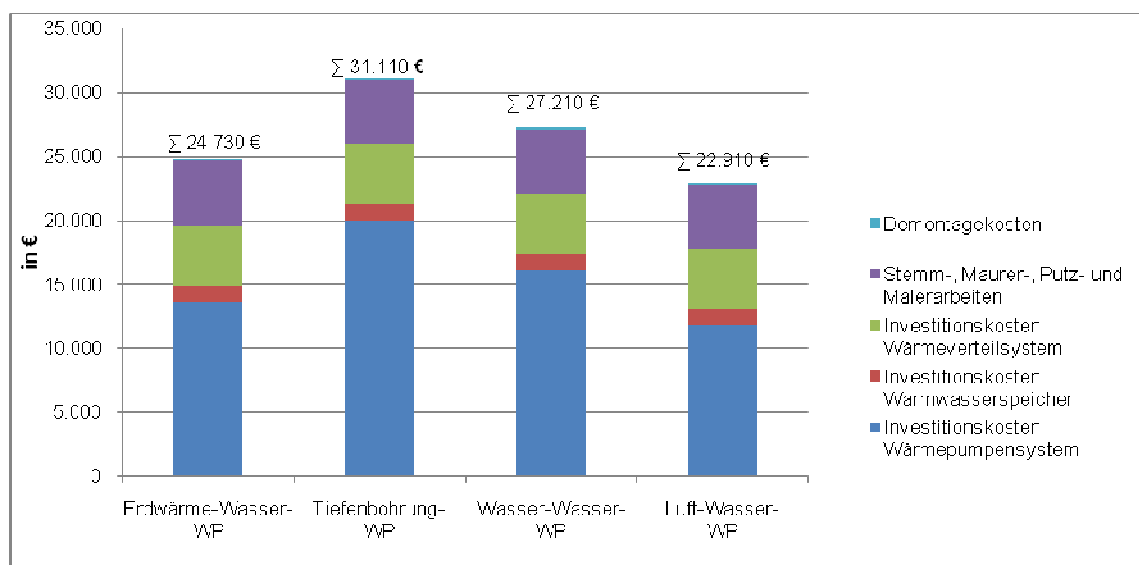
Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 3.1-21: Recherchierte Kostenaufstellung für verschiedene Wärmepumpensysteme (mit Warmwasserbereitung)

	Erdwärme- Wasser-WP	Tiefenbohrung- WP	Wasser- Wasser-WP	Luft- Wasser- WP
Investitionskosten Wärmepumpensystem (in €)				
Wärmepumpe inkl. Regelung & Heizkreislaufpumpe	8.300	8.300	8.800	9.300
Zubehör, Armaturen, Sicherheit	450	450	450	450
Montage	1.400	1.400	1.400	1.400
Inbetriebnahme	600	600	600	600
Material & Verlegung Erdkollektor (4 Kollektorkreise)	1.700			
Erdarbeiten und Sand	1.120			
Bohrung Tiefensonde		7.800		
Material & Verlegung Tiefensonde		1.400		
Brunnenbohrung			2.500	
Material & Errichtung Entnahme- u. Schlickbrunnen			2.300	
Investitionskosten Wärmepumpensystem GESAMT	13.570	19.950	16.050	11.750
Investitionskosten 300l Warmwasserspeicher inkl. Armaturen und Isolation	1.300	1.300	1.300	1.300
Investitionskosten Wärmeverteilsystem (in €)				
Rohrleitungen, Stahlheizkörper bzw. Fußbodenheizung und Raumregelung		4.700		
Stemm-, Maurer-, Putz- und Malerarbeiten		5.000		
Demontagekosten des alten Heizsystems**		160		
	Erdwärme- Wasser-WP	Tiefenbohrung- WP	Wasser-Wasser- WP	Luft- Wasser- WP
TAUSCHKOSTEN GESAMT	24.730	31.110	27.210	22.910
Betriebskosten des neuen Heizsystems*	271 €/a	399 €/a	321 €/a	235 €/a

* Für die vorbeugenden jährlichen Instandhaltungskosten, einschließlich Betriebs- und Instandsetzungs- und Wartungskosten können ca. 2 – 4% der der Anfangsinvestition nach der Europäischen Norm prEN 15459 angesetzt werden.

** Für die Demontage- und Entsorgungskosten sind für Elektrospeicherheizungen ca. 1% der Anfangsinvestition nach der Europäischen Norm prEN 15459 angesetzt. Dieser Wert wurde entsprechend der Auskünfte von Handwerksbetrieben auf 160 € erhöht.

Abbildung 3.1-3: Gesamtkosten des Heizungstausches (WP mit Warmwasserbereitung)

Quelle: eigene Darstellung

3.1.1.2.3.1 Kosteneffizienz der Installation von Wärmepumpen im sanierten Altbau

Die folgenden beiden Tabellen geben einen Überblick über die Kosteneffizienz der Installation von Wärmepumpen im sanierten Altbau. Für jeden Wärmepumpentyp werden die Gesamtkosten der Installation der monetären Ersparnis (durch die eingesparte Energie) gegenübergestellt.

Tabelle 3.1-22: Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Elektrospeicher- oder einer Nachtspeicherheizung

Installation von Wärmepumpen statt Elektrospeicher- und Nachtspeicherheizungen im sanierten Altbau <u>ohne</u> gleichzeitige Warmwasserbereitung				
Installierter Wärmepumpen-Typ		Gesamtkosten	Monetäre Ersparnis durch die eingesparte Energie	Nettoersparnis
Erdwärme-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	22.930 €	19.114 €	-3.816 €
	3%	22.930 €	24.599 €	1.669 €
	10%	22.930 €	47.808 €	24.878 €
Wasser-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	25.410 €	19.114 €	-6.296€
	3%	25.410 €	24.599 €	-811€
	10%	25.410 €	47.808 €	22.398 €
Tiefenbohrung-WP				
Preisänderung	0%	29.310 €	18.712 €	-10.598 €
	3%	29.310 €	24.082 €	-5.228 €
	10%	29.310 €	46.805 €	17.495 €
Luft-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	21.110 €	16.468 €	-4.642 €
	3%	21.110 €	21.193 €	83 €
	10%	21.110 €	25.363 €	4.253 €
Installation von Wärmepumpen statt Elektrospeicher- und Nachtspeicherheizungen im sanierten Altbau <u>mit</u> gleichzeitiger Warmwasserbereitung				
Installierter Wärmepumpen-Typ		Gesamtkosten	Monetäre Ersparnis durch die eingesparte Energie	Nettoersparnis
Erdwärme-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	24.730 €	23.365 €	-1.365 €
	3%	24.730 €	30.070 €	5.340 €
	10%	24.730 €	58.463 €	33.733 €
Wasser-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	27.210 €	23.365 €	-3.845 €
	3%	27.210 €	30.070 €	2.860 €
	10%	27.210 €	58.463 €	31.253 €
Tiefenbohrung-WP				
Preisänderung	0%	31.110 €	22.800 €	-8.310 €
	3%	31.110 €	29.343 €	-1.767 €
	10%	31.110 €	57.029 €	25.919 €
Luft-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	22.910 €	29.533 €	6.623 €
	3%	22.910 €	25.164 €	2.254 €
	10%	22.910 €	48.908 €	25.998 €

Tabelle 3.1-23: Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Elektrodirektheizung

Installation von Wärmepumpen statt Elektrodirektheizungen im sanierten Altbau <u>ohne</u> gleichzeitige Warmwasserbereitung				
Installierter Wärmepumpen-Typ		Gesamtkosten	Monetäre Ersparnis durch die eingesparte Energie	Nettoersparnis
Erdwärme-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	22.930 €	16.544 €	-6.386 €
	3%	22.930 €	21.290 €	-1.640 €
	10%	22.930 €	41.380 €	18.450 €
Wasser-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	25.410 €	16.544 €	-8.866 €
	3%	25.410 €	21.290 €	-4.120 €
	10%	25.410 €	41.380 €	15.970 €
Tiefenbohrung-WP				
Preisänderung	0%	29.310 €	16.140 €	-13.170 €
	3%	29.310 €	20.771 €	-8.539 €
	10%	29.310 €	40.370 €	11.060 €
Luft-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	21.110 €	13.896 €	-7.214 €
	3%	21.110 €	17.882 €	-3.228 €
	10%	21.110 €	34.755 €	13.645 €
Installation von Wärmepumpen statt Elektrodirektheizungen im sanierten Altbau <u>mit</u> gleichzeitiger Warmwasserbereitung				
Installierter Wärmepumpen-Typ		Gesamtkosten	Monetäre Ersparnis durch die eingesparte Energie	Nettoersparnis
Erdwärme-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	24.730 €	20.152 €	-4.578 €
	3%	24.730 €	25.935 €	1.205 €
	10%	24.730 €	50.405 €	25.675 €
Wasser-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	27.210 €	20.152 €	-7.058 €
	3%	27.210 €	25.935 €	-1.275 €
	10%	27.210 €	50.405 €	23.195 €
Tiefenbohrung-WP				
Preisänderung	0%	31.110 €	19.586 €	-11.524 €
	3%	31.110 €	25.207 €	-5.903 €
	10%	31.110 €	48.991 €	17.881 €
Luft-Wasser-WP				
Preisänderung	0%	22.910 €	16.342 €	-6.568 €
	3%	22.910 €	21.031 €	-1.879 €
	10%	22.910 €	40.875 €	17.965 €

Durch die hohen Kosten der Heizungsumstellung im Altbau wird deutlich, dass die Umstellung von anderen elek. Heizsystemen auf Wärmepumpen nicht in jedem Fall zu monetären Einsparungen führt. Als geeignet erscheint vor allem der Einsatz bei gleichzeitiger Warmwasserbereitung. Diese erhöht die Einsparung deutlich, so dass die angeführten Investitionskosten in der angegebenen Zeit amortisiert werden können.

3.1.1.2.3.2 Anmerkungen zu den erhobenen Kosten

- Die gelisteten Kosten beziehen sich auf aktuelle Recherchen von Listenpreisen verschiedener Hersteller über unabhängige Verbraucherportale wie www.topprodukte.at, www.unitrades.de oder www.erdwärmepumpe.de.
- Nebenkosten des Heizungstausches wie Montage, Inbetriebnahme oder weitere Materialkosten stammen im Wesentlichen aus Telefoninterviews mit Installateuren und Heizungsanlagenplanern bzw. Verkäufern aus dem oberösterreichischen Zentralraum.
- Nach telefonischer Auskunft beim Landesabfallverband erfolgt die Entsorgung von Elektrodirektheizungen bzw. Elektrospeicherheizungen kostenlos. Die fachgerechte Entsorgung demontierter Altgeräte wird vom Installateur durchgeführt. Für die Demontage- und Entsorgungskosten wurde für Elektrospeicherheizungen ca. 1% der Anfangsinvestition nach der Europäischen Norm prEN 15459 angesetzt bzw. diese Kosten gemäß Auskunft der Installateurbetriebe angepasst.
- Bei Nachtspeicherheizungen, die vor 1977 hergestellt wurden, wurde teilweise Asbest als leichtgebundenes Material in Nachtspeicheröfen verarbeitet (Speicherkernunterbau, Wärmedämmplatten). Eventuelle zusätzliche Entsorgungskosten für derartige Anlagen konnten aufgrund der gegebenen Datenlage nicht berücksichtigt werden.
- Der effiziente Einsatz einer Wärmepumpe für den monovalenten Betrieb erfordert laut Auskunft der Installateurunternehmen auch eine Sanierung des Verteilungssystems um die notwendigen Vorlauftemperaturen zu verringern. Es existieren zwar bereits Wärmepumpentypen, die eine Vorlauftemperatur von 65 °C erreichen, jedoch können diese Systeme nur mit geringer Effizienz betrieben werden, und deren Einsatz wird daher nicht empfohlen. Die Investition in ein Wärmeverteilsystem bzw. die Umstellung auf ein Niedertemperatursystem erfordert entweder die Installation von Stahlheizkörpern oder einer Fußboden- oder Wandheizung sowie den notwendigen Rohrleitungen.
- Eine Abschätzung der damit verbundenen Kosten ist getrennt von den Investitionskosten der Wärmepumpenanlagen zu sehen und daher auch getrennt von den Investitionskosten des Wärmepumpensystem in die Kostenschätzung inkludiert. Für die Installation einer Fußbodenheizung sind laut Auskunft von zwei

Handwerksbetrieben ca. 4.500 € bis 4.700 € (Material & Verlegung für 150 m²) zu veranschlagen.

- Weitere mögliche Kosten wie Stemm-, Maurer-, oder Putzarbeiten wie sie beim Austausch einer Elektrodirektheizung auf ein Wärmepumpensystem durch fehlende Anschlussleitungen auftreten können, wurden aufgrund der großen Unterschiede und Schwankungen für jeden Anwendungsfall grob mit 5.000 € quantifiziert.
- Bei der Installation einer Erdwärme-Wasser-WP ist zu beachten, dass aus Platzmangel im Altbaubereich oftmals kein Erdwärmekollektor installiert werden kann, was Tiefenbohrungen notwendig macht.
- Die Wasser-WP mit Tiefenbohrung ergibt aufgrund der notwendigen Tiefenbohrungen mit einem hohen Laufmeterpreis (40 € pro Laufmeter bei einer angesetzten gewonnenen Wärmeleistung von 50 W/m) hohe Investitionskosten.
- Bei Installation einer Luft-Wasser-WP sind durch den Wegfall von Nebenkosten (z.B. Erdarbeiten) geringere Investitionskosten gegeben.
- Die kalkulierten Gesamtkosten stimmen, ohne Berücksichtigung spezifischer Gegebenheiten, mit den Abschätzungen der befragten Unternehmen überein. Die telefonischen Auskünfte sind als sehr grobe Schätzungen zu interpretieren, da für eine genauere Kostenspezifikation immer ein konkreter Anwendungsfall seitens des Installateurs gefordert wurde.

3.1.1.3 Anschluss eines Haushaltes an Fernwärme

3.1.1.3.1 Beschreibung des Systems und Literaturwerte

3.1.1.3.2 Fernwärme

Unter Fernwärme wird „Leitungsgebundene thermische Energie zur Versorgung von Wärmenutzern mittels Wasser oder Dampf“[165] verstanden.

Die Fernwärme wird durch wärmegeämmte, vorwiegend erdverlegte Rohrleitungssysteme vom Erzeuger oder von einer Abwärmesammelstelle zur Heizungsanlage der Endverbraucher weitergeleitet. Als Wärmeübertragungsmedium erweist sich Wasser am geeignetsten. Auf die übliche Betriebstemperatur von 80-130°C erhitztes und davor entsalztes Wasser wird dem kontinuierlichen Kreislauf zugefügt. Das Kreislaufsystem selbst besteht aus zwei Leitungen. Die Vorlaufleitungen von der Wärmequelle zu den Wärmesenken dienen dem Transport von erwärmtem Wasser zu den Wärmeabnehmern. Nach der Wärmeabgabe an der Wärmesenke gelangt das Wasser in die Rücklaufleitungen, wo es zurück zur Wärmequelle fließt. Um den Verbraucher an das Fernwärmenetz anschließen zu können, bedarf es der Installation einer Wärmeübergabestation. Diese dient nicht nur der Wärmeübertragung, sondern auch der Temperaturregelung im Hausheizungssystem sowie der Erwärmung des Brauchwassers. Durch den installierten Wärmezähler wird der gesamte Energieverbrauch gemessen und angezeigt. Die Verrechnung für private Haushalte erfolgt monatlich. In der Rechnung sind die Kosten für die tatsächlich verbrauchte Wärme, für den Grundpreis und für die Zählermiete ersichtlich.

Heizen mit Fernwärme ist eine optimierte, umweltschonende und kostensparende Alternative im Vergleich zu anderen Heizmöglichkeiten. Fernwärme ist nach den erneuerbaren Energien besonders umweltfreundlich. Bei ihrer Produktion werden die wenigsten Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen pro erzeugter kWh Wärme abgegeben. Fernwärme ist eine energieeffiziente Heizform, die auch zum Klimaschutz beiträgt.

Fernwärme wird mit sehr geringen Leistungsverlust an die Endverbraucher verteilt. Als zusätzlicher Anreiz wird den Kunden ein „Rund-um-die-Uhr-Service“ angeboten. Bei KWK Fernwärmeerzeugung wird im Vergleich zu getrennter Produktion von Strom und Wärme bis zu 40% an Brennmaterial eingespart. Durch Umstieg auf Fernwärme tragen Haushalte zur Verbesserung der Luftqualität bei, da der schadstoffreiche Hausbrand wegfällt.

Ein Fernwärmeanschluss ist im Rahmen der Wohnhaussanierung oder beim Neubau förderbar. Der Fernwärmepreis ist relativ konstant und unterliegt in den letzten Jahren kaum Marktpreisschwankungen.

3.1.1.3.3 Kraft-Wärme-Kopplung Anlagen (KWK)

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Kraftwerke stellen gleichzeitig Strom und Wärme aus einer oder mehreren gekoppelten Produktionsanlagen her. Dabei können rund 30% der Energie im Vergleich zu ungekoppelter Erzeugung von Strom und Wärme eingespart werden. Die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme wird ins Fernwärmenetz eingespeist.

Fernwärme kann in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, in Heizkraftwerken oder in Müllverbrennungs-Anlagen erzeugt werden. In Österreich wird Fernwärme vorwiegend unter Einsatz von Erdgas erzeugt. Der Anteil der freigesetzten schädlichen Emissionen liegt unter jenen von Kohle und Öl. Fernwärme aus Biomasse ist auch umweltfreundlich, da bei der Verbrennung nur die Menge an Kohlendioxid freigesetzt wird, die von der Pflanze während ihrer Wachstumsphase aufgenommen worden ist. In Österreich werden derzeit knapp 13 Prozent der Fernwärme aus biogenen Brennstoffen produziert. [88]

Die Primärenergieeffizienz der Fernwärme ist sehr hoch. Durch Einsatz der KWK-Technologie kann ein größtmöglicher Wirkungsgrad (bis zu 90%) erreicht werden. Deswegen wird angestrebt, die Fernwärme generell mit KWK Anlagen zu erzeugen. Kraft-Wärme-Kopplung ermöglicht die weitere Nutzung der industriellen Abwärme und Entlastung der Umwelt. Als positiver Nebeneffekt der Fernwärmeversorgung tritt eine Verbesserung der Lebensqualität auf. Im Prinzip kann jeder Haushalt an das Fernwärmenetz angeschlossen werden.

3.1.1.3.4 Vorteile eines Fernwärmeanschlusses

Für die Endverbraucher von Fernwärme ergeben sich folgende Vorteile:

- Kein Kaminanschluss
- Keine Brennstoffbeschaffung
- Keine Lagerung des Brennstoffes
- Energiesparend
- Kalkulierbare Heizkosten
- Kostengünstiger
- Einfache transparente Heizkostenabrechnung
- Kein Schmutz, kein Geruch, keine Emissionen
- Beinahe wartungsfrei
- Einfache Montage
- Heizzeiten und Temperaturen können individuell eingestellt werden

- Eine Wärmeübertragungsstation benötigt weniger Platz als z.B. ein Kessel (platzsparend); Räumlichkeiten können für andere Zwecke genutzt werden. Die Übergabestation benötigt in der Regel ca. 1 m² Platz.
- Fördermöglichkeit der Anschlusskosten
- Hohe Lebensdauer (über 30 bis 40 Jahre)
- Niedrige Investitionen
- Minimaler Wartungsaufwand
- Günstige Betriebskosten
- Der Haushalt hat keine Kessel-, Brenner- oder Wartungskosten zu tragen
- Die Wartung der Fernwärmeübergabestationen ist häufig kostenlos
- Die Wärme ist jederzeit abrufbar

Fernwärme ist eine ökologische, umweltschonende Form des Heizens. Deswegen wird der Fernwärmeanschluss bei privaten Haushalten von Land oder Gemeinde gefördert. Die Höhe der Fördergelder ist je Bundesland und je nach Hausbeschaffenheit sowie zwischen Miete und Eigentum unterschiedlich.

3.1.1.3.5 Aktuelle Situation in Österreich

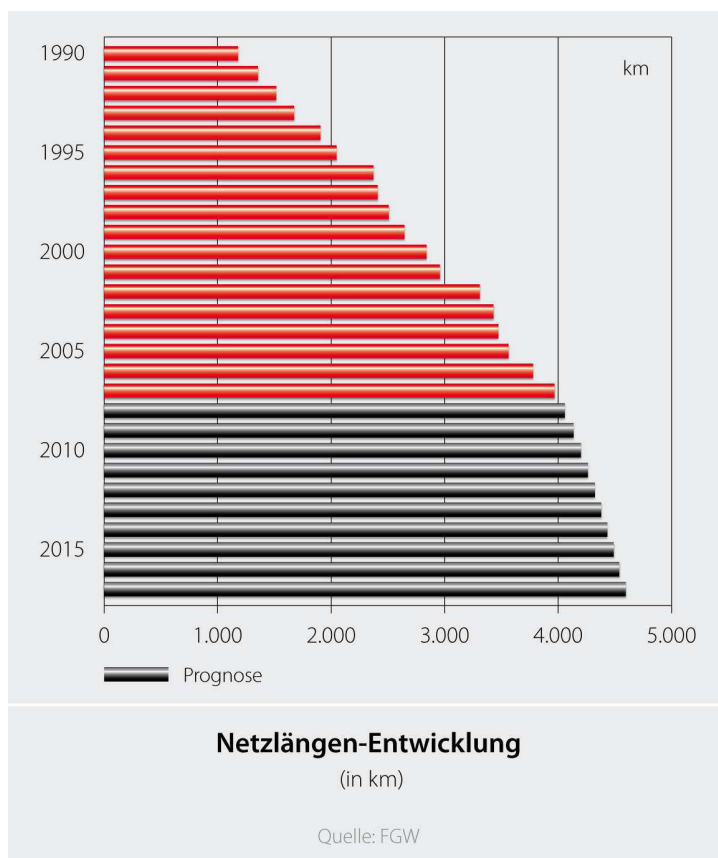
Laut Statistik Austria wurden im Jahre 2007 16.188 GWh an Fernwärme erzeugt. 14.109 GWh wurden für Beheizung der Räume verwendet. 7.250 GWh, das sind 44,78%, wurden von österreichischen Privathaushalten verbraucht. Die Nah-/Fernwärme kann mit Hilfe verschiedener Energieträger erzeugt werden. Dazu zählen Erdgas, Kohle, Öl, Müll, biogene und sonstige Brennstoffe.

Die Fernwärmenetzstruktur in Österreich ist bereits sehr gut ausgebaut. Derzeit bieten in Österreich nahezu 477 Unternehmen diese Wärmeversorgung an. Die Länge des österreichischen Fernwärmenetzes hat sich seit 1995 fast verdoppelt. Diese wurde von 2002 auf 2007 um rund 21% von 3.310 km auf 4.000 km erweitert.

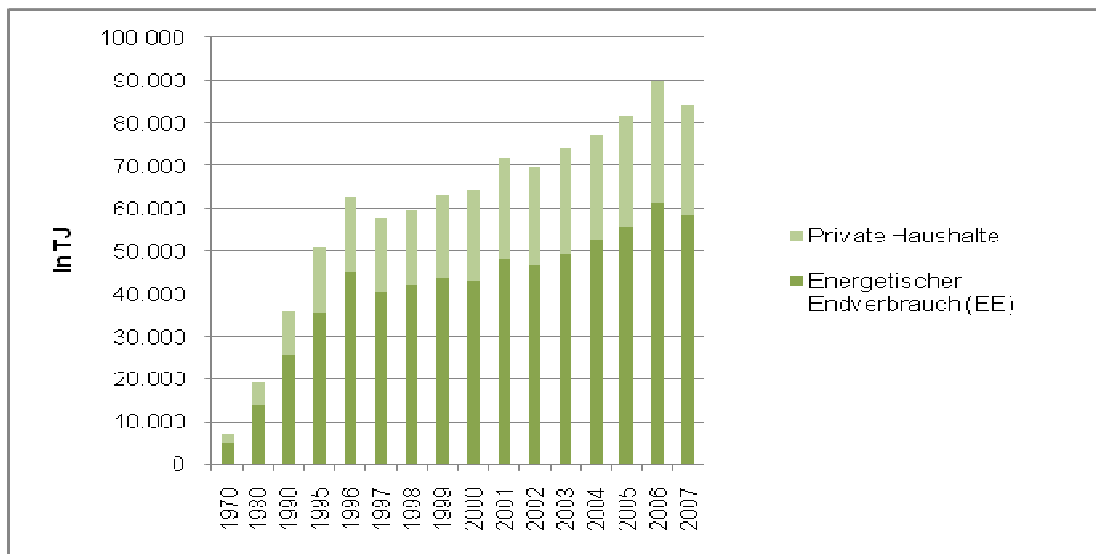
Fernwärme wird in Österreich weiter ausgebaut. Experten prognostizieren einen jährlichen Zuwachs an Fernwärmeverkauf von 2%. Von Jahr zu Jahr kommen neue Leitungen und Anlagen dazu. In Zukunft sind eine Verdichtung der bestehenden Fernwärmenetzstruktur und ein weiterer Ausbau der Flächenversorgung geplant. Bis 2017 soll das Netz verdichtet und weiter um zusätzliche 51 bis 92 km jährlich ausgebaut werden.

Der zu erwartende Ausbau der Netze ist aus folgender Grafik ersichtlich:

Abbildung 3.1-4: Netzlängen Entwicklung in Österreich

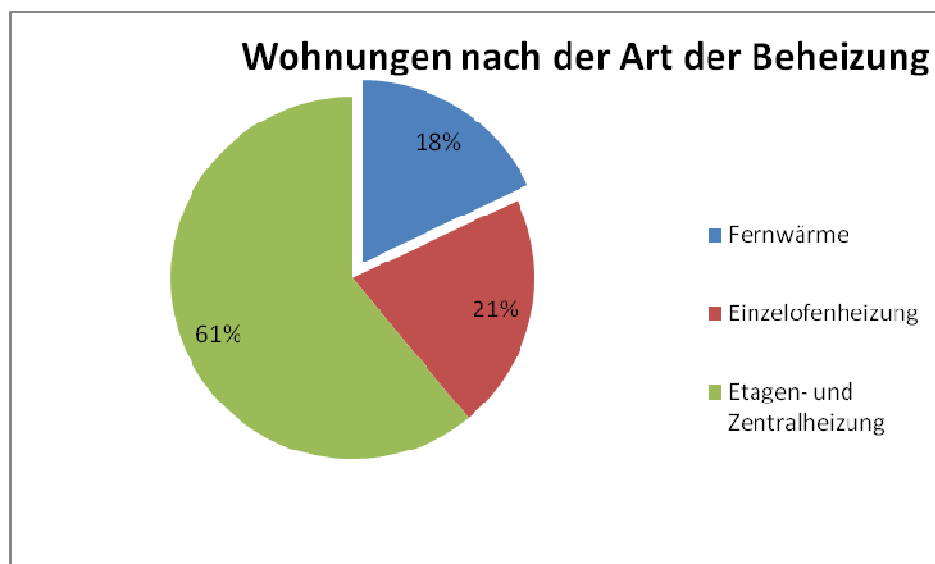


Die Abbildung 3.1-5 veranschaulicht, wie sich der Fernwärmemarkt in den letzten 37 Jahren entwickelt hat. Seit 1990 hat sich der Fernwärmeverbrauch der privaten Haushalte mehr als verdoppelt. Verbrauchten österreichische Haushalte im Jahr 1990 nur 2.865 GWh, so benötigen sie heute insgesamt 7.250 GWh (um 153% mehr Energie).

Abbildung 3.1-5: Fernwärmebilanz Österreich

Quelle: [216], Eigene Darstellung

In Österreich werden derzeit rund 18% aller Wohnungen mit Fernwärme versorgt.

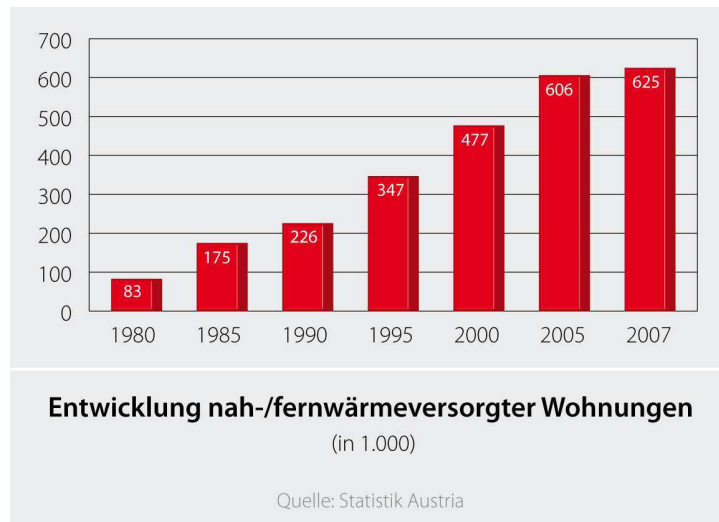
Abbildung 3.1-6: Wohnungen nach Art der Beheizung

Quelle: [221], Eigene Darstellung

Im Jahr 1980 waren es nur 83.000 Wohnsitze, die einen Fernwärmeanschluss hatten. Im Jahr 1995 konnte ein Wachstum von 318% (347.000 Wohnungen) auf Basis des Jahres 1980 beobachtet werden. Im Jahr 2005 hatten 606.000 Wohnungen einen Fernwärmeanschluss. Die Fernwärmebranche entwickelt sich positiv weiter. Heute werden

rund 803.000 Haushalte mit Fernwärme beheizt.

Abbildung 3.1-7: Entwicklung nah-/fernwärmeversorgter Wohnungen



Fernwärme kommt vermehrt in den Ballungsgebieten zur Anwendung, wo eine ausreichend hohe Wärmedichte vorhanden ist. Dabei ist der Fernwärmeanteil in Linz mit 60% (59.000 Wohnungen) am höchsten, gefolgt von Wien mit 36% (285.000 Wohnungen). In Graz beträgt der Anteil der Fernwärme bereits 26%, in Klagenfurt rund 30% und in Salzburg knapp 23%. In Wien soll der Anteil der mit Fernwärme beheizten Haushalte bis 2020 auf 50% steigen. Bereits jeder fünfte Haushalt in Österreich wird derzeit mit Fernwärme beheizt.[87]

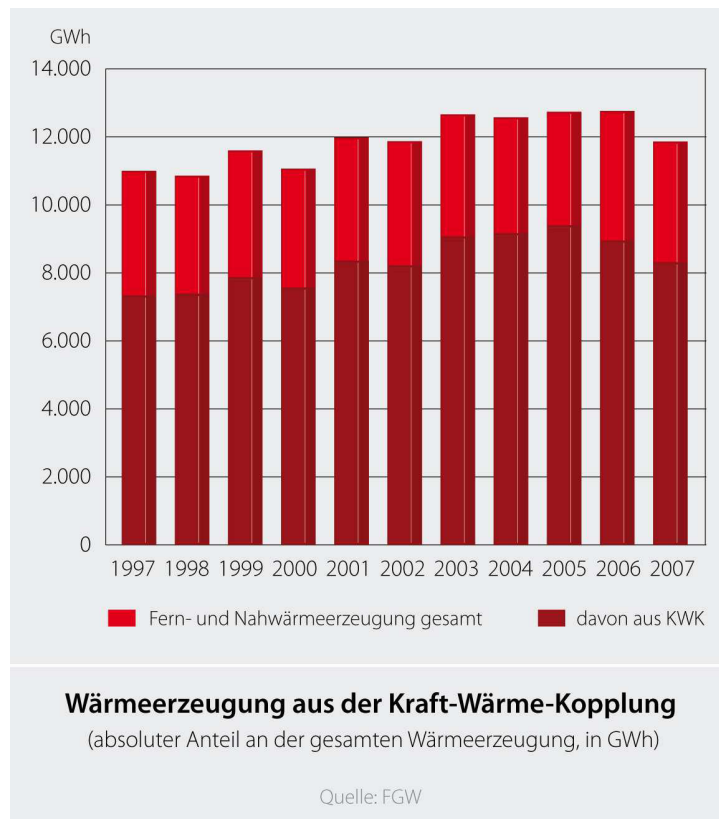
Aus folgender Tabelle sind die Werte für die Anteile der Haushalte mit einem Fernwärmeanschluss in den Jahren 2004 und 2006 nach Bundesländern aufgeschlüsselt zu entnehmen.

Tabelle 3.1-24: Fernwärmeanteile nach Bundesländer in Jahren 2004, 2006 (Anzahl Wohnungen)

Bundesländer	2004 Anzahl der Wohnungen insgesamt ⁶	2004 %-Anteil mit Fernwärme beheizten Haushalte	2006 Anzahl der Wohnungen insgesamt	2006 %-Anteil mit Fernwärme beheizten Haushalte	Wachstumsrate von 2004 auf 2006
Burgenland	6.605	6,1%	7.458	6,8%	0,7%
Kärnten	47.736	20,8%	53.080	22,67%	1,87%
Niederösterreich	55.150	8,7%	71.262	11%	2,3%
Oberösterreich	126.366	22,7%	147.934	26,1%	3,4%
Salzburg	41.153	19,2%	52.053	23,7%	4,5%
Steiermark	100.923	21%	130.067	26,5%	5,5%
Tirol	38.615	14,2%	40.443	14,5%	0,3%
Vorarlberg	17.044	12,2%	15.417	10,6%	-1,6%
Wien	245.393	31%	286.227	35,1%	4,1%
Österreichweit	678.985	19,79%	803.968	22,9%	3,11%

Folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Wärmeerzeugung in Österreich ab dem Jahr 1997. Der Anteil der Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung Anlagen ist auch der Grafik zu entnehmen.

⁶ Hauptwohnsitze

Abbildung 3.1-8: Wärmeerzeugung aus der Kraft-Wärme-Kopplung

Rund 30% des österreichischen Endenergieverbrauches wird für Raumwärme und Warmwasserbereitung benötigt. Wesentliche Erfolge im Bereich der Haushalte können in Zukunft durch die Kombination verschiedener Energieeffizienz-Maßnahmen erzielt werden. Durch den Anschluss an Fernwärme werden Energieverbrauch und CO₂-Emissionen (zusätzlicher Nutzen)⁷ maßgeblich reduziert. Um die Kyoto-Ziele zu erreichen, ist die Forcierung von Fernwärme unabdingbar. Der Umstieg auf effiziente Fernwärme ist Teil der Maßnahmenvorschläge der österreichischen Klimastrategie. Um die Qualität im Bereich Raumwärme und Warmwasserbereitung zu verbessern ist es wichtig, bei Neubauten oder in Rahmen einer Sanierung einen Fernwärmeanschluss zu installieren. Dadurch können die Haushalte ihre Betriebskosten erheblich senken.

Das Anfang des Jahres 2009 in Kraft getretene Fernwärmeausbaugesetz ermöglicht Ausbau und Ausdehnung des Fernwärmenetzes durch Investition von mehreren hundert Millionen Euro. Dadurch können größere Projekte gefördert werden: [66]

- Wien: Verbindung der bereits bestehenden Fernwärmeleitungen miteinander
- Niederösterreich: Ausbau der Fernwärmeleitung von Dürnrohr nach St.Pölten

⁷ Das Gesamtpotential der verstärkten Nutzung kann bis zu 600.000 t CO₂ ausmachen (laut Kyoto-Strategiepapier).

- Linz: Ausbau des Linzer Fernwärmenetzes und Einbindung von 20.000 Haushalten ans Netz (in Linz beziehen derzeit knapp 50.000 Privathaushalte Fernwärme)
- Wels: Fernwärmeversorgung des Gebiets um den Flughafen Wels
- Traun: Verlegung von Fernwärmeleitungen im Raum Traun, um die Trauner Haushalte mit Fernwärme versorgen zu können
- Salzburg: der Südosten der Stadt Salzburg wird an das Fernwärmenetz angeschlossen.

Durch den Fernwärmeausbau und -einsatz kostet jede Tonne eingesparten Kohlendioxids zwischen 20 und 40 Euro. Dagegen kostet die Einsparung von 1t CO₂ mit Agro-Diesel 210,- Euro und mit Ethanol ganze 860,-.[66]

Fernwärme ist eine der stark wachsenden Branchen des Energiesektors. In den letzten 27 Jahren stieg die Anzahl von mit Fernwärme beheizten Haushalten fast um das 7-fache. Hatten im Jahr 1980 nur 83.000 Wohnungen einen Fernwärmeanschluss, so gab es im Jahr 2007 bereits 625.000 Haushalte, die in das Fernwärmenetz eingebunden waren. Österreichweit hat jede fünfte bzw. sechste Wohnung einen Fernwärmeanschluss. 18% der Privathaushalte heizen mit Fernwärme. Bei nach 2001 neu gebauten Wohnobjekten liegt der Anteil der Wohnungen mit Fernwärme bei 27%. Das bedeutet, dass jeder 3. bzw. 4. Privathaushalt energieeffizient heizt. [88]

Der Fernheizkraftwerk Linz-Mitte wird weiter ausgebaut. In Linz heizen im Jahr 2007 nahezu 47.000 Wohnungen und über 90% aller öffentlichen Gebäude mit Fernwärme. Die jährlichen Zuwachsraten belaufen sich auf 20 MW Anschlussleistung. [150]

Um die Unabhängigkeit von ausländischen Energielieferanten zu erhöhen, muss Österreich seine eigenen Ressourcen für die Produktion von Wärme und Strom einbringen. Im Jahr 2006 stammten 72,6% der zur Verfügung gestellten Energie aus dem Ausland. Durch Umstieg auf Fernwärme kann ein maßgeblicher Beitrag zu Schonung der natürlichen Umwelt geleistet und der Verknappung von Ressourcen entgegen gewirkt werden. Außerdem wächst mit dem steigendem Anteil an heimisch produzierter Energie die politische und wirtschaftliche Unabhängigkeit Österreichs hinsichtlich Energiebeschaffung.[221]

Die jährliche Neubau- und Sanierungsrate beträgt in Österreich jeweils 1% des Bestandes. Laut Statistik Austria werden österreichweit knapp 17,6% der Hauptwohnsitzwohnungen (Erhebung für 2007) mit Fernwärme versorgt. Der Anteil von mit Fernwärme heizenden Einfamilienhäusern liegt bei 4,6% und bei anderen Wohnungsobjekten mit mehreren Wohneinheiten etwas über 25%. Die Detaildaten für die Bundesländer sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 3.1-25: Fernwärmeanteile nach Bundesländer im Jahr 2007 (Anzahl Wohnungen)

Bundesländer	Anzahl der Wohnungen insgesamt ⁸	Anzahl Wohnungen mit Fernwärme	Anteil Wohnungen mit Fernwärme	EFH ⁹ mit Fernwärme	Anteil EFH mit Fernwärme ¹⁰	MFH ¹¹ mit Fernwärme	Anteil MFH mit Fernwärme
Burgenland	110.200	3.300	3%	2.000	2,5%	1.200	4,3%
Kärnten	234.900	33.400	14,2%	3.500	3,3%	29.900	23,3%
Niederösterreich	653.100	51.500	7,9%	14.600	3,9%	36.900	13,3%
Oberösterreich	572.200	116.800	20,4%	13.200	5,8%	103.700	30,1%
Salzburg	220.800	35.00	15,8%	4.500	6,1%	30.500	20,6%
Steiermark	493.500	100.600	20,4%	15.500	6,7%	85.100	32,3%
Tirol	281.900	17.100	6,1%	3.300	3,400	13.800	7,5%
Vorarlberg	146.800	3.000	2%	1.000	1,7%	2.000	2,3%
Wien	823.500	263.800	32%	3.600	5,8%	260.300	34,2%
Österreichweit	3.536.900	624.500	17,7%	61.100	4,6%	563.400	25,4

Quelle:[221] und Eigene Berechnungen

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass Fernwärme durchschnittlich fünf bis sechs Mal häufiger in Mehrfamilien- als in Einfamilienhäusern eingesetzt wird. In größeren Ballungsgebieten wie Wien und Linz sind deutlich mehr Wohnungen an Fernwärme angeschlossen als in Niederösterreich, Tirol und im Burgenland, wo der Anteil von Wohnungen mit Fernwärme in Mehrfamilienhäusern nur zwei bis drei mal häufiger ist als der Anteil an Einfamilienhäusern, welche eine Fernwärmeheizung besitzen.

⁸ Hauptwohnsitze

⁹ EFH = Einfamilienhaus

¹⁰ Anteil der Einfamilienhäuser mit Fernwärme bei der Einfamilienhäuser

¹¹ MFH = Wohnung in einem Mehrfamilienhaus

In Österreich wird in den nächsten Jahren eine Verringerung des durchschnittlichen Heizwärmebedarfs erwartet. Das hängt einerseits mit Sanierungen der Altbauten und andererseits mit strengeren Auflagen für Neubauten zusammen. Um die Raumwärmeversorgung komplett auf umweltfreundliche Fernwärme umstellen zu können, muss auch der Energiebedarf reduziert werden. Das kann durch effizientes Bauen von Neuobjekten und durch hochqualitative thermische Sanierungen von bestehenden Objekten erreicht werden.

Die zu erwartenden jährlichen Zuwachsraten an Fernwärme belaufen sich auf 1,7 bis 1,8 Prozent. Durch Förderungen könnte ein Zuwachs von 2,5 bis 3% erreicht werden. Beim Umstieg auf eine Fernwärmeheizung können bis zu 35% der Investitionskosten gefördert werden.[88]

Für die Anbindung der Haushaltsheizung an das Fernwärmenetz ist eine Übergabestation notwendig.

3.1.1.3.6 Kosten des Fernwärmeanschlusses

Die Kosten für die Fernwärme setzen sich zusammen aus:

- Anschlusswert (Wärmebedarf eines Hauses)
- Wärmemenge
- Anschlusskosten
- Laufende Kosten

Die Investitionskosten für einen Fernwärmeanschluss setzen sich aus dem Einbau eines Wärmetauschers, dem elektrischem Anschluss und den Installationsarbeiten zur Anbindung an das Wärmeverteilungssystem zusammen. Die Höhe des Zuschusses beträgt durchschnittlich 30 – 35% dieser Investitionskosten. Der Förderpreis für eine Wohnungseinheit kann zwischen € 200,- und 500,- variieren, für ein Einfamilienhaus wird Fördergeld in Höhe von € 1.000,- ausbezahlt. Das Land Oberösterreich fördert zum Beispiel Neuanschlüsse mit bis zu € 1.800. [103]

Anschlusskosten

Dabei wird unter dem Anschlusswert die beheizte Wohnfläche in m² mal Raumhöhe in m (üblicherweise 2,60 m) mal Dämmzustand in Watt/m³ verstanden.

Beispiel: einmalige Anschlusskosten

Anschlusskosten je KW :	244 €
Baukostenbeteiligung:	4.361 €
Anbindung an das Fernwärmenetz:	1.047 €

Die Anschlusskosten werden nach den örtlichen Gegebenheiten verrechnet. In der Tabelle 3.1-26 sind die Anschlusskosten für 6 bzw. 15 Laufmeter dargestellt. Die Werte entsprechen den durchschnittlichen Preisen am österreichischen Markt. Nach der Distanz von 15 Meter fallen für jeden weiteren verlegten Laufmeter Durchschnittskosten in Höhe von € 240,- inkl. USt. an. Für Anlagen mit mehr als 25 kW gibt es gesonderte Angebote. Somit richten sich die Anschlusskosten nach der Höhe des Anschlusswertes.

Tabelle 3.1-26: Werte für Anschlusskosten¹²

Heizlast	Anschlusskosten inkl. 6 lfm	Anschlusskosten inkl. 15 lfm.
6 kW	1.668,- €	3.720,- €
10 kW	1.818,- €	3.870,- €
12 kW	2.020,- €	2.424,- €
15 kW	2.040,- €	4.200,- €
20 kW	2.190,- €	4.350,- €
25 kW	2.340,- €	4.500,- €

Für die Lieferung von Wärme wird ein Grund- und Arbeitspreis verrechnet (gespaltener Tarif). Der Grundpreis ist fixer Bestandteil des Wärmepreises und wird nach der Größe der beheizbaren Nutzfläche für 12 Monate in voller Höhe unabhängig vom Wärmeverbrauch veranschlagt. Der Arbeitspreis wird für die gelieferte Wärme pro Megawattstunde verrechnet. Nach der Recherche der Autoren beträgt der derzeitige Fernwärme-Endverbraucherpreis im Raum Oberösterreich 8,10 Cent je kWh. Da die anderen Bundesländer unter ähnlichen Bedingungen ein adäquates Preisniveau aufweisen, wird dieser Preis zum Zweck weiterer Berechnungen für ganz Österreich heran gezogen.

Leistungspreis

Der Leistungspreis wird in Abhängigkeit von der bereits konsumierten Leistung abgerechnet. Dieser beinhaltet auch die Kosten für Wartung und Instandhaltung, wie im Wärmelieferungsvertrag vereinbart. Die Energieabgabe wird mit € 0,00505 pro kWh abgerechnet. Dem Endverbraucher wird vom Fernwärmeanbieter ein Wärmezähler zur Verfügung gestellt. Die Kosten sind der Tabelle zu entnehmen.

¹² Preise für Fernwärme der Steirischen Gas-Wärme GmbH, Quelle:[224]

Tabelle 3.1-27: Werte für Zählermiete

	Wärmemengen- zähler	Mengen- begrenzer	Summe
1-100 kW	7,19 € Monat	2,36 € Monat	9,55 € Monat / 114,6 € Jahr
101-250 kW	13,82 € Monat	10,76 € Monat	24,58 € Monat / 294,96 € Jahr
251-750 kW	18,80 € Monat	13,07 € Monat	31,87 € Monat / 382,44 € Jahr
751-2500 kW	28,42 € Monat	9,58 € Monat	38 € Monat / 456 € Jahr
2501-5000 kW	68,58 € Monat	3,00 € Monat	71,58 € Monat / 859 € Jahr

Die verbrauchte Wärmemenge wird in Kilowatt-Stunden berechnet und an den Endverbraucher als Arbeitspreis pro kWh ausgewiesen. Bei indirekter Versorgung kostet jeder kWh € 0,066, bei der direkten Versorgung belaufen sich die Kosten auf € 0,071 pro kWh. Entscheidet sich der Kunde für zusätzliche Dienstleistungen wie Wartung und Störungsbehebung, dann fallen zusätzliche monatliche Kosten pro m² in Höhe von € 0,10 für „Wärme-Kompakt-Service“ (Verdunsterbasis), € 0,11 für WKS mit 1 Fühler und € 0,12 für WKS mit 2 Fühlern an. Wünscht der Kunde „Wärme-Voll-Service“, dann sind € 0,19 pro kWh zu bezahlen.

3.1.1.3.7 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

3.1.1.3.7.1 Kostenvergleich zwischen Fernwärme und einem Referenzsystem

Heizen mit Fernwärme kostet zwischen 35 und 40% weniger als mit Ölheizungen. Eine Kilowattstunde Fernwärme der Wärme Oberösterreich kostet derzeit 8,10 Cent. Der Fernwärme-Anschluss kostet durchschnittlich zwischen € 3.500 bis € 6.000. Der Preis einer Ölheizung liegt deutlich höher.

Die folgenden Vergleichsrechnungen der Jahresheizkosten zwischen Fernwärme und Ölheizung verdeutlichen die positive monetäre Ersparnis bei einem Umstieg auf Heizen mit Fernwärme. Ein privater Haushalt kann eine jährliche Ersparnis von € 35,- über € 500,- bis zu € 1.000,- erzielen.[30]

Fernwärme ist für Neubauten am günstigsten. Anschaffungs- und Errichtungskosten sind wesentlich geringer als bei anderen Heizmöglichkeiten. Lagerhaltungskosten fallen zur Gänze weg. Speziell ausgestattete Heizungsräume werden nicht benötigt.

In bereits bestehenden Gebäuden ist Fernwärme auch im Vergleich zu anderen Varianten kostengünstiger. Fernwärmeanlagen haben eine hohe Lebensdauer und müssen im Normalfall nicht gewartet werden.

Beispiel 1: Heizkostenvergleich zwischen Fernwärme und Ölheizung

Die Berechnung erfolgt für ein Haus mit 12 KW (maximale Heizlast) Anschlusswert und einem jährlichen Wärmebedarf von 15.000 kWh. Bisher wurde im Haus mit Heizöl geheizt und dabei jedes Jahr 2.000 Liter Öl verbraucht. Es wurden 6 Laufmeter Leitungen verlegt.[30]

Tabelle 3.1-28: Heizkostenvergleich Fernwärme/Ölheizung- Beispiel 1

		Öl	Fernwärme
Jährliche Kosten			
Energiekosten	in €/Jahr	$2000 \text{ l Öl} \cdot 1,042^{13} = 2.084 \text{ €}$	$15.000 \text{ kWh} \cdot 0,081^{14} \text{ €} = 1.215 \text{ €}$
Brennerservice		150	
Rauchfangkehrer		150	
Summe brutto		2.384	1.215
Jährliche Einsparung			1.169

¹³ Maximale Endverbraucherpreis in OÖ im Jahr 2008 pro Liter Heizöl (extraleicht)

¹⁴ Fernwärmeendverbraucherpreis in OÖ

Beispiel 2: Heizkostenvergleich zwischen Fernwärme und Ölheizung [209]

Annahmen: Einfamilienhaus (Altbau) mit Nutzfläche von 150 m²; Anschlussleistung 12 kW; Volllaststunden: 1500 h; Energieverbrauch im Jahr 18.000 kWh. Anschaffungskosten belaufen sich auf € 5.930,-.

Tabelle 3.1-29: Heizkostenvergleich Fernwärme/Ölheizung-Beispiel 2

		Öl	Fernwärme
Anschaffungskosten	EUR	7.850,00	5.930,00
Nutzungsdauer	Jahre	15	20 Jahre
Wirkungsgrad	%	70	90
Energieeinsatz	kWh	25.714	20.000
Heizölbedarf	Liter	2.643	-
Energiekosten	EUR/Einheit	0,91 ¹⁵	0,081
Jährliche Kosten			
Energiekosten	EUR/Jahr	2.405,-	1.620,-
Brennerservice		150,-	-
Rauchfangkehrer		150,-	-
Summe ohne Anschaffungskosten	EUR/Jahr	2705,-	1.620,-
Ersparnis 1.085,- €			

Der Anschluss eines Haushaltes mit Anschlussleistung von 12 kW kostet zwischen € 5.930,- und € 6.500,-. Der Anschaffungspreis enthält die Kosten für die Wärmeübertragungsstation. Somit kostet heizen mit Fernwärme um 40% (hier um € 1.085,-) weniger als mit Heizöl.

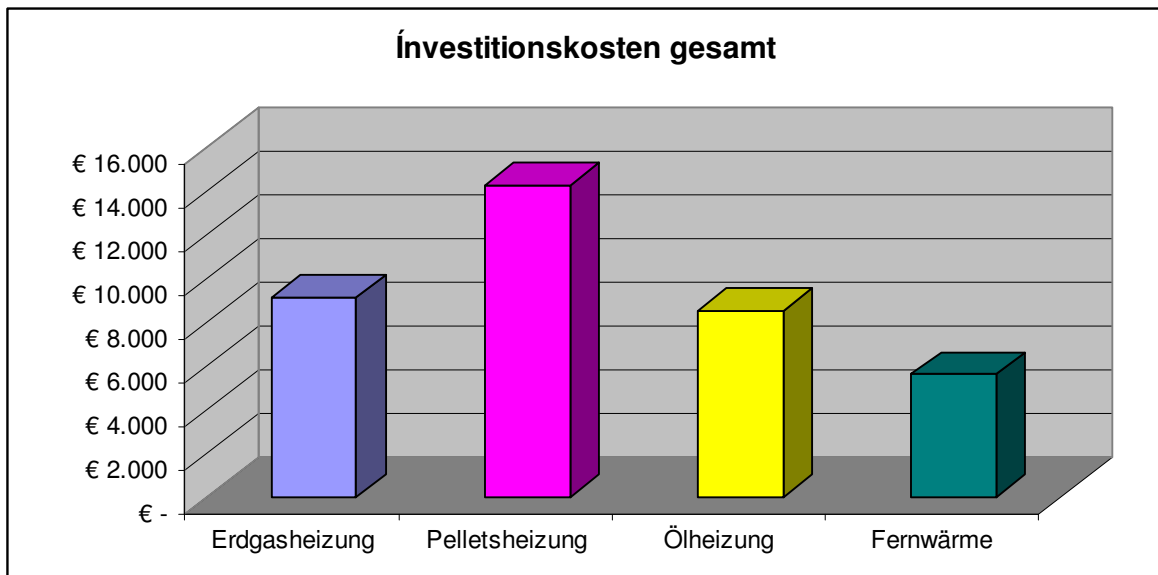
¹⁵ Durchschnittlicher Heizölpreis je Liter in OÖ

Tabelle 3.1-30: Vergleich der Investitionskosten

	Kosten Gesamt in €	Investitionskosten monatlich über 20 Jahre	Differenz der Investitionskosten zur Fernwärme (gesamt, in €; Mehrkosten)	Differenz der Investitionskosten zur Fernwärme (monatlich, in €; Mehrkosten)
Erdgasheizsystem¹⁶	€ 9.150	€ 38,13	€ 3.550	€ 14,79
Pellets Heizsystem¹⁷	€ 14.250	€ 59,38	€ 8.650	€ 36,04
Ölzentralheizung¹⁸	€ 8.500	€ 35,42	€ 2.900	€ 12,08
Fernwärme	€ 5.600	€ 23,34	-	-

Das Ergebnis wird mittels Grafik veranschaulicht.

Abbildung 3.1-9: Investitionskosten gesamt



Quelle: Eigene Darstellung

3.1.1.3.8 Energetische Maßnahmenbewertung

Als Basis für weitere Berechnungen ist der Raumwärmebedarf inklusive der benötigten Wärme für Warmwasserzubereitung notwendig. Der jährliche Wärmebedarf einer Wohneinheit in einem Ein- oder Mehrfamilienhaus wird folgendermaßen berechnet:

¹⁶ Siehe Tabelle 3.1-80

¹⁷ Siehe Tabelle 3.1-81

¹⁸ Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Recherchen der Autoren

$$E_{\text{Referenzsystem}} = (HWB + WWWB) * \text{Nutzungsgrad}_{\text{Referenzsystem}}$$

$$E_{\text{Fernwärme}} = (HWB + WWWB) * \text{Nutzungsgrad}_{\text{Fernwärme}}$$

$$EE = (E_{\text{Referenzsystem}} - E_{\text{Fernwärme}}) \times m^2$$

EE.....Endenergieeinsparung [kWh pro Jahr]

m².....beheizte Fläche im m²

E_{Referenzsystem}.....durchschnittlicher jährlicher Energieverbrauch pro m² Wohnfläche durch bestehendes Heizungsreferenzsystem [kWh/m²/a]

E_{Fernwärme}..... durchschnittlicher jährlicher Energieverbrauch pro m² Wohnfläche nach Anschluss an Fernwärme [kWh/m²/a]

HWB.....Heizwärmebedarf je m² Wohnfläche pro Jahr im Gebäude [kWh/m²/a]

Nutzungsgrad_{Referenzsystem}.....Zahl für die Umrechnung von Nutzenergie in Endenergie eines Referenzsystems

Nutzungsgrad_{Fernwärme}..... Zahl für die Umrechnung von Nutzenergie in Endenergie eines Fernwärmesystems

Nutzungsgrad_{Fernwärme} = 0,9

Nutzungsgrad_{Ölheizung} = 0,7

Nutzungsgrad_{Gasheizung} = 0,77

Gerechnet wird mit dem durchschnittlichem Warmwasserwärmebedarf (WWWB) von 12,5 [kWh/m²/a]. Für Altbau, sanierte Häuser und Neubau ergibt sich damit der folgende Raumwärmebedarf:

Tabelle 3.1-31: Jährlicher Wärmebedarf (inkl. Warmwasserwärmebedarf) nach Zustand und Größe eines Hauses

	m ²	Wärmebedarf WB [kWh/m ² /anno]	Wärmebedarf WB + WWWB [kWh/m ² /anno]	Raumwärmebedarf einer Wohneinheit [kWh/anno]
Altbau EFH	150	160	172,5	25.875
Altbau MFH	90	110	122,5	11.025
Sanierter Altbau EFH	150	65	77,5	11.625
Sanierter Altbau MFH	90	55	67,5	6.075
Neubau EFH	150	40	52,5	7.875
Neubau MFH	90	40	52,5	4.725

Als Referenzsysteme für weitere Berechnungen der Einsparpotentiale werden Ölheizung, Gasheizung oder bei Neubauten Pellets zu Hilfe gezogen. Den folgenden Tabellen ist der Energieverbrauch für die Referenzsysteme oder für Fernwärme zu entnehmen.

Tabelle 3.1-32: Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von Ölheizung auf Fernwärme

	m ²	Ölheizung EE Verbrauch pro [kWh/m ² /anno]	Fernwärme EE Verbrauch pro [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung einer Wohneinheit [kWh/anno]
Altbau EFH	150	246	191	55	8.250
Altbau MFH	90	175	136	39	3.510
Sanierter Altbau EFH	150	111	86	25	3.750
Sanierter Altbau MFH	90	96	75	21	1.890

Tabelle 3.1-33: Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von Gasheizung auf Fernwärme

	m ²	Gasheizung EE Verbrauch pro [kWh/m ² /anno]	Fernwärme EE Verbrauch pro [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung einer Wohneinheit [kWh/anno]
Altbau EFH	150	224	191	33	4.950
Altbau MFH	90	159	136	23	2.070
Sanierter Altbau EFH	150	101	86	15	2.250
Sanierter Altbau MFH	90	88	75	13	1.170
Neubau EFH	150	68	58	10	1.500
Neubau MFH	90	68	58	10	900

Tabelle 3.1-34: Jährlicher Endenergieverbrauch und Einsparungspotentiale beim Umstieg von Pellets auf Fernwärme

	m ²	Pelletsheizung EE Verbrauch pro [kWh/m ² /anno]	Fernwärme EE Verbrauch pro [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung [kWh/m ² /anno]	Endenergieeinsparung einer Wohneinheit [kWh/anno]
Neubau EFH	150	58	58	0	0
Neubau MFH	90	58	58	0	0

3.1.1.3.9 Kosteneffizienz der Installation von Fernwärme im Vergleich zum Referenzsystem

Die Lebensdauer einer Wärmeübertragungsstation beträgt 20 Jahre (laut CEN [51] 2007). Der Zinssatz liegt über die gesamte Laufzeit bei 4,5%. Die Investitionskosten eines Fernwärmeanschlusses belaufen sich auf durchschnittlich € 5.600,-. Im Bereich des Erdgases erfolgt die Berechnung mit einem Wirkungsgrad von 77%. Endverbraucherpreis liegt bei 6,44 Cent je kWh. Fernwärme weist Nutzungsgrad von 90% auf. Für Pellets erfolgt die Berechnung folgendermaßen:

Jährlicher Energiebedarf = jährlicher Nutzwärmebedarf/ Wirkungsgrad [kWh], wobei

1 kg Pellets = 4,8 kWh; Preis: 4,38 Cent je kWh (inklusive Transportkosten)

Jahresnutzungsgrad für Pellets beträgt 90%.

Um einen Vergleich zwischen Fernwärme und Ölheizung erstellen zu können wurde für Ölheizung gleiche Wärmebedarf angenommen und mit einem Umrechnungsfaktor (1 Liter Heizöl extraleicht = 9,72 kWh) in Liter umgerechnet. Brennstoffpreis beträgt derzeit € 0,784 pro Liter.

Tabelle 3.1-35: Vergleich jährlicher Verbrauchskosten zwischen Fernwärme und Referenzsystemen

Art der Wohneinheit	Preisliche Steigerung	Gesamt Kosten Heizölheizung	Gesamt Kosten Gas ¹⁹	Gesamt Kosten Pellets	Gesamt Kosten Fernwärme	Ersparnis W / Öl	Ersparnis FW / Gas	Ersparnis FW / Pellets
		in €	in €	in €	in €	in €	in €	
EFH ohne Sanierung 150 m2	0%	38.687	28.147	-	30.187	8.500	-2.040	-
	3%	49.789	36.224	-	38.849	10.940	-2.625	-
	10%	96.768	70.404	-	75.506	21.262	-5.102	-
MFH ohne Sanierung 90 m2	0%	16.513	11.988	-	12.896	3.617	-908	-
	3%	21.251	15.427	-	16.597	4.654	-1.170	-
	10%	41.303	29.984	-	32.258	9.045	-2.274	-
EFH saniertes Altbau 150 m2	0%	17.456	12.691	-	13.592	3.864	-901	-
	3%	22.466	16.333	-	17.492	4.974	-1.159	-
	10%	43.664	31.745	-	33.997	9.667	-2.252	-
MFH saniertes Altbau 90 m2	0%	9.058	6.635	-	7.112	1.946	-447	-
	3%	11.658	8.538	-	9.153	2.505	-615	-
	10%	22.658	16.595	-	17.789	4.869	-1.194	-
EFH Neubau 150 m2	0%	-	8.544	4.957	9.167	-	-623	-4.210
	3%	-	10.996	6.379	11.797	-	-801	-5.418
	10%	-	21.373	12.398	22.929	-	-1.156	-10.531
MFH Neubau 90 m2	0%	-	5.127	2.974	5.500	-	-373	-2.526
	3%	-	6.598	3.828	7.078	-	-480	-3.250
	10%	-	12.823	7.439	13.757	-	-934	-6.318

Bei Altbauten wirkt sich die Ersparnis unabhängig von einer Sanierung bei Umstieg auf Fernwärme von Ölheizung in jedem Fall aus, auch ohne Einbeziehung der Investitionskosten in die Berechnung. Umstieg von Gasheizung rechnet sich unter Einbeziehung der Investitionskosten in die Berechnung. Bei der Entscheidung zwischen Fernwärme oder Pellets müssen die unterschiedlich hohen Investitionskosten berücksichtigt werden.

Folgende Tabelle zeigt die gesamte monetäre Ersparnis durch Ersatz von bestehenden Heizungssystemen durch Fernwärme bei Altbauten oder durch die bewusste Entscheidung für einen Fernwärmeanschluss in Neubauten.

¹⁹ Derzeitige Kosten für Gas: 6,44 Cent je kWh.

Tabelle 3.1-36: Kosteneffizienz des Fernwärmeanschlusses (Kostenvergleich inkl. Betriebs- und Investitionskosten)

Art der Wohneinheit		Monetäre Ersparnis FW / Öl *	Monetäre Ersparnis FW / Gas	Monetäre Ersparnis FW / Pellets	Nettoersparnis Fernwärme/ Ölheizung**	Nettoersparnis Fernwärme / Gasheizung	Nettoersparnis Fernwärme / Pellets
		in €	in €	in €	in €	in €	in €
EFH ohne Sanierung 150 m2	0%	8.500	-2.040	-	11.400	1.510	-
	3%	10.940	-2.625	-	13.840	925	-
	10%	21.262	-5.102	-	24.162	-1.552	-
MFH ohne Sanierung 90 m2	0%	3.617	-908	-	6.517	2.642	-
	3%	4.654	-1.170	-	7.554	2.380	-
	10%	9.045	-2.274	-	11.945	1.276	-
EFH saniertes Altbau 150 m2	0%	3.864	-901	-	6.764	2.649	-
	3%	4.974	-1.159	-	7.874	2.391	-
	10%	9.667	-2.252	-	12.567	1.298	-
MFH saniertes Altbau 90 m2	0%	1.946	-477	-	4.846	3.073	-
	3%	2.505	-615	-	5.405	2.935	-
	10%	4.869	-1.194	-	7.769	2.356	-
EFH Neubau 150 m2	0%	-	-623	-4.210	-	2.927	4.440
	3%	-	-801	-5.418	-	2.749	3.232
	10%	-	-1.556	-10.531	-	1.994	-1.881
MFH Neubau 90 m2	0%	-	-373	-2.526	-	3.177	6.124
	3%	-	-480	-3.250	-	3.070	5.400
	10%	-	-934	-6.318	-	2.616	2.332

* Der Betrachtungszeitraum beläuft sich analog zur angenommenen Lebensdauer von Wärmeübergabestation auf 20 Jahre.

** Kostendifferenz der Investition ist der Tabelle 3.1-36 zu entnehmen.

Die Gesamtinvestitionskosten wurden im Kapitel 3.1.1.6 für eine Erdgasheizung mit € 9.150, für Ölheizung mit € 8.500 und für ein Heizsystem mit Pellets mit € 14.250 berechnet und werden für die Bestimmung der Nettoersparnisse durch Installation eines Fernwärmeanschlusses in dieser Höhe herangezogen. Somit ist ein Fernwärmeanschluss hinsichtlich Investitionskosten durchschnittlich um 34% billiger als eine Ölheizung, um 38,79% als eine Gasheizung und um 61% als Heizen mit Pellets. Aus der Tabelle 1-11 ist sichtbar, dass das Heizen deutliche Einsparungen gegenüber dem Referenzsystemen mit sich bringt. Deshalb erweist sich ein Fernwärmeanschluss als wirtschaftlich und ist dem Endverbraucher zu empfehlen.

Die Gegenüberstellung verschiedener Heizsysteme zeigt, dass sich die Neuanschaffung oder der Umstieg auf einen Fernwärmeanschluss sowie für Ein- als auch für Mehrfamilienhäuser lohnt. Je nach Größe und Alter der Wohneinheit kann die Ersparnis in Vergleich zu Referenzsystemen zwischen ein paar hundert und ein paar Tausend Euro betragen.

3.1.1.3.10 Schlussfolgerungen

Fernwärme wird immer mehr zum Thema der nationalen Politik, da sie die nationale Energieversorgung sichert. Die Energieerzeugung findet nicht weit von den Energieverbrauchszentren statt. Fernwärme nutzt heimische Ressourcen, was wiederum Preisschwankungen am Energiesektor verringert.

In Österreich ist ein enormes Potential für den Fernwärmenetzausbau gegeben. Das Potential der Fernwärme wird derzeit nicht voll genutzt. Mit der derzeit ungenutzten Abwärme könnten noch über 30.000 Einwohner versorgt werden. Bei Neubauten ist der Anschluss an das Fernwärmenetz unproblematisch. Bei bereits bestehenden Gebäuden mit anderen Heizarten könnte es zu Problemen kommen, da sich in manchen Haushalten noch nicht erneuerungsbedürftige Heizanlagen befinden. Trotz der niedrigen Preise für Fernwärme rechnet es sich manchmal nicht, diese Anlagen auszutauschen. Die jeweilige Gebietskörperschaft ist gefordert, in Richtung Umweltschutz und Energieeffizienz zu denken und künftig entsprechende Energieeffizienz-Maßnahmen zu entwickeln und zu fördern.

3.1.1.4 Ausstattung eines Haushalts mit Brennwertkessel

3.1.1.4.1 Beschreibung des Systems und Literaturwerte

3.1.1.4.2 Brennwertkessel

Ein Brennwertkessel wird in einem Haushalt für das Erhitzen von Betriebswasser und für Warmwasserheizung genutzt. Durch den Einsatz eines Brennwertheizkessels kann der Energieinhalt des verwendeten Brennstoffes mit einem höherem Nutzungsgrad nahezu ohne Verluste ausgeschöpft werden. Dies wird erreicht durch Verwendung der Kondensationswärme des Wasserdampfes im Abgas zur Vermeidung des latenten Abgasverlustes, wodurch ein deutlicher Unterschied zum herkömmlichen Heizkessel besteht. Durch Nutzung der Kondensationswärme steigt der verbrennungstechnische Wirkungsgrad an. Die aus Abgasen gewonnene Energie wird als zusätzliche Wärme in das eigene Heizungssystem rückgeführt. Am Markt gibt es Brennwertkessel für die Verbrennung von Erdgas, Erdöl oder Pellets. Moderne Brennwertkessel stoßen eine geringere Menge an Schadstoffen aus und verbrauchen bis zu 10-15% weniger an Energie. Brennwerttechnologie leistet einen bedeutenden Beitrag zur CO₂ Reduktion. [105]

Grundsätzlich kann ein Brennwertkessel an jede Heizungsanlage angeschlossen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Ableitung des Kondensats gewährleistet werden kann. Verwendet der Haushalt kein schwefelarmes Heizöl, so ist ein Filter, welcher Säure neutralisiert, zusätzlich in der Anlage zu installieren.

Gemäß der seit Februar 2002 geltenden Energiesparverordnung (EnEV) muss Brennwerttechnik verwendet werden, wenn die technischen Voraussetzungen dafür gegeben sind.

Vorteile von Brennwertkesseln gegenüber herkömmlichen Heizungsanlagen:

- Energieausbeute und Energieeffizienz sind beträchtlich höher. Der Wirkungsgrad ist um einiges höher als bei herkömmlichen modernen Heizungssystemen (bessere Stoffausnutzung: bei Erdgas bis zu 11%, bei Heizöl bis zu 6%).
- Gegenüber Altanlagen kann bis zu 30% an Energie eingespart werden.
- Entlastung der Umwelt (Ressourcenschutz) und Schadstoffreduzierung (Kohlenmonoxidanteil ist um 1/5 und Stickoxidanteil um 1/3 geringer als bei älteren Heizkesseln).
- Brennwertkesselanlagen eignen sich besonders gut für Fußboden- und Wandheizungen.

- Brennwerttechnik ist eine neue, nachhaltige und zuverlässig funktionierende Technologie.
- Die Anlagen können mit Solarthermie problemlos kombiniert werden. Bei dieser Variante können Haushalte noch zusätzlich bis zu 10% Energie einsparen.
- Der Wirkungsgrad von Brennwertkesseln kann durch den Einsatz modulierender Pumpen noch weiter gesteigert werden.

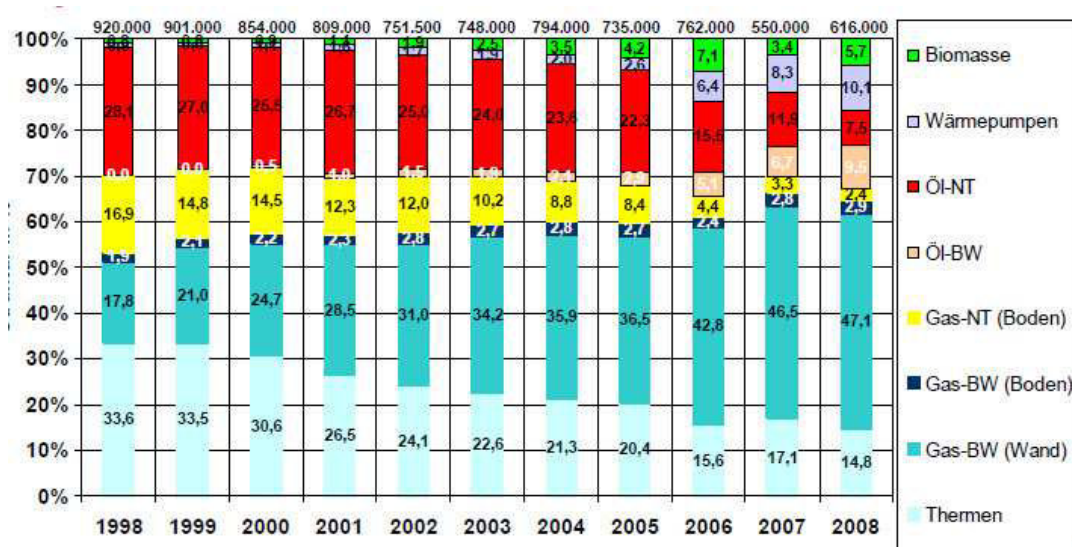
3.1.1.4.3 Aktuelle Situation am Europäischen Markt

Die ca. 3.536.900 österreichischen Haushalte benötigen gegenwärtig rund 30% Endenergie von dem gesamten energetischen Endverbrauch Österreichs, um die Räume zu heizen und Warmwasser zuzubereiten. Der Raumheizbedarf wird hauptsächlich durch Öl und Gas gedeckt. Dabei entsteht eine enorme CO₂ Belastung. Es besteht in diesem Bereich jedoch ein hohes Energieeinsparungspotential. Österreichweit wurden im Jahr 2007 70.583 Terra Joule Erdgas (23%) und 9.624 Terra Joule Heizöl (3,2%) durch die Raumbeheizung verbraucht. Das entspricht jeweils 39% und 64% des gesamten Verbrauchs dieser Energieträger in Österreich. Im Bereich der Haushalte können künftig wesentliche Erfolge durch den Einsatz moderner Brennwerttechnik erzielt werden. [221]

Brennwertkessel wurden Ende der 1980er Jahre entwickelt. Marktanteile konnten nur langsam gewonnen werden. Erst Ende der 1990er konnte sich die Brennwerttechnik am Markt etablieren. Der Einsatz von Gas-Brennwerttechnik hat eine breitere Zustimmung am Wärmeerzeugermarkt gefunden als jener von Öl-Brennwerttechnik.

Die nächste Abbildung zeigt die Strukturentwicklung der Wärmeerzeuger am deutschen Heizungssysteme-Markt. Von den Autoren wird angenommen, dass der österreichische Wärmeerzeugermarkt eine ähnliche Struktur wie der deutsche Markt aufweist, da für beide annähernd gleiche rechtliche, politische, ökonomische und ökologische Bedingungen gelten.

Abbildung 3.1-10: Entwicklung der Heizsysteme in Deutschland



Quelle: [22]

Laut Bundesindustrieverband Deutschland sind rund 18% der Wärmeerzeuger älter als 24 Jahre (Wirkungsgrad < 65%), 70% sind zwischen 10 und 24 Jahre alt (Wirkungsgrad < 85%) und nur 12% sind jünger als 10 Jahre (Wirkungsgrad > 85%). Insgesamt gibt es in deutschen Haushalten ca. 17 Mio. Wärmeerzeuger, nur 2,04 Mio. davon sind auf dem aktuellen Stand der Technik. Die Marktentwicklung von Brennwerttechnik im Laufe des Jahres 2008 wird auf +20% geschätzt [172].

In Österreich werden derzeit laut Statistik Austria etwa eine Million Wohnungen mit Erdgas (28%) und etwas über 865.000 Haushalte mit Erdöl (24%) beheizt [221]. Die Absatzperspektiven für die Gas- und Ölbrennwertheizungssysteme können somit als positiv eingestuft (eingeschätzt) werden [136]. Rund 110.000 Heizungsanlagen alleine in Wien sind älter als 20 Jahre. Der Anteil der Brennwertheizungen in den Bundesländern liegt bei ca. 60%, allerdings beträgt dessen Anteil in Wien nur etwas über 1,5% [54]. Der Altbestand in Österreich wird insgesamt auf 40% geschätzt [136].

Somit ist das Modernisierungspotential groß. Bereits durch einen Austausch des alten Kessels gegen eine moderne Anlage würde sich eine jährliche Einsparung von durchschnittlich 2.990 kWh je Anlage ergeben. Bei einem Austausch können insgesamt bis zu 289 Kubikmeter Gas und 323 Liter Öl pro Jahr eingespart werden.²⁰ Einem Haushalt mit einem durchschnittlichen Jahresenergieverbrauch von 16.500 Kilowattstunden bringt 1% der eingesparten Energie eine Kostenersparnis von rund 11 Euro jährlich. Da gegenüber 20 Jahre alten Anlagen sich eine Energieeinsparung bis zu 30% (mit zusätzlichen Maßnahmen sogar bis zu 50%) ergeben kann, könnten private Haushaltskassen von Kosten von 300 bis zu 700 Euro jährlich entlastet werden (oder je nach aktueller Energiepreis noch mehr).

²⁰ 10,35 kWh = 1 m³ Erdgas und 9,25 kWh = 1 Liter Öl.

3.1.1.4.4 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

3.1.1.4.4.1 Kosten eines Brennwertkessels

Um einen Brennwertkessel in Betrieb nehmen zu können, müssen bestehende herkömmliche Schornsteine für die neue Anlage adaptiert werden. Bei Öl-Brennwertkessel entstehen noch zusätzliche Kosten für die Sanierung des Schornsteins. Viele Hersteller bieten gemeinsam mit ihrem Gerät auch passende Abgassysteme an.

Ein Brennwertkessel ist in der Anschaffung etwas teurer als eine herkömmliche Heizungsanlage. In der folgenden Tabelle werden einige typische am Markt erhältliche Geräte dargestellt.

Tabelle 3.1-37: Kosten von Brennwertkesseln

Hersteller	Modell	Wärmeleistungsbereich in kW	Anschaffungspreis
Gas-Brennwertkessel bis zu 16 kW Wärmeleistung			
Elco	THISSION 9	0,9-9,5	3.132 €
Vaillant	ecoCompact VSC 126-C 140	4,5-10,0	4.428 €
Buderus	Logamax plus GB152-16	5,3-14,8	2.361 €
Gas-Brennwertkessel ab 16 kW Wärmeleistung			
Buderus	Logamax plus GB132-19 T S135	7,2-18,8	3.903 €
Vaillant	ecoTec exklusiv VC 206/2-E	4,0-19,0	3.616 €
SOLVIS	SolvisMax Pur SX 356	5,0-20,0	6.141 €
Junkers	ZSB 7-52 Cerasmart	7,8-20,8	2.552 €
Öl-Brennwertkessel			
Durchschnittliches Gerät	-----	11,0-18,0	5.600 €

Quelle: [254], [252]; eigene Darstellung

Nach Angaben von www.ecotopten.de, www.preisroboter.de und eigenen Recherchen der Autoren belaufen sich durchschnittliche Anschaffungskosten für einen Gas-Brennwertkessel auf 4.150 € und für einen Öl-Brennwertkessel auf 5.600 €.

3.1.1.4.4.2 Anschaffungskosten einer Brennwertanlage

Die folgende Tabelle zeigt die anfallenden Kosten für die Anschaffung eines Brennwertheizsystems.

Tabelle 3.1-38: Anschaffungskosten der Heizungsanlagen (mit Brennwertkessel, ohne Wärmeverteilungssysteme)

	Investitionskosten Heizsystem Erdgas (in €)*	Investitionskosten Ölheizsystem (in €)*
Brennwertkessel inkl. Brenner, Steuerung, Regelung, Zubehör (inkl. Montage)**	4.150	5.600
Energieanschlüsse, Tanks	1.500	800
Schornstein (inkl. Aufstellung)***	2.500	2.900
Registerspeicher für Warmwasser (inkl. Isolation)***	1.000	1.000
KOSTEN GESAMT	9.150	10.300

* Innerhalb der Investitionskostenbestimmung werden Kosten bezüglich des Raumbedarfs für Heizung und Warmwasserspeicher vernachlässigt.

** Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Preisangaben unter [254], [252], [253]

*** Gerundete Durchschnittswerte basierend auf Preisangaben von Installateuren im oberösterreichischen Zentralraum bei Telefonanfrage.

Somit ergeben sich durchschnittliche Anschaffungskosten in der Höhe von 9.159 Euro für die Gas-Brennwertanlage und von 10.300 Euro für ein Öl-Brennwertheizsystem.

3.1.1.4.5 Energetische Maßnahmenbewertung

Als Basis für weitere Berechnungen ist der Raumwärmebedarf inklusive der benötigten Wärme für Warmwasserbereitung notwendig. Gerechnet wird mit dem durchschnittlichen Warmwasserwärmebedarf (WWWB) von 12,5 [kWh/m²/a]. Für Altbauten, sanierte Häuser und für Neubauten ergibt sich damit der folgende Raumwärmebedarf:

Tabelle 3.1-39: Jährlicher Nutzwärmebedarf (inkl. Warmwasserwärmebedarf) nach Zustand und Größe eines Hauses

	m ²	Wärmebedarf WB [kWh/m ² /anno]	Wärmebedarf WB ohne WW [kWh/anno]	Raumwärmebedarf einer Wohneinheit mit WW [kWh/anno]
Altbau EFH	150	160	24.000	25.875
Altbau MFH	90	110	9.900	11.025
Sanierter Altbau EFH	150	65	9.750	12.173
Sanierter Altbau MFH	90	55	4.950	6.075
Neubau EFH	150	40	6.000	8.423
Neubau MFH	90	40	3.600	4.725

Im Bereich des Erdgases erfolgt die Berechnung mit einem Wirkungsgrad von 95% und für die Berechnungen einer Öl-Brennwertheizung mit 85%. Der Jahreswirkungsgrad von alten Heizsystemen wird für Erdgas mit 77% und für Heizöl mit 70% angenommen.

$$\text{Jährlicher Energiebedarf} = \text{jährlicher Nutzwärmebedarf} / \text{Wirkungsgrad} [\text{kWh}]$$

Den folgenden Tabellen ist der Energieverbrauch für die Heizsysteme zu entnehmen.

Tabelle 3.1-40: Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von einer herkömmlichen Gasheizung auf einen Gas-Brennwertkessel

		Gasheizung EE Verbrauch in [kWh/anno] / [kWh/m ² /anno]	Gas- Brennwertkessel EE Verbrauch in [kWh/anno] / [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung einer Wohneinheit [kWh/anno]
Altbau EFH 150 m²	mit WW	33.604 / 224	27.237 / 182	42	6.367
	ohne WW	31.168 / 208	25.263 / 168	40	5.905
Altbau MFH 90 m²	mit WW	14.318 / 159	11.605 / 129	30	2.713
	ohne WW	12.857 / 143	10.421 / 116	27	2.436
Sanierter Altbau EFH 150 m²	mit WW	15.809 / 105	12.814 / 85	19	2.995
	ohne WW	12.662 / 84	10.263 / 68	16	2.399
Sanierter Altbau MFH 90 m²	mit WW	7.890 / 88	6.395 / 71	17	1.495
	ohne WW	6.429 / 71	5.211 / 58	13	1.218
Neubau EFH 150 m²	mit WW	10.938 / 73	8.866 / 59	14	2.072
	ohne WW	7.792 / 52	6.316 / 42	10	1.476
Neubau MFH 90 m²	mit WW	6.136 / 68	4.974 / 55	13	1.162
	ohne WW	4.675 / 52	3.789 / 42	10	886

Aus der Tabelle 3.1-40 ist ersichtlich, dass die mittlere Energieeinsparung bei einem Umstieg von einer herkömmlichen Gasheizung auf einen Gas-Brennwertkessel für eine Wohneinheit pro Quadratmeter bei 22,5 kWh liegt.

Tabelle 3.1-41: Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von einer herkömmlichen Ölheizung auf einen Öl-Brennwertkessel

		Ölheizung EE Verbrauch in [kWh/anno] / [kWh/m ² /anno]	Öl- Brennwertkessel EE Verbrauch in [kWh/anno] / [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung [kWh/m ² /anno]	Endenergie- einsparung einer Wohneinheit [kWh/anno]
Altbau EFH 150 m²	mit WW	36.964 / 246	30.441 / 203	43	6.523
	ohne WW	34.285 / 228	28.235 / 188	40	6.050
Altbau MFH 90 m²	mit WW	15.750 / 175	12.970 / 144	31	2.780
	ohne WW	14.143 / 157	11.647 / 129	28	2.496
Sanierter Altbau EFH 150 m²	mit WW	17.390 / 116	14.321 / 95	21	3.069
	ohne WW	13.928 / 93	11.470 / 76	17	2.458
Sanierter Altbau MFH 90 m²	mit WW	8.679 / 96	7.147 / 79	17	1.532
	ohne WW	7.072 / 78	5.823 / 65	13	1.249
Neubau EFH 150 m²	mit WW	12.033 / 80	9.909 / 66	14	2.124
	ohne WW	8.571 / 57	7.059 / 47	10	1.512
Neubau MFH 90 m²	mit WW	6.750 / 75	5.559 / 62	13	1.191
	ohne WW	5.143 / 57	4.235 / 47	10	908

Aus der Tabelle 3.1-41 ist ersichtlich, dass die mittlere Energieeinsparung bei einem Umstieg von einer herkömmlichen Ölheizung auf einen Öl-Brennwertkessel für eine Wohneinheit pro Quadratmeter bei 20,58 kWh liegt.

Insgesamt kann für eine Brennwertanlage davon ausgegangen werden, dass das durchschnittliche Einsparungspotential im Bereich um 19 – 23 kWh pro m² oder von 2.390 bis 2.855 kWh für eine Wohneinheit pendelt.

3.1.1.4.6 Kosteneffizienz der Installation von Brennwertkessel im Vergleich zum Referenzsystem

Die Lebensdauer eines Brennwertkessels (Öl und Erdgas) beträgt 17 Jahre (laut CEN [51] 2007). Der Zinssatz liegt über die gesamte Laufzeit bei 4,5%. Die Investitionskosten einer Öl-Brennwertanlage belaufen sich durchschnittlich auf € 10.300,- und einer Gas-Brennwertanlage auf € 9.150,-. Der Endverbraucherpreis für Erdgas liegt bei 6,44 Cent je kWh. Der Preis für Heizöl extraleicht liegt der Annahme entsprechend zwischen 0,784 und

1,042 Euro je kWh.²¹

Für eine Ölheizung wird folgender Umrechnungsfaktor verwendet: 1 Liter Heizöl extraleicht = 9,72 kWh. Für weitere Berechnungen wird der Brennstoffpreis von € 0,784 pro Liter angesetzt. Die Berechnung erfolgt für Einfamilien- und Mehrfamilienhaushalte unter Einbeziehung von Warmwasserzubereitung.

Folgende Tabelle zeigt die monetäre Ersparnis durch Einsatz von Brennwerttechnologien bei unterschiedlichen Teuerungsraten für Energieträger.

Tabelle 3.1-42: Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten modernen Gas- und Öl-Brennwertkessels

Gebäudetyp	Jährliche Teuerung von Gas/Öl Energie	Monetäre Ersparnis durch Gas-Brennwertkessel	Monetäre Ersparnis durch Öl-Brennwertkessel
Altbau EFH 150 m ²	0%	4.800,36 €	6.185,65 €
	3%	5.956,75 €	7.675,76 €
	10%	10.375,04 €	13.369,08 €
Altbau MFH 90 m ²	0%	2.045,45 €	2.636,23 €
	3%	2.538,19 €	3.271,29 €
	10%	4.420,84 €	5.697,69 €
Sanierter Altbau EFH 150 m ²	0%	2.258,06 €	2.910,28 €
	3%	2.802,02 €	3.611,36 €
	10%	4.880,36 €	6290,- €
Sanierter Altbau MFH 90 m ²	0%	1.127,14 €	1.452,77 €
	3%	1.398,67 €	1.802,74 €
	10%	2.436,11 €	3.139,88 €
Neubau EFH 150 m ²	0%	1.562,17 €	2.014,15 €
	3%	1.938,49 €	2.499,36 €
	10%	3.376,33 €	4.353,2 €
Neubau MFH 90 m ²	0%	876,08 €	1.129,40 €
	3%	1.087,13 €	1.401,48 €
	10%	1.893,48 €	2.441,- €

Aus der Tabelle 3.1-42 ist ersichtlich, dass im Zuge einer Modernisierung innerhalb der

²¹ Preise wurden von dem Energieinstitut an der JKU erhoben.

Lebensdauer von 17 Jahren eine Ersparnis gegenüber der alten Anlage von 876,- bis 13.369,- Euro je nach Größe und Zustand eines Hauses und des Heizsystems selbst erzielt werden könnte.

3.1.1.4.7 Schlussfolgerungen

Es sprechen mehrere Tatsachen für den Einsatz von Brennwerttechnik in Haushalten, da die Energiekosten zum größeren Teil (ca. 30%) durch Heizen verursacht werden. Im Zuge der Modernisierung bestehender alter Heizungsanlagen können Energieeinsparungen generiert und Emissionen reduziert werden. Die Einsparungen können bis zu 30% betragen. Die Gas-Brennwerttechnik hat sich seit längerem am österreichischen Markt etabliert. Dank dem technologischen Fortschritt gewinnt auch die Öl-Brennwerttechnik in den letzten Jahren an Bedeutung. Der Austausch eines Kessels durch einen neuen, modernen ist für die Haushalte rentabel. Ein Brennwert-Heizkessel macht die Mehrinvestitionskosten durch höhere Energieeffizienz wett.

Ein Gas-Brennwertkessel ist in seiner Anschaffung zwar teurer als eine herkömmliche Gas-Heizung (Preisdifferenz bis 600 Euro), erspart aber Gas-Verbrauchs-kosten, sodass die Gesamtkosten über die Lebensdauer beim Gas-Brennwertkessel niedriger sind.

In Neubauten werden nur noch bis zu 6% aller Haushalte mit Öl-Heizsystemen beheizt. Es ist ziemlich unwahrscheinlich, dass in Neubauten Ölheizanlagen installiert werden. Bei den bestehenden Öl-Anlagen ergeben sich gute Perspektiven für eine Modernisierung, da diese eine kostengünstige und wirtschaftliche Alternative darstellt. Eine Umstellung auf die neue Brennwerttechnik bringt eine jährliche Ersparnis von 5 bis zu 23 kWh pro Quadratmeter.

Durch eine Erhöhung der Durchdringungsrate von Brennwertheizungsanlagen könnte ein maßgeblicher Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele im Haushaltssektor geleistet werden. In Österreich ist enormes Potential für den Einsatz der Brennwerttechnik gegeben, welches derzeit nicht vollständig genutzt wird.

Es wird empfohlen, die Etablierung der Öl- und vor allem der Gas-Brennwerttechnik zu forcieren, um ökonomische, aber auch ökologische Potentiale in Zukunft in hohem Maß ausschöpfen zu können. Bei einer Modernisierung ist der Einbau eines Brennwertkessels aus wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen. Um die Bekanntheit der Brennwerttechnik zu erhöhen und die damit verbundenen Vorteile an die Endverbraucher zu transportieren, bedarf es Informationskampagnen. Durch den Einsatz der Brennwerttechnik in den Haushalten könnte die Energieeffizienz im Raumwärmemarkt in Zukunft deutlich verbessert werden.

Es liegt in der Verantwortung der jeweiligen Bundesländer, entsprechende Förderungsmaßnahmen (z.B. Förderung des Umtausches aller Anlagen, die älter als 15

Jahre alt sind) zu setzen, Rahmenbedingungen zu schaffen und die Verbraucher über die Vorteile der Brennwerttechnologien ausreichend und nachhaltig zu informieren.

3.1.1.5 Tausch alter Umwälzpumpen

3.1.1.5.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Da die richtige Dimensionierung von Umwälzpumpen als eine der ausschlaggebenden Eigenschaften für die Energieeffizienz von Heizungspumpen bezeichnet werden muss, sollen im Folgenden zunächst die wichtigsten technischen Kennzahlen beschrieben werden, die für die Wahl der richtigen Pumpendimensionierung ausschlaggebend sind.

Die genaue Bestimmung des Fördervolumens der Umwälzpumpe spielt eine wichtige Rolle bei der Installation der Pumpe, denn je höher das Fördervolumen ist, desto höher ist auch der Widerstand in den Rohrleitungen. In Folge dessen benötigt die Umwälzpumpe mehr Energie, um das Fördermedium zu transportieren.

Es ist also von großem Nutzen, das Fördervolumen der Pumpen vor ihrer Inbetriebnahme zu berechnen und in weiterer Folge Energie einzusparen. Oftmals sind die Pumpen um den Faktor 2 bis 3 überdimensioniert. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass trotz technischer Fortschritte immer noch die händisch zu regelnden 3-stufigen Umwälzpumpen verwendet werden und diese zudem auf der dritten, also höchsten Stufe betrieben werden, obwohl dies aus technischen bzw. baulichen Anforderungen nicht notwendig wäre. Mit dem Herabsetzen der Betriebsstufe verringert sich die Drehzahl des Laufrades in der Umwälzpumpe und folglich verbraucht diese weniger Strom.

Es ist offensichtlich, dass allein beim Betrieb einer Umwälzpumpe eine nennenswerte Menge Energie gespart werden kann. In dem Fall der auf der höchsten Leistungsstufe betriebenen Umwälzpumpe kann die Energieeinsparung bei einer Reduzierung der hydraulischen Leistung auf ihr tatsächlich angebrachtes Niveau bis zu 50% betragen [212]. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Dimensionierung der Umwälzpumpe primär in die Kompetenz des ausführenden Installateurs fällt. Als ein entscheidender Ansatzpunkt für eine Effizienzsteigerung im Bereich kleiner Umwälzpumpen ist deshalb die Schulung und Sensibilisierung von entsprechenden Installateurbetrieben zu verstehen.

3.1.1.5.1.1 Richtige Umwälzpumpendimensionierung

Grundsätzlich erfolgt die Dimensionierung einer Umwälzpumpe nach ihrem maximalen bzw. dem erforderlichen Förderstrom. Dieser Wert gibt Auskunft über das pro Zeiteinheit durch den Druckstutzen einer Pumpe fließende nutzbare Volumen.

Eine weitere wichtige technische Größe, deren Berechnung zur Vermeidung einer Überdimensionierung beiträgt, ist die Förderhöhe. Die Förderhöhe ist eine Funktion der Widerstände im Heizungskreislauf. Zur Berechnung ist vor allem der Widerstand in der

Rohrleitung mit dem größten Widerstand heranzuziehen.

Da die benötigten Daten für diese Berechnung oft nicht oder nur ungenau vorhanden sind, kann die Förderhöhe auch vereinfacht berechnet werden, um aber verlässliche Zahlen zu erhalten, sollten soweit vorhanden die genauen Werte verwendet werden. Sind der Förderstrom und die Förderhöhe bekannt, so kann im Anschluss die benötigte hydraulische Leistung berechnet werden. Danach muss noch eine Ermittlung der benötigten elektrischen Leistung erfolgen, wobei auch hier festgestellt werden kann, dass es aufgrund fehlender Daten häufig zu Überschlagsrechnungen (vor allem bei Heizungsrenovierungen) kommt. Dann besteht allerdings die Gefahr, dass die Pumpe überdimensioniert wird, da von den Betreibern befürchtet wird, durch eine zu klein dimensionierte Umwälzpumpe komme es zu einer Beeinträchtigung der Wärmeversorgung.

Da ein Austausch der Umwälzpumpe häufig gemeinsam mit einer Heizungssanierung und eventuell auch mit einer thermischen Sanierung der Gebäudehülle einhergeht, sind bei der Anschaffung und dem Einbau der neuen Pumpe klarerweise auch die durch die Sanierung bedingten geänderten Anforderungen zu berücksichtigen, um eine optimale Dimensionierung der Umwälzpumpe zu gewährleisten. Beim Kauf einer gesamten neuen Heizungseinheit ist oftmals die Umwälzpumpe inkludiert. Das heißt allerdings nicht, dass die mitgelieferte Pumpe auch die optimale für das System ist. Es ist angebracht, die mitgelieferte Pumpe auf ihre Zweckmäßigkeit und Effizienz hin zu überprüfen und gegebenenfalls eine andere als die mitgelieferte Umwälzpumpe einzubauen.

Die eben beschriebenen Parameter zeigen Möglichkeiten, wie beim Einbau bzw. Betrieb einer Umwälzpumpe Energie eingespart werden kann, egal ob bei der Verwendung einer unregelmäßigen, ineffizienten Pumpe oder bei einer geregelten, hocheffizienten Pumpe. Fakt ist jedoch, dass der Effekt der Beachtung der notwendigen technischen Parameter zur effizienten Nutzung von Umwälzpumpen durch die Auswahl eines modernen hocheffizienten Gerätes noch deutlich gesteigert werden kann. Deshalb widmet sich der folgende Abschnitt der Darstellung der verschiedenen Umwälzpumpentechnologien.

3.1.1.5.2 Verschiedene Pumpentechnologien und Effizienzpotentiale

Die am häufigsten verwendete und gleichzeitig auch ineffizienteste Umwälzpumpe ist die unregelmäßige Pumpe mit Asynchronmotor, die - wie bereits angeführt - zumeist über drei Drehzahlstufen verfügt, zwischen denen händisch hin- und hergeschaltet werden kann. Eine Weiterentwicklung dieser bereits überholten Technik stellen die elektronisch geregelten Umwälzpumpen dar, bei denen eine stufenlose Pumpenkennlinie eingestellt werden kann. Elektronisch geregelte Umwälzpumpen sind bereits effizienter in ihrem Betrieb, aber trotzdem noch lange nicht ideal. Der Unterschied zwischen einer elektronisch geregelten und einer hocheffizienten elektronisch geregelten Umwälzpumpe liegt darin, dass die hocheffiziente Pumpe anstatt mit einem Asynchronmotor mit einem Synchronmotor ausgestattet ist. Auf Grund dieser Technik ergab sich im Bereich der Umwälzpumpen ein eklatanter Sprung im Wirkungsgrad der Geräte, nämlich von bis dahin

10-15% auf 30-50%.

Diese modernen hocheffizienten Pumpen werden auch als Umwälzpumpen mit Permanentmagnetmotor oder als EC-Motor-Pumpen bezeichnet. Für die Steigerung im Bereich des Pumpenwirkungsgrades ist vor allem die Verwendung der Permanentmagnettechnik bei den Pumpenmotoren verantwortlich. Zusätzlich zu den verbesserten Motoren zeichnen sich diese Hocheffizienz-Pumpen auch durch das optimierte Design des Laufrades, welches sich im Inneren der Umwälzpumpe befindet, aus. Das optimierte Laufrad sorgt für mehr hydraulische und somit für mehr elektrische Effizienz. Weiters wacht bei den hocheffizienten Umwälzpumpen ein Frequenzumrichter über Fördermengen und -höhen und vermeidet, dass diese unnötig hoch ausfallen. Außerdem kontrolliert der Frequenzumrichter auch die Drehzahl der Pumpen. Wie zuvor bereits festgestellt, hängt der Stromverbrauch von Umwälzpumpen wesentlich von der richtigen Bemessung der Fördermenge, der Förderhöhe und der Drehzahl ab. Der eingebaute Frequenzumrichter hat den Vorteil, dass der Konsument die Pumpe nicht händisch an eventuell geänderte Anforderungen bezüglich der Fördermenge und -höhe und der Drehzahl anpassen muss.

Eine Methode Strom und gleichzeitig auch Heizenergie zu sparen ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage. Da Wasser immer den Weg des geringsten Widerstandes geht, fließt das Heizungswasser bei nicht hydraulisch regulierten Anlagen über die Umwälzpumpen zum nächstgelegenen Heizkörper, wodurch die weiter von der Pumpe entfernten Heizkörper schlechter mit warmen Wasser versorgt werden und es somit zu einer Beeinträchtigung der Wärmeversorgung in einzelnen Räumen kommt. Damit gegen diese Beeinträchtigung vorgegangen wird, wird oftmals kein hydraulischer Abgleich gewählt, sondern eine größere, leistungsstärkere Umwälzpumpe angeschafft, die überdimensioniert ist. Ein hydraulischer Abgleich sorgt für ähnliche Widerstände in allen Heizkörpern und Heizflächen.

Die Anzahl der Betriebsstunden ist ebenfalls ausschlaggebend für den Stromverbrauch der Umwälzpumpe. Die übliche jährliche Betriebsstundenanzahl bei Umwälzpumpen liegt zwischen 5.000 und 6.000 Stunden. Wird von einer häufig in Ein- und Zweifamilienhäusern vorkommenden Umwälzpumpe mit 80 Watt Leistung ausgegangen, so beträgt der Stromverbrauch der Pumpe bei 5.000 Betriebsstunden 400 kWh und bei 6.000 Betriebsstunden 480 kWh. An diesem einfachen Beispiel zeigt sich, dass eine unnötig hohe Anzahl an Betriebsstunden unbedingt zu vermeiden ist, wenn eine Umwälzpumpe möglichst effizient mit geringem Stromverbrauch betrieben werden soll.

Für die Konsumenten ist es aufgrund der Fülle an angebotenen Umwälzpumpen schwierig, zwischen ineffizienten und effizienten Geräte zu unterscheiden und die richtige Kaufentscheidung zu treffen. Die Einführung eines Energielabels (wie es beispielsweise für Haushaltsgeräte bereits seit längerer Zeit existiert) für Umwälzpumpen gestaltet den Markt für Heizungspumpen übersichtlicher. Die Kennzeichnung von Umwälzpumpen mit dem Energielabel soll unter anderem auch für eine bessere Marktdurchdringung der hocheffizienten Pumpen sorgen, welche nach einer Einteilung über den Energieeffizienz-Index in Kategorien (beschreibt den Verbrauch der Pumpe im Verhältnis zum Verbrauch der im Jahr 2004 am häufigsten installierten Umwälzpumpen) der Klasse A angehören. Im Gegensatz dazu sind die am häufigsten verwendeten Umwälzpumpen in den

Effizienzklassen C bis D zu finden. Produkte, die mit Klasse A ausgezeichnet sind, arbeiten um mindestens 60% effizienter als herkömmliche Pumpen, d.h. sie haben einen Energieeffizienz-Index von maximal 0,4. Zusammenfassend können folgende Parameter identifiziert werden, die den Einsatz von Umwälzpumpen effizienter gestalten und den Stromverbrauch senken:

- Eine Überdimensionierung der Umwälzpumpe vermeiden, d.h. das Fördervolumen, die Förderhöhe, den Förderstrom und die elektrische sowie hydraulische Leistung der Pumpe genau an die tatsächlichen Anforderungen anpassen.
- Bei der Berechnung der Größen zur Vermeidung einer Überdimensionierung sollen, wenn möglich genaue Werte herangezogen werden, um wirklich verlässliche Ergebnisse zu erhalten und auf diese Weise eine richtige Dimensionierung zu gewährleisten.
- Der Durchmesser der Rohre sollte so gewählt werden, dass der Energieverbrauch der Umwälzpumpe optimal ist. Je größer der Rohrdurchmesser, desto geringer ist der Widerstand in den Leitungen und folglich benötigt die Pumpe weniger Strom zum Transport des Fördermediums. Diese Maßnahme ist jedoch nur bei einer kompletten Heizungssanierung möglich.
- Einsatz von modernen Hocheffizienzpumpen, die einen weitaus höheren Wirkungsgrad (30-50%) im Gegensatz zu den unregelmäßigen Pumpen (10-15%) aufweisen und den Stromverbrauch an die jeweiligen Anforderungen anpassen.
- Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage, damit eine energiesparende und gleichmäßige Verteilung der Wärme in den einzelnen Räumen gewährleistet ist [212], [181].

3.1.1.5.3 Energetische Maßnahmenbewertung

Umwälzpumpen verbrauchen gleichmäßig elektrische Energie, wenn sie in Betrieb sind. Die Berechnung des Energieverbrauchs und der daraus abgeleiteten Einsparungen ergibt sich demnach nicht über ihre Fördermenge oder ähnliche Verbrauchsparameter, wie dies bei anderen Geräten im Bereich der Raumwärme der Fall ist. Ihr Energieverbrauch erschließt sich aus der Wattleistung und der Betriebsdauer der Pumpen im Beobachtungszeitraum (hier jeweils für ein Jahr). In der Literatur finden sich eine Reihe von Referenzwerten für ineffiziente und effiziente Umwälzpumpen. Diese sind in Tabelle 3.1-43 zusammengefasst.

Die angeführte Tabelle gibt den durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauch von modernen effizienten und ineffizienten Umwälzpumpen wieder. Zusätzlich ist in dieser Tabelle die erwartete durchschnittliche Stromeinsparung im Jahr bei einem angenommenen Pumpentausch angeführt. Je nach den herangezogenen Vergleichsdaten differiert die durchschnittliche jährliche Stromeinsparung. Jedoch beträgt die Einsparung bei Ersatz einer ineffizienten Pumpe durch eine effiziente Pumpe bei 5.000

Betriebsstunden mindestens 248,60 kWh und höchstens 284,25 kWh.

Der folgenden Tabelle kann entnommen werden, dass die durchschnittliche Einsparung bei 260 kWh liegt. Es ist offensichtlich, dass im Bereich der Umwälzpumpen ein erhebliches Einsparungspotential existiert, das vor allem durch einen Austausch der ineffizienten Altgeräte durch moderne Hocheffizienzpumpen realisierbar ist.

3.1.1.5.4 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Für die Bewertung der Kosten der Maßnahme sind zwei Berechnungen relevant: 1.) die Gesamtkosten der Installation und Anschaffung der hocheffizienten Umwälzpumpen vor Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts (entspricht den „Investitionskosten“, wobei gemäß volkswirtschaftlicher Theorie im Haushaltsbereich von Konsum zu sprechen ist) sowie 2.) die reinen Mehrkosten der hocheffizienten Pumpen im Vergleich zu modernen Standardpumpen.

Die Kosten für den Austausch einer ineffizienten auf eine effiziente Umwälzpumpe setzen sich aus den Listenpreisen der Hersteller und den Personalkosten für den Pumpentausch zusammen. Weitere Nebenkosten sind nicht zu veranschlagen. Die Listenpreise von fünf effizienten Pumpentypen wurden ermittelt und die Austauschkosten addiert.

Tabelle 3.1-44: Abschätzung der Gesamtkosten für den Austausch von Umwälzpumpen

Modellname	Marke	EEI gemäß Energy+ Pumps Label	Energie- verbrauch bei 5.000 h Betrieb	Listen- preis laut Hersteller [€]	Kosten für den Austausch [€]	Summe [€]
Riotronic ECO 25-60	KSB	0,19	100,5	370,43		
Stratos ECO 25/1-3-130	Wilo	0,19	65	388		
Alpha2 25-60 180	Grundfos	0,25	101	421,6		
Riotronic ECO 30-60	KSB	0,25	100,5	384,47		
Stratos ECO 15/1-5-130	Wilo	0,25	100,5	422		
Durchschnitt				397,3	90	487,3

Quelle: [225]

- Die gelisteten Kosten beziehen sich auf aktuelle Recherchen von Listenpreisen verschiedener Hersteller über das unabhängige Verbraucherportal www.topprodukte.at.
- Die Entsorgung von Umwälzpumpen erfolgt kostenlos über die Altstoffsammelzentren und wird im Regelfall vom Installateur durchgeführt.
- Die kalkulierten Gesamtkosten stimmen, ohne Berücksichtigung spezifischer Gegebenheiten, mit den Abschätzungen der befragten Unternehmen überein.
- Für die Abschätzung des durchschnittlichen Listenpreises einer effizienten Umwälzpumpe wurden Modelle der neuesten Generation (permanentmagnetisch erregte EC-Motor-Pumpen) mit höchster Effizienz herangezogen.

Die mittleren Gerätekosten werden laut Tabelle 3.1-44 mit 397 € angenommen wobei durchschnittliche Bruttoinstallationskosten von 90 € angenommen werden. Daraus ergeben sich 487 € Kosten pro vorzeitig installierter hocheffizienter Heizungsumwälzpumpe. Die reinen zusätzlichen Kosten für die Installation der hocheffizienten Pumpen (nach Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts) errechnen sich aus dem höheren Preis für die hocheffizienten Pumpen im Vergleich zu modernen Standardpumpen. Die Mehrkosten für eine hocheffiziente Heizungsumwälzpumpe betragen etwa 150 € [262].

Im Folgenden wird deshalb die Wirtschaftlichkeit sowohl eines vorzeitigen Gerätetauschs als auch die Wirtschaftlichkeit der Mehrinvestition in eine hocheffiziente Umwälzpumpe bei notwendiger Neuanschaffung nach Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts dargestellt.

Der Barwert der Einsparung durch die Verbrauchsverringung bei elektrischer Energie wird gemäß der Lebensdauer von Umwälzpumpen von 15 Jahren berechnet²². Während dieser Lebensdauer spart eine hocheffiziente Umwälzpumpe durchschnittlich € 510 durch die verringerten Betriebskosten. Dies ergibt unter Berücksichtigung der im vorangegangenen Absatz ermittelten Kosten von € 487 für einen vorzeitigen Gerätetausch bzw. € 150 Mehrkosten für die Neuanschaffung einer hocheffizienten anstatt einer herkömmlichen Umwälzpumpe folgende Barwerteinsparungen:

- Der vorzeitige Austausch (vor Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts) einer herkömmlichen durch eine hocheffiziente Umwälzpumpe erfolgt innerhalb der erwarteten Lebensdauer der neuen Umwälzpumpe kostenneutral.
- Muss eine Umwälzpumpe neu angeschafft werden (im Neubau oder nach Ablauf der Lebensdauer des Altgerätes) werden durch die Anschaffung einer hocheffizienten Umwälzpumpe etwa € 340 im Vergleich zur Anschaffung einer modernen Standardpumpen gespart.
- Unter Berücksichtigung der Preissteigerung von 3% bzw. 10% ergeben sich Einsparungen von € 617 bzw. 1.000.

3.1.1.6 Tausch von Boilern zur Warmwasserbereitung in Häusern auf Luft-Wärmepumpen

3.1.1.6.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

In diesem Kapitel wird der Tausch von Boilern zur Warmwasserbereitung in Häusern auf Luft-Wärmepumpen behandelt. Dabei werden für den Jahresnutzungsgrad der Luft-Wasser-Wärmepumpe ein Wert von 230% herangezogen und für den Jahresnutzungsgrad des Warmwasserboilers 73%. Der angenäherte Jahresnutzungsgrad eines elektrischen Warmwasserboilers errechnet sich dabei aus den Bereitschaftsverlusten von 2,5 kWh

²² Barwertberechnung erfolgt gemäß Kapitel 3.1.1.2.2.

[145] pro Tag für einen Boiler und der Wasserwärmemenge von 2.423 kWh (die mit einem Jahresnutzungsgrad von 100% aufbereitet wird). Es wird hierbei angenommen, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe immer einen großen elektrischen Boiler ersetzt und keine Kleingeräte unter 100 Liter.

3.1.1.6.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Die Bewertung eines Tausches von elektrischen Warmwasserboilern auf Luft-Wasser-Wärmepumpen ist ähnlich zu der Bewertungsmethode aus Kapitel 3.1.1.2.2, wobei für die Bewertung der Energieeffizienz-Maßnahme dieses Kapitels die Bereitstellung der Raumwärme keine Beachtung findet. Die hier relevante Wasserwärmemenge erschließt sich analog zu (und mit den selben Default-Werten von) Kapitel 3.1.1.2.2 als

$$WWC = \frac{2,5 \text{ Personen} \cdot 40l \cdot 365 \text{ Tage} \cdot 40^\circ C \cdot 4,183}{3.600(\text{Umrechnung von kJ auf kWh})} \cdot \frac{1}{1 - 0,3} = 2,423 \text{ kWh} \quad (3.1-11)$$

Der Endenergiebedarf eines Boilers ist dann

$$yCBu = \frac{WWC}{\frac{DEB}{100}} \quad (3.1-12)$$

bzw. einer Luft-Wasser-Wärmepumpe

$$yCPu = \frac{WWC}{\frac{DEP}{100}} \quad (3.1-13)$$

Im Folgenden wird für den Jahresnutzungsgrad der Luft-Wasser-Wärmepumpe ein Wert von 230% herangezogen und für den Jahresnutzungsgrad des Warmwasserboilers 73%. Der angenäherte Jahresnutzungsgrad eines elektrischen Warmwasserboilers errechnet sich dabei aus den Bereitschaftsverlusten von 2,5 kWh [145] pro Tag für einen Boiler²³ und der Wasserwärmemenge von 2.423 kWh (die mit einem Jahresnutzungsgrad von 100% aufbereitet wird).

Daraus ergibt sich ein Endenergieverbrauch von 3.335 kWh jährlich. Bezogen auf die nachgefragte Wasserwärmemenge von 2.423 kWh entspricht dies einem

²³Es wird angenommen, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe immer einen großen elektrischen Boiler ersetzt und keine Kleingeräte unter 100 Liter.

Jahresnutzungsgrad von 73%.

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Energieeinsparung bei Tausch eines Warmwasserboilers in Ein- bzw. Zweifamilienhäusern durch Luft-Wasser-Wärmepumpen von

$$yESu = \frac{2.423}{\frac{73}{100}} - \frac{2.423}{\frac{230}{100}} = 2.281 \text{ kWh} \quad (3.1-14)$$

Diese Einsparung von 2.281 kWh ist wie bei allen Berechnungen als Durchschnittswert zu verstehen und kann je nach Personenzahl, Wasserverbrauch und -temperatur von diesem Durchschnitt abweichen.

3.1.1.6.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Die Kosten für den Austausch einer dezentralen elektrischen Warmwasserbereitungsanlage auf eine effiziente Warmwasser-Luft-WP setzten sich aus den Listenpreisen der Hersteller und den Personalkosten für den Anlagentausch zusammen. Weitere Nebenkosten sind für Kleinmaterial und die Inbetriebnahme der Anlage zu veranschlagen.

Tabelle 3.1-45: Abschätzung der Gesamtkosten für den Austausch von elektrischer Warmwassererzeugung durch Luft-Wärmepumpen

Modellname	Europa 302	Dimplex	Wärme- pumpe VT 157	VWL BM	WPK 300 E-LF	DURCHSCHNITT
Marke	Ochsner	30 HLW BWP	Hoval	Vaillant	AE Wärme- pumpe	
Listenpreis laut Hersteller [€]	2.964,00	1.799,00	2.525,47	2.202,48	2.114,28	2.321,05
Installationskosten der Wärmepumpe inkl. Kleinmaterial und Inbetriebnahme [€]						600,00
Summe [€]						2.921,05

Quelle: [169], [98], [235], [62]

In den weiteren Berechnungen wird angenommen, dass sich der Listenpreis der Anlage auf 2.320 € beläuft und für Installationskosten, Kleinmaterial und die Inbetriebnahme der Anlage 600 € zu veranschlagen sind. Weitere Annahmen sind:

- Die realisierbare Energieeinsparung wurde bereits weiter oben mit 2.281 kWh/Jahr berechnet.
- Die Lebensdauer einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beträgt 17 Jahre.
- Die Kosten einer energieeffizienten Luft-Wasser-Wärmepumpe inklusive Montage, Kleinmaterial und Inbetriebnahme belaufen sich auf 2.920 €.
- Der Zinssatz liegt über die gesamte Laufzeit bei 4,5%.
- Die Preissteigerungen werden mit 3 bzw. 10% angenommen.

Die mittleren Gerätekosten werden laut Tabelle 3.1-45 mit 2.320 € angenommen, wobei durchschnittliche Installationskosten der Wärmepumpe inkl. Kleinmaterial und Inbetriebnahme von 600 € angenommen werden. Daraus ergeben sich Kosten in Höhe von 2.920 € pro vorzeitig installierter Luft-Wärmepumpen. Die reinen zusätzlichen Kosten für die Installation der Luft-Wärmepumpe errechnen sich aus dem höheren Preis für die Luft-Wärmepumpe im Vergleich zu modernen Standardpumpen.

Im Folgenden wird deshalb die Wirtschaftlichkeit sowohl eines vorzeitigen Geräteausbaus als auch die Wirtschaftlichkeit der Mehrinvestition in eine Luft-Wärmepumpe bei notwendiger Neuanschaffung nach Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts dargestellt.

Der Barwert der Einsparung durch die Verbrauchverringung bei elektrischer

Warmwassererzeugung wird gemäß der Lebensdauer von Luft-Wärmepumpe von 17 Jahren berechnet. Während dieser Lebensdauer spart eine Luft-Wärmepumpe durchschnittlich 4.800 € durch die verringerten Betriebskosten. Dies ergibt unter Berücksichtigung der im vorrangegangenen Absatz ermittelten Kosten von 2.920 € für einen vorzeitigen Geräteaustausch.

Mit der Annahme der Preissteigerung von 3 bzw. 10% werden gemäß der Lebensdauer von Luft-Wärmepumpe von 17 Jahren eine Einsparung von durchschnittlich 6.050 bzw. 10.500 €.

3.1.1.7 Tausch dezentrale elektrische Warmwasserbereitung in Wohnungen auf effiziente Neugeräte

3.1.1.7.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Im folgenden Abschnitt werden elektrische Warmwasserboiler betrachtet. Ineffiziente Warmwasserboiler unterscheiden sich von effizienten Warmwasserboilern primär in der Höhe der Bereitschaftsverluste. Die Erwärmung des Warmwassers erfolgt bei beiden Boilertypen mit annähernd 100% Wirkungsgrad. Aus diesem Grund wird bei Berechnung der Einsparungen für diesen Maßnahmentyp ein Vergleich der Bereitschaftsverluste herangezogen. Dieser Vergleich wird für 3 verschiedene Boilergrößen durchgeführt, die häufig in Wohnungen eingesetzt werden.

3.1.1.7.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Die Bereitschaftsverbräuche können Tabelle 3.1-46 entnommen werden.

Tabelle 3.1-46: Defaultwerte für die Bereitschaftsverluste von elektrischen Warmwasserboilern.

Boilervolumen	Bereitschaftsverbrauch ineffizienter Boiler / Tag	Bereitschaftsverbrauch effizienter Boiler / Tag ^b	Jährliche Endenergieeinsparung
≤ 10l	0,70 kWh	0,25 kWh	164 kWh
> 10l & ≤ 100l	2,20 kWh	0,60 kWh	584 kWh
> 100l ^a	2,50 kWh	0,75 kWh	639 kWh

a) in dieser Klasse wurden teilweise stark heterogene Gerätegrößen zusammengefasst. Der hier angegebene Wert entspricht einer konservativen Aufteilung zwischen kleineren und sehr großen Boilern.

b) Siehe www.topprodukte.at.

3.1.1.7.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Von allen hier dargestellten Energieeffizienz-Maßnahmen verlangt der Austausch von ineffizienten elektrischen Warmwasserboilern auf effiziente Neugeräte gemeinsam mit dem in Kapitel 3.1.1.3 dargestellten Umwälzpumpentausch die geringsten baulichen Veränderungen. Zu den Kosten für das Neugerät kommen hier lediglich Montagekosten in überschaubarem Ausmaß.

Die Kosten für den Austausch werden entsprechend der Bewertungssystematik in Kapitel 3.1.1.2.2 in drei Boilervolumens-Klassen unterteilt. Die veranschlagte Installationsdauer wurde diesen drei Kategorien angepasst. Für einen Überblick der Kosten dieser Boilerneuinstallationen siehe Tabelle 3.1-47.

Tabelle 3.1-47: Kosten für Anschaffung und Installation effizienter elektrischer Warmwasserboiler.

Boilervolumen	Anschaffungskosten	Montagekosten ^a	Gesamtkosten
≤ 10l	150 €	26 € ^b	176 €
> 10l & ≤ 100l	650 €	80 € ^c	730 €
> 100l ^e	850 €	120 € ^d	970 €

a) die Kosten einer Installateurstunde wurden hier mit 80 € angenommen.

b) es wurde angenommen, dass 2 von 3 Kleinboiler ohne zugekaufte Installateursleistung montiert und in Betrieb genommen werden. Für die Kosten einer Installation durch einen Fachbetrieb wurde pauschal eine Stunde angesetzt.

c) es wurde angenommen, dass für die Installation eines Boilers dieser Kategorie durchschnittlich eine Installateurstunde in Anspruch genommen wird.

d) es wurde angenommen, dass für die Installation eines Boilers dieser Kategorie durchschnittlich anderthalb Installateurstunden in Anspruch genommen werden.

e) in dieser Klasse wurden teilweise stark heterogene Gerätegrößen zusammengefasst. Der hier angegebene Wert entspricht einer konservativen Aufteilung zwischen kleineren und sehr großen Boilern.

Für den Verlauf der Preissteigerung bei Strom werden drei Szenarien analysiert. Es werden hier jährliche Steigerung von 0%, 3% und 10% betrachtet. Daraus ergeben sich die möglichen monetären Einsparungen über die 17-jährige Lebensdauer der Energieeffizienz-Maßnahme „Boilertausch“, diese können Tabelle 3.1-48 entnommen werden.

Die Berechnungen zeigen deutlich, dass der Austausch ineffizienter elektrischer Boiler durch effiziente Neugeräte aus Sicht des Kunden große monetäre Einsparungen mit sich führt. Selbst bei konstantem Strompreisanstieg während der Lebensdauer der Geräte von 3% jährlich kann bei Kleinboilern mit einer Gesamtersparnis von etwa 120 € bei mittelgroßen Boilern mit einer Gesamtersparnis von etwa 380 € und bei sehr großen Boilern mit einer Gesamtersparnis von etwa 250 € gerechnet werden.

Tabelle 3.1-48: Investitionskosten und monetäre Ersparnis effizienter elektrischer Warmwasserboiler.

Boilervolumen	angenommene Strompreis- änderung	gesamte Investitions- kosten	gesamte monetäre Ersparnis durch verringerten Energieverbrauch	Netto-Ersparnis
$\leq 10l$	0%	176 €	350 €	174 €
$\leq 10l$	3%	176 €	435 €	259 €
$\leq 10l$	10%	176 €	758 €	582 €
$> 10l \text{ \& } \leq 100l$	0%	730 €	1.248 €	518 €
$> 10l \text{ \& } \leq 100l$	3%	730 €	1.550 €	820 €
$> 10l \text{ \& } \leq 100l$	10%	730 €	2.698 €	1.968 €
$> 100l$	0%	970 €	1.366 €	396 €
$> 100l$	3%	970 €	1.695 €	725 €
$> 100l$	10%	970 €	2.952 €	1.982 €

3.1.1.8 Verstärkte Nutzung der Solarthermie für Heizung und Warmwasser

Die Aufbereitung von Warmwasser bzw. das Betreiben der Wohn- und Arbeitsraumheizung mittels Solarthermie ist eine umweltschonende, energetisch unabhängige und nach der Installation beinahe kostenfreie Methode zur Deckung des nötigen Energiebedarfs.

3.1.1.8.1 Beschreibung der Systeme und der Literaturwerte

Eine Anlage für Solarthermie setzt sich grundsätzlich aus einem Flüssigkeitskreislauf zusammen, der die Sonnenkollektoren mit der zentralen Speichereinheit (Kessel) verbindet, in der die erzeugte Wärme in das Heizmedium bzw. Warmwasser abgeführt wird.

In thermischen Sonnenkollektoren wird die von der Sonne zur Erde gesandte Strahlungsenergie in die Wärme eines Transportmediums umgewandelt. (Dies sei erwähnt, um eine klare Abgrenzung zur Photovoltaik, also der Umwandlung von Sonnen- in elektrische Energie, zu machen.) Bei den Sonnenkollektoren stehen verschiedene Typen zur Wahl. Kunststoffabsorber werden meist zur effizienten Schwimmbaderwärmung genutzt, die am häufigsten in Familienhäusern angewandten Systeme sind Flachkollektoren zum Einbau in bzw. Aufbau auf Flachdächern und zur Freistellung. Seltener kommen auch Vakuum-Röhrenkollektoren zum Einsatz. Parabolrinnenkollektoren werden kaum verwendet, da deren Nutzung besser für andere Aufgaben geeignet ist, z.B. die Stromerzeugung durch Solarthermie, v.a. in Großanlagen.

Die Anbringung der Kollektoren sollte gewissen technischen und geographischen Erfordernissen entsprechen. Aufstellwinkel von etwa 30 bis 60 Grad vertikal und etwa 160 Grad horizontal (Südsüdwest) scheinen erstrebenswert (die Quellen unterscheiden sich in den Von-bis-Angaben, eine vertikale Neigung von 45 Grad ist aber bei allen innerhalb des angegebenen Bereichs). Diese Vorgabe ergibt sich erstens aus Gründen der nördlichen Breite Österreichs, also der flachen Sonneneinstrahlung am Morgen bzw. Abend und im Winter, zweitens aus Bedingungen des Klimas. (Eine steile Anbringung schützt z.B. vor Schneebedeckung und Hagelschäden.)

Das in den Kollektoren erwärmte Wärmeträgermedium ist meist eine Mischung aus Wasser und einem Zusatzstoff, welcher die Verdampfung und auch das Gefrieren des Wärmeträgermediums und eine Frostsprengung verhindern soll (das Gemisch dehnt sich beim Gefrieren nicht aus). Über einen Temperaturfühler wird die Temperatur im Kollektor ermittelt. Eine drehzahlgeregelte Umwälzpumpe lässt das Wärmeträgermedium nur zirkulieren, wenn die im Kessel zu erwärmende Flüssigkeit nicht wärmer ist als die im Kollektor erzielte Temperatur. **Da gerade im Winter die Leistung der Solarthermie-Anlage gering ist, ist die Installation einer zusätzlichen Heiz- und Warmwasseranlage unausweichlich** (z.B. Pellets, Öl, etc.). Im Sommer kommt es dagegen bei Kombianlagen zu einer Überproduktion der bereitgestellten Wärme, diese kann dann nicht genutzt werden und führt zu Verlusten bei der erzeugten Wärmemenge.

Solange die Temperatur des Wärmeträgermediums in den Kollektoren also höher als die Kesselwasserwärme ist, lässt die Umwälzpumpe das Medium zirkulieren, welches seine Energie über einen Wärmetauscher in den Warmwasserkessel abgibt. Aufgrund der Beimischung eines Zusatzstoffes, aber schon allein aus hygienischen Gründen, sind also die Kreisläufe von Wärmeträger und Warmwasser bzw. Heizung getrennt. Beim Transport vom Wärmekollektor zum -kessel geht viel Energie verloren, daher soll dieser Weg gut isoliert und keinesfalls länger als 50 Meter sein. Auch beim zweiten „Kreislauf“ (Warmwasser bzw. Heizung) sollen die Förderwege minimal ausgelegt sein, um Verluste zu vermeiden.

Einen deutlichen Einfluss auf die Auslegung des Systems hat der Systemzweck, denn die Nutzung der Solarthermie rein für die Warmwasseraufbereitung stellt andere (geringere) Anforderungen an die Größe der Anlage als eine Warmwasseraufbereitung mit Heizungsunterstützung (sowohl in Bezug auf die Kollektoren als auch den Kessel).[264]

3.1.1.8.2 Energetische Maßnahmenbewertung

In diesem Teilkapitel sollen recherchierte Daten in grundlegende, realitätsnahe Annahmen einfließen, auf Grund derer in weiterer Folge die möglichen Einsparungen in Bezug auf Energieverbrauch, Kosten und Gesamtpotential berechnet werden.

3.1.1.8.3 Annahmen

Je nach gewünschter Aufgabe des Kollektors müssen unterschiedlich große Flächen zur Deckung eines gegebenen Wärmebedarfs installiert werden. Diese gewünschten Aufgaben können entweder die Deckung des Warmwasserbedarfs oder eine über dies hinausgehende Unterstützung der Raumheizung sein, aber auch die Integration der Kollektoren in die Fassade ist möglich, was größere Flächen erfordert [78]. Seit 2003 wurden 25% aller angebrachten Anlagen auch für die Unterstützung der Raumheizung ausgelegt. [97]

Durch die unterschiedliche Anbringung entstehen unterschiedliche Wirkungsgrade. Das Maximum wird bei einer eher südlichen (leicht südsüdwestlichen) Ausrichtung und einer vertikalen Neigung von etwa 45 Grad erreicht. Fassadenelemente (Winkel: 90 Grad) liefern zwar in den Sommermonaten deutlich weniger, in der Heizperiode dafür aber mehr Energie. Die Einstrahlung auf nach Süden orientierte Flächen beträgt für eine Neigung von 45 Grad etwa 1200 kWh pro Jahr mit einem Spitzenwert im Sommer, für eine Neigung von 90 Grad etwa 850 kWh pro Jahr mit einer sehr konstanten monatlichen Einstrahlung über das ganze Jahr. Eine Abwägung zur Erreichung des Einsparmaximums ist also notwendig. [32]

Der jährliche thermische Ertrag eines Kollektors unterscheidet sich nach dem Modell: es sei ein Nutzwärmeertrag von **350 kWh pro m² und Jahr für einen Flachkollektor** und

550 kWh pro m² und Jahr für einen Vakuumröhrenkollektor angenommen. [4]

95% der zwischen 1976 und 2008 in Österreich installierten Kollektorfläche entfielen auf Einfamilienhäuser. [97] Als für weitere Berechnungen angenommener Durchschnittsanwender kommen daher nur Einfamilienhäuser in Betracht.

Die Durchschnittswerte für den Warmwasserbedarf schwanken stark zwischen etwa 10 und 70 Liter pro Person und Tag. Die unterschiedlichen Werte über die Menge in Litern resultieren wohl aus unterschiedlichen Berechnungen der Endtemperatur. Da einige Quellen aber eher zu niedrigen Angaben tendieren und das Potential nicht überschätzt werden soll, wird ein Verbrauch von etwa 40 Litern und somit etwa 1,5 kWh angenommen. [79], [113], [79] **Gerade in den Sommermonaten ist daher eine Deckung des Warmwasserbedarfs bei entsprechender Auslegung der Kollektorfläche garantiert.**

Pro Person werden zur ausreichenden Warmwasserbereitung ein Bedarf von 2,0 m² bei Flachkollektoren und ein Bedarf von 1,5 m² bei Vakuumkollektoren angenommen.[79] Im Falle von Mehrfamilienhäusern sind (wahrscheinlich aufgrund verminderter Verbrauchsvarianz) nur 2/3 der Fläche nötig. Die Integration einer Heizungsunterstützung erfordert eine zusätzliche Fläche von etwa 0,15 m² pro m² Wohnfläche. Die für die Brauchwasserwärme benötigte Kollektorfläche sollte zur Heizunterstützung aber maximal um 100%, im Idealfall um nur 50% erweitert werden, um zu hohe Überschüsse im Sommer zu vermeiden. [52] Je nach Fläche sind für einen **Kollektor Kosten zwischen 700 und 1000 Euro pro m²** (inkl. Montage) zu berechnen. Man beachte, dass Förderungen durch die Gebietskörperschaften und Steuerersparnisse noch nicht abgezogen sind. Diese betragen durchschnittlich die Hälfte bis ein Drittel des Anschaffungspreises (s. folgendes Unterkapitel).[211]

Für den Kessel müssen mindestens 50 bis 75 Liter Speicherinhalt pro m² Kollektorfläche berechnet werden. [263] Andere Quellen schlagen 80 bis 100 Liter Speichervolumen pro Person vor, damit der 1 bis 3fache Tagesbedarf gespeichert werden kann. [52] Da eine Solaranlage den Warmwasserbedarf nur im Sommer gänzlich und den Heizbedarf generell nur ansatzweise decken kann, ist das Vorhandensein eines mit einem anderen Energieträger geheizten Kessels unausweichlich. Da dieser **Kessel** also gegeben ist, werden für diesen **keine Kosten** veranschlagt.

Die Nutzungsdauer einer „Solaranlage zur Warmwasseraufbereitung“ liegt bei 19 Jahren. Aufgrund des grundsätzlich gleichen Systemaufbaus soll diese Nutzungsdauer auch für die Heizungsunterstützung verwendet werden.[51]

3.1.1.8.3.1 Energieerzeugung und -einsparung durch Solarthermie

Von einem „Energieverbrauch“ kann im Fall der Solarthermie nicht direkt gesprochen werden, da keine Ressource im Sinn z.B. erneuerbarer oder fossiler Energieträger zur Energieerzeugung zum Einsatz kommt. Einzige große Verbrauchsstelle der Solarthermie ist die Umwälzpumpe, die zur Beförderung des Wärmeträgermediums dient. Effiziente, elektronisch gesteuerte Umwälzpumpen verbrauchen etwa 4% der „Primärenergie“ der Solaranlage, ineffiziente Standardpumpen brauchten noch 15%. [77] Die Stromersparnis

durch die Installation einer modernen Umwälzpumpe rechnet sich meist schon in den ersten beiden Jahren, deren Verbrauch wird daher in Folge vernachlässigt. [14]

Die jährliche Primärenergieeinsparung ist für die Nutzung der Solarthermie schnell errechnet, denn die Einsparung beträgt exakt die durch die Sonnenenergie erzeugten (im Warmwasserspeicher ankommenden) kWh. Werden mit Flachkollektoren jährlich 350 kWh pro m² und Jahr erzeugt, so spart man sich bei sonstiger Nutzung einer Heizkesselanlage mit 85% Nutzungsgrad 412 kWh. [4]

3.1.1.8.4 Abschätzung der Kosten und des Nutzens der Solarthermie

3.1.1.8.4.1 Individuelle Kosteneffizienz

Für die 19 Jahre lange Lebensdauer der Solaranlage fallen nur Instandsetzungs- und keine Wartungskosten an. Je nach Größe der Flachkollektor-Solaranlage schwanken die Kosten für den installierten m² zwischen 700 und 1000 Euro. Ein Kessel ist in diesen Berechnungen nicht enthalten.

Im Folgenden soll angenommen werden, dass das alternative Heizsystem mit einem Nutzungsgrad von 85% arbeitet. Dies würde für einen Flachkollektor eine Primärenergieersparnis von 412 kWh bedeuten. Die weitere Berechnung der Einsparung der Solarthermie im Vergleich zum billigsten und teuersten Alternativsystem (Gas und Strom) ist in Tabelle 3.1-49 dargestellt.

Tabelle 3.1-49: Individuelle Kosteneffizienz eines Systems für Solarthermie im Barwertvergleich. Alle Kosten und Annahmen sind im Text dargestellt.

Individuelle Kosteneffizienz eines Systems für Solarthermie im Barwertvergleich				
	Einheit	SOLARTHERMIE	STROM	GAS
Fixkosten	Euro (pro m ²)	850*	besteht**	besteht**
Endenergieverbrauch	kWh/a	350	350	350
Nutzungsgrad***	%	100	85	85
Primärenergieverbrauch	kWh/a	0	412	412
Heutige Energiekosten	Euro	0	0,1826	0,0644
Abzinsung	%	4,5	4,5	4,5
Szenario 1: Energiepreis: +0%/a Barwert (Kosten)	Euro	850,00	947,41	334,14
Szenario 2: Energiepreis: +3%/a Barwert (Kosten)	Euro	850,00	1.204,72	424,88
Szenario 3: Energiepreis: +10%/a Barwert (Kosten)	Euro	850,00	2.256,98	796,00
* 850 Euro als ungewichteter Schnitt zwischen der (im Text erwähnten) niedrigsten und höchsten Preisangabe 700 bzw. 1000 Euro. ** Da die Solaranlage den Heiz- und Warmwasserbedarf oft nicht bewältigt muss ein anderes Zusatzsystem installiert sein, das bei Nichtexistenz der Solaranlage dessen Anteil ausgleichen müsste. *** Der Nutzungsgrad bei Gas und Strom umfasst eine Mischung aus bestehenden und effizienten Geräten. Bei der Solarthermie stellen die angegebenen 350 kWh den Endertrag dar.				

Aus Tabelle 3.1-49 wird ersichtlich, dass eine Solaranlage gerade für jene, die ihren Warmwasserbedarf mit Strom decken, äußerst interessant ist. Bei der Verwendung des billigsten Energieträgers Gas erscheint ein Umstieg auf die Solarthermie sowohl unter den gegebenen Annahmen als auch bei starken Abweichungen der tatsächlichen Entwicklung von diesen innerhalb der Lebensdauer als nicht lukrativ.

3.1.1.8.4.2 Förderung, Gesamteinsparung

Auf einer vom Lebensministerium unterstützten Homepage wird eine „durchschnittliche Fördersumme“ durch Gebietskörperschaften von 300 Euro (für eine Fläche von 15 m²) bzw. von 480 Euro (für eine Fläche von 6 m²) genannt. [211] Dies ergibt im ungewichteten Schnitt 390 Euro Förderung durch den Gesetzgeber pro am Einfamilienhaus angebrachten m².

Tabelle 3.1-50: Kostenrelevanz der derzeitigen durchschnittlichen Förderung

Derzeitige Fördersummen und deren Kostenrelevanz (in Euro pro installierten m ²)			
	SOLARTHERMIE	STROM	GAS
Durchschnittliche Förderung	- 390	-	-
Szenario 1: Energiepreis: +0%/a tatsächlicher Barwert (Brutto-Kosten)	850,00	947,41	334,14
Szenario 2: Energiepreis: +3%/a tatsächlicher Barwert (Brutto-Kosten)	850,00	1.204,72	424,88
Szenario 3: Energiepreis: +10%/a tatsächlicher Barwert (Brutto-Kosten)	850,00	2.256,98	796,00
Rechnungsfälliger Barwert (Netto-Kosten)	460,00	-	-
Szenario 1: Energiepreis: +0%/a Vorteil zu anderen Energieträgern NACH Förderung	-	+ 487,41	- 125,86
Szenario 2: Energiepreis: +3%/a Vorteil zu anderen Energieträgern	-	+ 744,72	- 35,12
Szenario 3: Energiepreis: +10%/a Vorteil zu anderen Energieträgern	-	+ 1.796,98	+ 336,00

Berechnet man die „durchschnittlichen Förderungen“ (Bemerkungen dazu s. Fußnote²⁴), so ergibt sich (s. Tabelle 3.1-50) ein noch deutlicherer Vorteil bei Strom. Bei Gas ist nach in den Szenarien 1 und 2 getroffenen Annahmen noch immer ein Vorteil dieses Energieträgers zu erkennen, allerdings sinkt dieser mit der Einbeziehung der Förderung auf einen geringen Betrag, was angesichts einer hohen Volatilität zu vernachlässigen ist.

Wichtig erscheint es auch zu erwähnen, dass gerade bei kleinen Quadratmeterzahlen (wenn also nur eine Warmwasserversorgung bezweckt ist) die Förderungen sehr hoch liegen, also wahrscheinlich die Solarthermie gegenüber dem Energieträger Gas auch in den ersten beiden Szenarien lukrativ machen. Bei höheren Quadratmeterzahlen sinkt zwar die Förderung, es entsteht aber ein Vorteil durch die relativ zur Quadratmeteranzahl geringer werdenden Preise und größer werdenden Einsparungen an Energie durch die Unterstützung des Heizsystems. Eine Installation bewegt sich daher entweder im oberen oder unteren Quadratmeterbereich (pro Hausbewohner betrachtet), die oben durchgeführte Durchschnittsrechnung stellt also tatsächlich die **Mindesteinsparung** an Kosten dar.

Für die **gesamtwirtschaftliche Berechnung** seien Angaben der Statistik Austria herangezogen. Demnach gibt es im Jahr 2001 1.513.005 Gebäude mit einer oder zwei Wohnungen in Österreich, deren Eigentümer Privatpersonen sind. [215] Ende 2006 waren 225.000 Anlagen in Ein- oder Zweifamilienwohngebäuden in Betrieb. [97] Diese stellen also kein weiteres Potential mehr dar, womit grob überschlagen mindestens 1,2 Mio. Gebäude verbleiben. Man beachte, dass diese Anzahl nicht das tatsächliche Potential darstellt, und zwar aus diversen Gründen, die gegen eine Installation der Solarthermie sprechen könnten, wie etwa Nordhang- oder Schattenlage (Wald) des Gebäudes oder die individuelle Möglichkeit zur Nutzung energieeffizienterer Methoden.

Daher sei in Tabelle 3.1-51 dargestellt, welche Gesamteinsparung an Energie und Kosten abhängig von der Anzahl der Gebäude möglich wäre. Pro Einfamilienhaus sei eine Installation von 6 m² mit einer Einsparung von 412 kWh pro m² und Jahr angenommen, also 2.472 kWh pro Haus und Jahr. Dies ist eine restriktive Annahme, derzeit sind durchschnittlich 14,66 m² pro Anlage installiert, was einer Einsparung von 6.040 kWh pro Haus gleichkommt.

²⁴ Zitat Homepage: „Förderungen entsprechend dem Österreich-Durchschnitt angesetzt. Beachten Sie auch die technischen Voraussetzungen für die Förderung in den einzelnen Bundesländern. Die angegebenen Preise sind unverbindliche Durchschnittspreise aus der Praxis. Alle Angaben entsprechen einer Modellrechnung und können daher im Einzelfall von dieser abweichen.“

Tabelle 3.1-51: Jährliches Gesamteinsparpotential durch die Installation von Solarthermie

Einsparpotential durch die Installation von Flachkollektoren (in Tausend kWh)		
Potential (Gebäude)	Einsparung bei 6 m²	Einsparung bei 14,66 m²
100.000	247.200	604.000
Derzeitige Einsparung: 225.000	556.200	1.359.000
500.000	1.236.000	3.020.000
750.000	1.854.000	4.530.000
1.000.000	2.472.000	6.040.000
1.200.000	2.966.000	7.248.000

Eine realistische Zahl scheint die Möglichkeit einer Ausstattung von weiteren 500.000 Gebäuden mit einer oder zwei Wohnungen. Die Gesamteinsparung liegt dabei je nach durchschnittlicher Ausstattung zwischen 1,2 und 3 TWh (Millionen kWh). Die Realisierung dieses Potentials scheint aber auch deutlich von den (durch den Gesetzgeber festzulegenden) Förderungen abzuhängen, da die Installation einer Solaranlage ohne diese nur im Fall eines energetisch relativ ineffizienten und daher auch nicht kosteneffektiven Heiz- bzw. Warmwassersystems individuell lukrativ erscheint.

3.1.1.9 Sanierung der Gebäudehülle

3.1.1.9.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Im Rahmen der Sanierung von Altbauten haben Maßnahmen, die an der Gebäudehülle vorgenommen werden, signifikant hohe Endenergieeinsparpotentiale. Beispiele für derartige Maßnahmen sind:

- Austausch von alten Fenstern und Außentüren
- Dämmung der Kellerdecke
- Dämmung der Außenwände
- Dämmung der obersten Geschoßdecke

Im Folgenden werden die realisierbaren Energieeinsparungen sowie die Kosteneffizienz dieser einzelnen Maßnahmen beleuchtet. Weiters wird analysiert, wie die thermische Sanierung eines Gebäudes (Dämmung der Kellerdecke, der obersten Geschoßdecke sowie der Außenwände) und eine Gesamtsanierung des Gebäudes (Fenster- und Außentürentausch sowie thermische Sanierung) auf den Endenergieverbrauch des Gebäudes wirken.

Das folgende Kapitel beinhaltet darüber hinaus auch Informationen über die aktuelle Fördergesetzgebung des Landes Oberösterreich bezüglich der Althausanierung. Betrachtet werden ausschließlich Einfamilienhäuser in Oberösterreich, die in den Jahren 1945 bis 1980 errichtet wurden, da bei diesen Einfamilienhäusern das größte Endenergieeinsparpotential besteht. Die energetischen Effekte der einzelnen Maßnahmen werden auf Basis von Energieausweisen im Detail dargestellt und das durchschnittliche Heizwärmeeinsparpotential wird berechnet.

3.1.1.9.1.1 Beschreibung der verwendeten Modellgebäude

Zur Bestimmung der Höhe der potentiell realisierbaren Einsparungen durch Maßnahmen an der Gebäudehülle wurde ein bestehendes Einfamilienhaus gewählt. Dieses Gebäude wurde im Jahr 1959 im Bezirk Wels-Land errichtet und im Jahr 2004 vollständig saniert.

Dieses ausschließlich zu Wohnzwecken genutzte Gebäude besteht aus zwei beheizten Etagen, einem Dachboden, der nicht für Wohnzwecke ausgebaut ist, und ist vollständig unterkellert. Im Zuge der Sanierung des Gebäudes wurde ein Zubau an das ursprüngliche Gebäude hinzugefügt, wodurch die nutzbare Wohnfläche um einen Wohnraum erweitert werden konnte. Durch die Verwendung des ursprünglichen Gebäudes mit und ohne Zubau können Unterschiede in der Nutzfläche des Gebäudes und deren Auswirkung auf die notwendigen Sanierungsmaßnahmen sowie die zugehörigen Kosten analysiert werden.

Für alle vier Gebäude wurde ein Energieausweis erstellt. In Summe liegen Energieausweise für vier verschiedene Gebäudebauweisen vor:²⁵

- Wohngebäude errichtet im Jahr 1959 ohne Zubau (Modellgebäude 1a)
- Wohngebäude errichtet im Jahr 1959 mit Zubau (Modellgebäude 2a)
- Wohngebäude errichtet im Jahr 1970 ohne Zubau (Modellgebäude 1b)
- Wohngebäude errichtet im Jahr 1970 mit Zubau (Modellgebäude 2b)

Die verwendeten Energieausweise entsprechen allen Anforderungen aus der Gebäudeeffizienz-Richtlinie sowie deren nationaler bzw. oberösterreichischer Umsetzung. An dieser Stelle muss festgehalten werden, dass ein Energieausweis, eine Nutzheizenergiekennzahl unter standardisierten Bedingungen wiedergibt. Unterschiede im Nutzerverhalten können durch einen Energieausweis nicht abgebildet werden. Somit ist es sowohl möglich, dass die tatsächliche Nutzheizenergiekennzahl eines Gebäudes unter, als auch über der berechneten Nutzheizenergiekennzahl liegt.

Für jedes einzelne der vier Gebäude werden dabei wiederum sieben verschiedene Energieausweise, die die folgenden Annahmen widerspiegeln, präsentiert:

- Energieausweis des bestehenden Gebäudes
- Energieausweis nach Gesamtsanierung (thermische Sanierung und Fenster- bzw. Außentürentausch)
- Energieausweis nach thermischer Sanierung
- Energieausweis nach Tausch von Fenstern und Außentüren
- Energieausweis nach Dämmung der Kellerdecke

²⁵ Um die Variationen in der Größe der Einfamilienhäuser mit zu berücksichtigen wird der Kostendurchschnitt aus der Sanierung des Einfamilienwohnhauses des Jahres 1959 berechnet; d.h. es wird jeweils der Durchschnitt aus Modellgebäude 1a und 2a berechnet. Gleiches gilt für das Modellgebäude aus dem Jahr 1970.

- Energieausweis nach Dämmung der Geschoßdecken
- Energieausweis nach Dämmung der Außenwände

Durch diese detaillierte Unterteilung in einzelne Sanierungsmaßnahmen und deren Effekte auf die Nutzenergiekennzahl ist es möglich, die Kosteneffizienz der Einzelmaßnahmen darzustellen und dadurch aufzuzeigen, welche Einzelmaßnahmen bei Betrachtung ihrer Kosteneffizienz Priorität bei einer Teilsanierung eines bestehenden Einfamilienhauses haben sollten.

Im Folgenden werden nun die vier gewählten Einfamilienhäuser dargestellt und die Ergebnisse der Berechnungen für die Energieausweise präsentiert.

3.1.1.9.1.1.1 Allgemeine Charakteristika der Modellgebäude 1a und 1b

Die Bruttogrundfläche²⁶ beträgt 198 m², wobei das Erdgeschoß eine Bruttogrundfläche von 99,32 m² und eine Höhe von 3,1 m hat und das Obergeschoß eine Bruttogrundfläche von 99,32 m² und eine Höhe von 2,8 m. Die Nettowohnfläche beläuft sich auf ca. 160 m².

Das beheizte Bruttovolumen des Gebäudes beträgt 585 m³. Diese grundlegenden Eigenschaften des Gebäudes gelten sowohl für das Gebäude bei Baujahr 1959 als auch bei Baujahr 1970.

Die folgenden Angaben über die energetischen Charakteristika der Modellgebäude 1a und 1b entstammen den beiden Energieausweisen für die Gebäude, die unter der Annahme erstellt wurden, dass bei Modellgebäude 1a seit der Errichtung im Jahr 1959 keine Sanierungsmaßnahmen gesetzt wurden und, dass bei Modellgebäude 1b seit 1970 keine Maßnahmen gesetzt wurden.

²⁶ Die Bruttogrundfläche umfasst alle Geschoßflächen eines Gebäudes, wobei bei der Berechnung der Geschoßflächen die Gebäudeaußenabmessung inkludiert wird; d.h. Verputz und Oberflächenverkleidung der Außenwände werden berücksichtigt.

Tabelle 3.1-52: Bauteile, Flächen und U-Werte der Modellgebäude 1a und 1b (Bestand)

Baujahr des Gebäudes		1959	1970
	Fläche in m ²	W/m ² K	W/m ² K
Außenwand	212,65	1,166	1,005
2-Flügelfenster	5,67	2,5	2,5
1-Flügelfenster	2,86	2,5	2,5
1-Flügelfenster	5,72	2,5	2,5
2-Flügelfenster	3,78	2,5	2,5
1-Flügelfenster	2,86	2,5	2,5
1-Flügelfenster	1,44	2,5	2,5
1-Flügelfenster	1,08	2,5	2,5
Terrassentür 1-Flügel	2,31	2,5	2,5
Terrassentür 2-Flügel	3,52	2,5	2,5
Eingangstür	2,23	2,5	2,5
Oberste Geschoßdecke	99,32	0,55	0,65
Kellerdecke	99,32	1,35	0,8

Modellgebäude 1a hat eine Nutzenergiekennzahl von 216 kWh/m²/a und Modellgebäude 1b hat eine Nutzenergiekennzahl von 185 kWh/m²/a.

3.1.1.9.1.1.2 Allgemeine Charakteristika der Modellgebäude 2a und 2b

Die Bruttogrundfläche²⁷ beträgt 228 m², wobei das Erdgeschoß eine Bruttogrundfläche von 128,7 m² und eine Höhe von 3,1 m hat und das Obergeschoß eine Bruttogrundfläche von 99,32 m² und eine Höhe von 2,8 m aufweist. Die Nettowohnfläche beläuft sich auf ca. 180 m².

Das beheizte Bruttovolumen des Gebäudes (das Volumen des Erd- und des Obergeschosses) beträgt 677 m³. Diese grundlegenden Eigenschaften des Gebäudes gelten sowohl für das Gebäude bei Baujahr 1959 als auch bei Baujahr 1970.

Die folgenden Angaben über die energetischen Charakteristika der Modellgebäude 2a und 2b entstammen wiederum den beiden Energieausweisen für die Gebäude, die unter der Annahme erstellt wurden, dass bei Modellgebäude 2a seit der Errichtung im Jahr 1959 keine Sanierungsmaßnahmen gesetzt wurden und, dass bei Modellgebäude 2b seit 1970 keine Maßnahmen gesetzt wurden.

Die Fläche der Bauteile sowie die zugehörigen U-Werte (in W/m²K) der Modellgebäude 2a und 2b werden in der folgenden Tabelle gezeigt.

²⁷ Die Bruttogrundfläche umfasst alle Geschossflächen eines Gebäudes, wobei bei der Berechnung der Geschossflächen die Gebäudeaußenabmessung inkludiert wird; d.h. Verputz und Oberflächenverkleidung der Außenwände werden berücksichtigt.

Tabelle 3.1-53: Bauteile, Flächen und U-Werte der Modellgebäude 2a und 2b

Baujahr des Gebäudes		1959	1970
	Fläche in m ²	W/m ² K	W/m ² K
Außenwand	220,52	1,166	1,005
2-Flügelfenster	5,67	2,5	2,5
1-Flügelfenster	2,86	2,5	2,5
1-Flügelfenster	2,86	2,5	2,5
2-Flügelfenster	3,78	2,5	2,5
1-Flügelfenster	2,86	2,5	2,5
1-Flügelfenster	1,44	2,5	2,5
1-Flügelfenster	1,08	2,5	2,5
Terrassentür 1-Flügel	2,31	2,5	2,5
Terrassentür 2-Flügel	3,52	2,5	2,5
Terrassentür 2-Flügel	3,52	2,5	2,5
Eingangstür	2,23	2,5	2,5
Oberste Geschoßdecke	131,25	0,55	0,65
Wand zum Dachraum	20,57	1,302	0,922
Kellerdecke	128,7	1,35	0,8

Das Modellgebäude 2a hat eine Nutzenergiekennzahl von 220 kWh/m²/a, das Modellgebäude 2b wiederum hat eine etwas geringere Nutzheizenergiekennzahl von 186 kWh/m²/a.

3.1.1.9.2 Realisierbare Endenergieeinsparung durch Sanierungsmaßnahmen an den Gebäuden auf Basis der Energieausweise

Wie einleitend bereits beschrieben wurde, basiert die Berechnung der Energieeinsparungen, die durch einzelne Sanierungsmaßnahmen erzielt werden können, auf Energieausweisen, die von dem Linzer Unternehmen ifea für Kollmann (2008) zur Verfügung gestellt wurden. Im Folgenden werden die Ergebnisse, die diesen Energieausweisen entnommen werden können, dargestellt. Auf eine detaillierte Beschreibung der Gestaltung und des Inhaltes von Energieausweisen, sowie den dem Energieausweis zugrunde liegenden Berechnungsmethoden wird an dieser Stelle verzichtet. Siehe hierzu Kollmann (2008).

3.1.1.9.2.1 Ersatz von Fenstern und Außentüren

In Abbildung 3.1-11 werden die Nutzheizenergiekennzahlen der vier Modellgebäude vor und nach dem Fenster- und Außentürentausch einander gegenübergestellt. Die Reduktion der Nutzheizenergiekennzahl beträgt bei

- Modellgebäude 1a 11,6%,
- Modellgebäude 1b 13,5%,
- Modellgebäude 2a 10,0%,
- Modellgebäude 2b 11,3%.

Abbildung 3.1-11: Reduktion der NEZ durch Einbau von neuen Fenstern und Außentüren

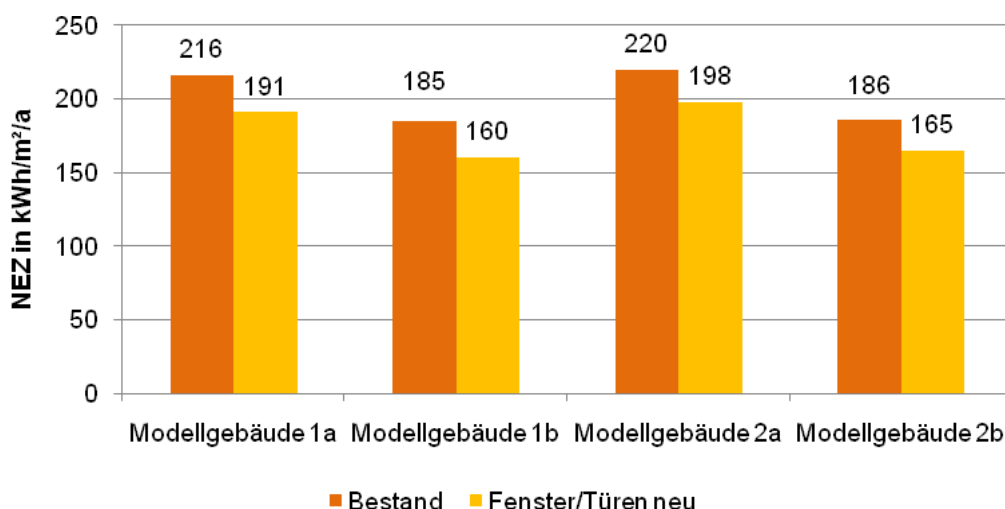


Tabelle 3.1-54 zeigt die gesamte jährliche Heizwärmeeinsparung, die durch den Fenster- und Außentürentausch gemäß den Energieausweisen möglich ist.

Tabelle 3.1-54: Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch Fenster- und Außentürentausch

Reduktionspotential	in kWh	In % des Ausgangsverbrauchs
Modellgebäude 1a (Baujahr 1959)	5.454	11.5%
Modellgebäude 1b (Baujahr 1970)	5.440	13.4%
Modellgebäude 2a (Baujahr 1959)	5.448	9.9%
Modellgebäude 2b (Baujahr 1970)	5.437	11.6%

Für die weiteren Analysen wird auf Basis dieser Berechnungen angenommen, dass ein **Fenster- und Außentürentausch** bei einem Einfamilienhaus aus den beiden Bauperioden 1945 bis 1960 und 1961 bis 1980 im Durchschnitt zu einer jährlichen Energieeinsparung von **5.400 kWh** führt. Dies entspricht einer Einsparung von ca. **11,5%** gegenüber dem Status-quo.

3.1.1.9.2.2 Dämmung der Kellerdecke

In Abbildung 3.1-12 werden die Nutzheizenergiekennzahlen der vier Modellgebäude vor und nach der Dämmung der Kellerdecke einander gegenübergestellt. Die Reduktion der Nutzheizenergiekennzahl beträgt bei

- Modellgebäude 1a 16,2%,
- Modellgebäude 1b 9,7%,
- Modellgebäude 2a 17,7% und bei
- Modellgebäude 2b 10,8%.

Abbildung 3.1-12: Reduktion der NEZ durch Dämmung der Kellerdecke

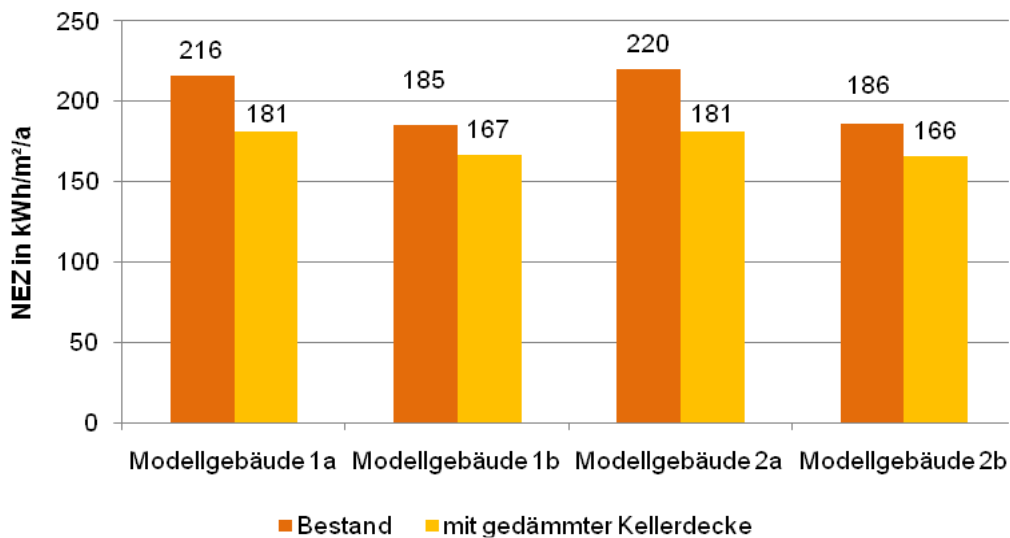


Tabelle 3.1-55 zeigt die gesamte jährliche Heizwärmeeinsparung, die durch die Kellerdämmung gemäß den Energieausweisen möglich ist.

Tabelle 3.1-55: Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch Dämmung der Kellerdecke

Reduktionspotential	in kWh	in % des Ausgangsverbrauchs
Modellgebäude 1a (Baujahr 1959)	7.574	16,0%
Modellgebäude 1b (Baujahr 1970)	3.935	9,7%
Modellgebäude 2a (Baujahr 1959)	9.839	17,8%
Modellgebäude 2b (Baujahr 1970)	5.107	10,9%

Für die weiteren Analysen wird auf Basis dieser Berechnungen angenommen, dass eine Dämmung der Kellerdecke bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1945 bis 1960 im Durchschnitt zu einer jährlichen Energieeinsparung von **8.700 kWh** führt und bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1961 bis 1980 zu einer durchschnittlichen jährlichen Einsparung von **4.500 kWh**. Dies entspricht im Fall der beiden Modellgebäude, die 1959 gebaut wurden einer jährlichen Einsparung in Höhe von ca. 17% gegenüber dem Status-quo. Im Fall der Modellgebäude aus dem Jahr 1970 entspricht dies einer Einsparung von 10% gegenüber dem Status-quo.

3.1.1.9.2.3 Dämmung der obersten Geschoßdecke

Im Folgenden werden die energetischen Einsparungen, die durch die Dämmung der obersten Geschoßdecke realisiert werden können, dargestellt. Die hierfür verwendeten Daten basieren auf den in Kollmann (2008) gezeigten Modellgebäuden und den für diese Gebäude gewählten Annahmen. Diese Annahmen über die U-Werte der einzelnen Bauteile der Gebäude unterliegen eigenen Einschätzungen der Autorin und der an der Erstellung der Energieausweise beteiligten Experten und können sich naturgemäß zwischen individuellen Gebäuden stark unterscheiden.

Welche Unterschiede in der realisierbaren Energieeinsparung und in weiterer Folge der Kosteneffizienz einer Sanierungsmaßnahme liegen können, wird in Kapitel 3.1.1.9.3.1.3 im Rahmen eines Exkurses am Beispiel der Dämmung der obersten Geschoßdecke gezeigt.

In Abbildung 3.1-13 werden die Nutzheizenergiekennzahlen der vier Modellgebäude vor und nach der Dämmung der Geschoßdecken einander gegenübergestellt. Die Reduktion der Nutzheizenergiekennzahl beträgt bei

- Modellgebäude 1a 7,8%,
- Modellgebäude 1b 10,8%,
- bei Modellgebäude 2a 9,0% und bei
- Modellgebäude 2b 12,3%.

Abbildung 3.1-13: Reduktion der NEZ durch Dämmung der obersten Geschoßdecke

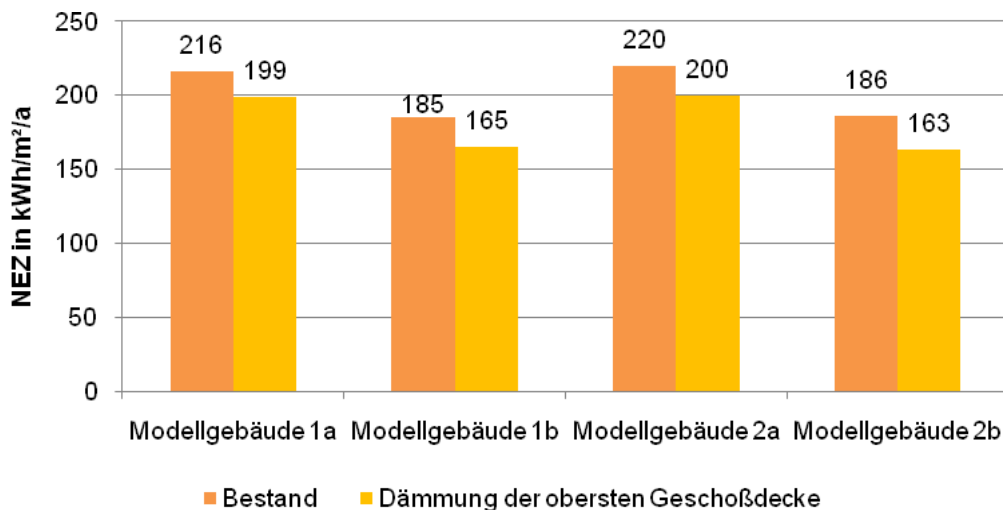


Tabelle 3.1-56 zeigt die gesamte jährliche Heizwärmeeinsparung, die durch die Dämmung der obersten Geschoßdecke gemäß den Energieausweisen möglich ist.

Tabelle 3.1-56: Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke

Reduktionspotential	in kWh	in % des Ausgangsverbrauchs
Modellgebäude 1a (Baujahr 1959)	3.681	7,8%
Modellgebäude 1b (Baujahr 1970)	4.501	11,1%
Modellgebäude 2a (Baujahr 1959)	4.882	8,8%
Modellgebäude 2b (Baujahr 1970)	5.961	12,7%

Für die weiteren Analysen wird auf Basis dieser Berechnungen angenommen, dass eine Dämmung der obersten Geschoßdecke bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1945 bis 1960 im Durchschnitt zu einer jährlichen Energieeinsparung von **4.200 kWh** führt und bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1961 bis 1980 zu einer durchschnittlichen jährlichen Einsparung von **5.200 kWh**. Dies entspricht im Fall der beiden Modellgebäude, die 1959 gebaut wurden einer jährlichen Einsparung in Höhe von ca. 8% gegenüber dem Status-quo. Im Fall der Modellgebäude aus dem Jahr 1970 entspricht dies einer Einsparung von 12% gegenüber dem Status-quo.

3.1.1.9.2.4 Dämmung der Außenwände

In Abbildung 3.1-14 werden die Nutzheizenergiekennzahlen der vier Modellgebäude vor und nach der Dämmung der Außenwände einander gegenübergestellt. Die Reduktion der Nutzheizenergiekennzahl beträgt bei

- Modellgebäude 1a 46,8%,
- Modellgebäude 1b 45,4%,
- Modellgebäude 2a 45,0% und bei
- Modellgebäude 2b 43,6%.

Abbildung 3.1-14: Reduktion der NEZ durch Dämmung der Außenwände

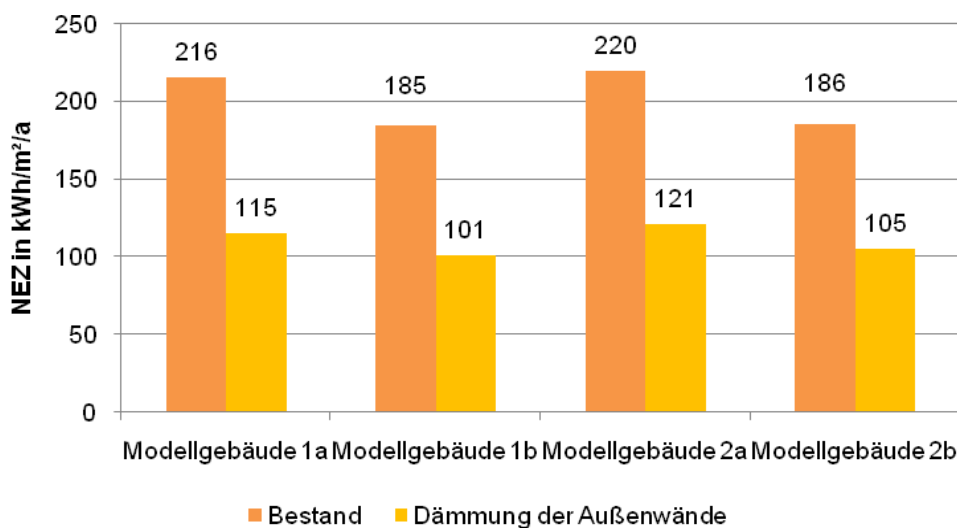


Tabelle 3.1-57 zeigt die gesamte jährliche Heizwärmeeinsparung, die durch die thermische Sanierung der Außenwände gemäß den Energieausweisen möglich ist.

Tabelle 3.1-57: Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch Dämmung der Außenwände

Reduktionspotential	in kWh	in % des Ausgangsverbrauchs
Modellgebäude 1a (Baujahr 1959)	22.053	46,6%
Modellgebäude 1b (Baujahr 1970)	18.333	45,2%
Modellgebäude 2a (Baujahr 1959)	24.967	45,2%
Modellgebäude 2b (Baujahr 1970)	20.404	43,6%

Für die weiteren Analysen wird auf Basis dieser Berechnungen angenommen, dass eine Dämmung der Außenwände bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1945 bis 1960 im Durchschnitt zu einer jährlichen Energieeinsparung von **23.500 kWh** führt und bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1961 bis 1980 zu einer durchschnittlichen jährlichen Einsparung von **19.300 kWh**. Dies entspricht im Fall der beiden Modellgebäude, die 1959 gebaut wurden, einer jährlichen Einsparung in Höhe von ca. 46% gegenüber dem Status-quo. Im Fall der Modellgebäude aus dem Jahr 1970 entspricht dies einer Einsparung von 44% gegenüber dem Status-quo.

3.1.1.9.2.5 Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes

Bei der umfassenden thermischen Sanierung der beiden Modellgebäudetypen werden folgende Maßnahmen gesetzt:

- Thermische Sanierung der Außenwand
- Thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke
- Thermische Sanierung der Kellerdecke
- Thermische Sanierung der Wand zum Dachraum (nur bei Modellgebäudetyp 2)²⁸

Die Wirkung der einzelnen Maßnahmen wurde in den vorangegangenen Unterkapiteln beschrieben. Im Folgenden werden nun die Kennwerte für die zeitgleiche Umsetzung aller aufgelisteten Maßnahmen beschrieben. Die Ergebnisse entsprechen nicht exakt der Summe aller Einzelmaßnahmen, wie sie oben beschrieben wurden, sondern weichen leicht ab. Dies liegt daran, dass sich die Leitwertzuschläge für Wärmebrücken unterschiedlich verändern, wodurch bei einer parallelen Umsetzung aller Maßnahmen leicht abweichende Kennzahlen zustande kommen.

In Abbildung 3.1-15 wird die Veränderung der Nutzheizenergiekennzahlen bei den vier Modellgebäudetypen, die aus einer thermischen Sanierung entsteht, dargestellt. Die Reduktion der Nutzheizenergiekennzahl beträgt bei

- Modellgebäude 1a 70,0%,
- Modellgebäude 1b 65,0%,
- Modellgebäude 2a 70,5% und bei
- Modellgebäude 2b 66,1%.

²⁸ Die Isolierung der Wand zum Dachraum wird nicht gesondert als Einzelmaßnahme betrachtet. Diese Wand hat eine Fläche von ca. 20 m², im Bestand bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1970 einen U-Wert von 0,922 W/m²K und nach der Isolierung einen U-Wert von 0,209 W/m²K.

Abbildung 3.1-15: Reduktion der NEZ durch thermische Sanierung

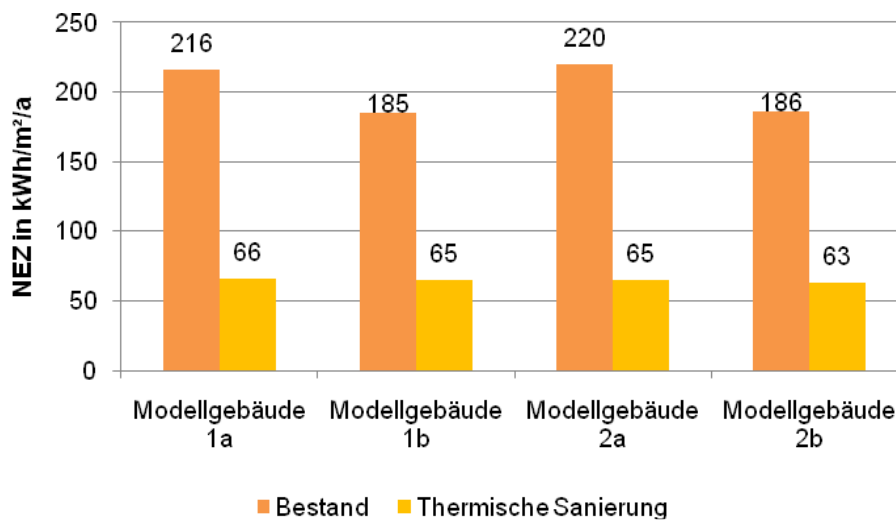


Tabelle 3.1-58 zeigt die gesamte jährliche Heizwärmeeinsparung, die durch die thermische Sanierung gemäß den Energieausweisen möglich ist.

Tabelle 3.1-58: Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch thermische Sanierung

Reduktionspotential	in kWh	in % des Ausgangsverbrauchs
Modellgebäude 1a (Baujahr 1959)	32.791	69,4%
Modellgebäude 1b (Baujahr 1970)	26.367	65,0%
Modellgebäude 2a (Baujahr 1959)	38.883	70,3%
Modellgebäude 2b (Baujahr 1970)	30.808	65,8%

Für die weiteren Analysen wird auf Basis dieser Berechnungen angenommen, dass eine thermische Sanierung bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1945 bis 1960 im Durchschnitt zu einer jährlichen Energieeinsparung von **35.800 kWh** führt und bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1961 bis 1980 zu einer durchschnittlichen jährlichen Einsparung von **28.500 kWh**. Dies entspricht im Fall der beiden Modellgebäude, die 1959 gebaut wurden, einer jährlichen Einsparung in Höhe von ca. 70% gegenüber dem Status-quo. Im Fall der Modellgebäude aus dem Jahr 1970 entspricht dies einer Einsparung von 65% gegenüber dem Status-quo.

3.1.1.9.2.6 Gesamtsanierung (umfassende thermische Sanierung und Fenster- bzw. Außentürentausch)

Bei der Gesamtsanierung der Gebäude werden zusätzlich zu den Maßnahmen, die bei der thermischen Sanierung gesetzt werden, auch alle Fenster und Außentüren getauscht. Somit besteht die Gesamtsanierung aus folgenden fünf Maßnahmen:

- Thermische Sanierung der Außenwand
- Thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke
- Thermische Sanierung der Kellerdecke
- Thermische Sanierung der Wand zum Dachraum (nur bei Modellgebäudetyp 2)
- Tausch aller Fenster und Außentüren

In Abbildung 3.1-16 werden die Nutzheizenergiekennzahlen der vier Modellgebäude vor und nach der Gesamtsanierung gezeigt. Die Einsparungen beim Heizwärmebedarf sind sehr hoch: so ist bei Modellgebäudetyp 1a eine Reduktion der Nutzheizenergiekennzahl in Höhe von 80% möglich, bei Modellgebäudetyp 1b in Höhe von 77%, bei Modellgebäudetyp 2a sind 79% möglich und bei Modellgebäudetyp 2b kann die Nutzheizenergiekennzahl gemäß Energieausweisberechnung um 76% gesenkt werden.

Abbildung 3.1-16: Reduktion der NEZ durch eine Gesamtsanierung

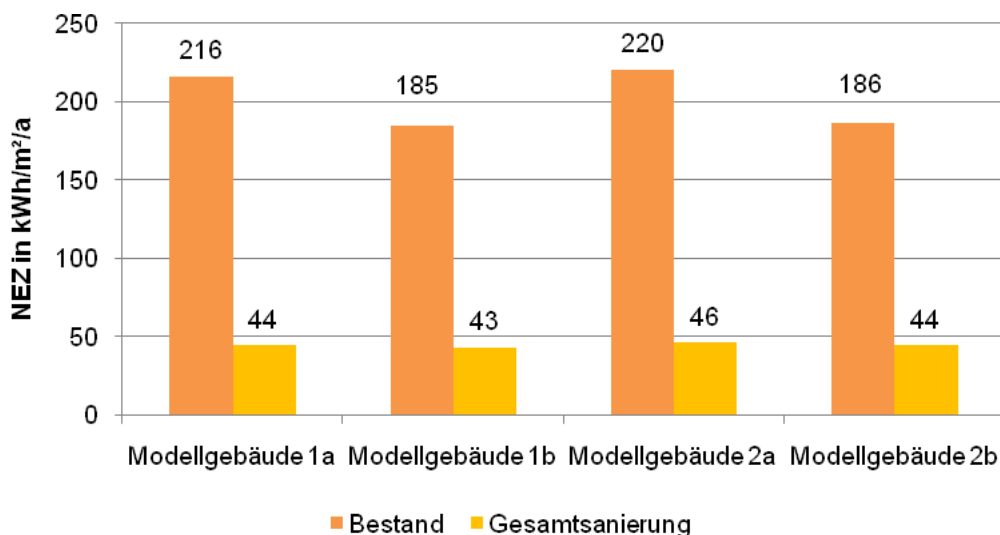


Tabelle 3.1-59 zeigt die gesamte jährliche Heizwärmeeinsparung, die durch die Gesamtsanierung gemäß den Energieausweisen möglich ist.

Tabelle 3.1-59: Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch eine Gesamtsanierung

Reduktionspotential	in kWh	in % des Ausgangsverbrauchs
Modellgebäude 1a (Baujahr 1959)	37.591	79,5%
Modellgebäude 1b (Baujahr 1970)	31.158	76,8%
Modellgebäude 2a (Baujahr 1959)	43.729	79,1%
Modellgebäude 2b (Baujahr 1970)	35.658	76,2%

Für die weiteren Analysen wird auf Basis dieser Berechnungen angenommen, dass eine Gesamtsanierung bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1945 bis 1960 im Durchschnitt zu einer jährlichen Energieeinsparung von **40.600 kWh** führt und bei einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1961 bis 1980 zu einer durchschnittlichen jährlichen Einsparung von **33.400 kWh**. Dies entspricht im Fall der beiden Modellgebäude, die 1959 gebaut wurden, einer jährlichen Einsparung in Höhe von ca. 79% gegenüber dem Status-quo. Im Fall der Modellgebäude aus dem Jahr 1970 entspricht dies einer Einsparung von 76% gegenüber dem Status-quo.

3.1.1.9.2.7 Übersicht zu den Sanierungsmaßnahmen

Die Ergebnisse der Berechnung der Einsparwirkung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen werden in Tabelle 3.1-60 zusammenfassend dargestellt. Als Maßnahme mit der geringsten Einsparwirkung ist die thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke zu bezeichnen. Im Durchschnitt bringt diese eine Reduktion des Heizwärmebedarfs von 10%.

Die einzelnen Maßnahmen in Tabelle 3.1-60 addieren sich nicht auf die Gesamteinsparung, die durch die simultane Umsetzung der einzelnen Maßnahmen erzielt werden kann, weil sich die Leitwertzuschläge für Wärmebrücken unterschiedlich verändern.

Tabelle 3.1-60: Übersicht des Energieeinsparpotentials der einzelnen Maßnahmen

Sanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr ...	1959		1970	
	Einsparung im Vergleich zum Bestand		Einsparung im Vergleich zum Bestand	
	<i>Absolut</i>	<i>in %</i>	<i>Absolut</i>	<i>in %</i>
Verbrauch vor Sanierung	51.300kWh	-	43.700 kWh	-
Dämmung der Außenwände	23.500 kWh	46	19.300 kWh	44
Dämmung der obersten Geschoßdecke	4.200 kWh	8	5.200 kWh	12
Dämmung der Kellerdecke	8.700 kWh	17	4.500 kWh	10
Tausch aller Fenster und Außentüren	5.400 kWh	10,7	5.400 kWh	12,5
Thermische Sanierung	35.800 kWh	70	28.500 kWh	65
Gesamtsanierung	40.600 kWh	78	33.400 kWh	54

Um die Größenordnung dieser Einsparungen hinsichtlich ihrer Plausibilität einordnen zu können, wurden Studien mit einer vergleichbaren Fragestellung analysiert. Eingangs muss jedoch angemerkt werden, dass sich die Details der Fragestellung vor allem in Bezug auf die Ausgangslage und die zu erreichenden Standards nach der Sanierung zwischen den Studien unterscheiden, weshalb keine direkte Vergleichbarkeit besteht.

[111], die in ihrer Studie Sanierungskonzepte für Einfamilienhaus-Siedlungen aus der Bauperiode 1930 bis 1960 untersuchen, zeigen folgendes Einsparpotential einzelner Sanierungsmaßnahmen:

- Dämmung und vollständiger Ausbau des Dachgeschoßes: ca. 30%.
- Zusätzliche Dämmung der Außenwand 66 bis 75%.

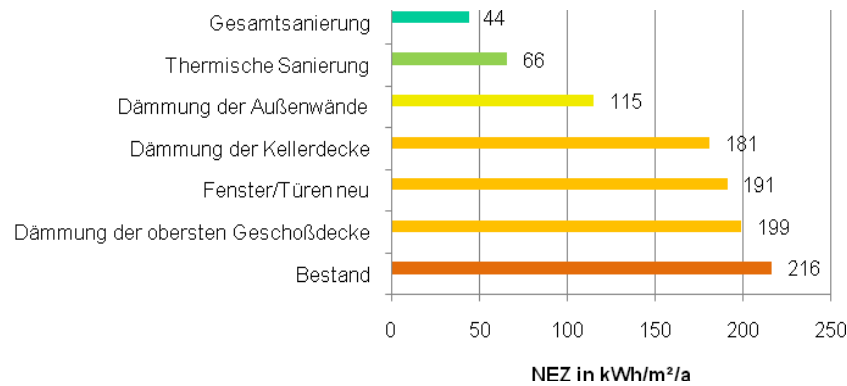
- Dämmung der Kellerdecke: weitere 10%.

[100] untersuchen ebenfalls die potentiellen Einsparungen bei Sanierungsmaßnahmen an Ein- und Zweifamilienwohnhäusern. Sie berechnen für die von ihnen untersuchten 134 Wohngebäude folgende Energieeinspareffekte:

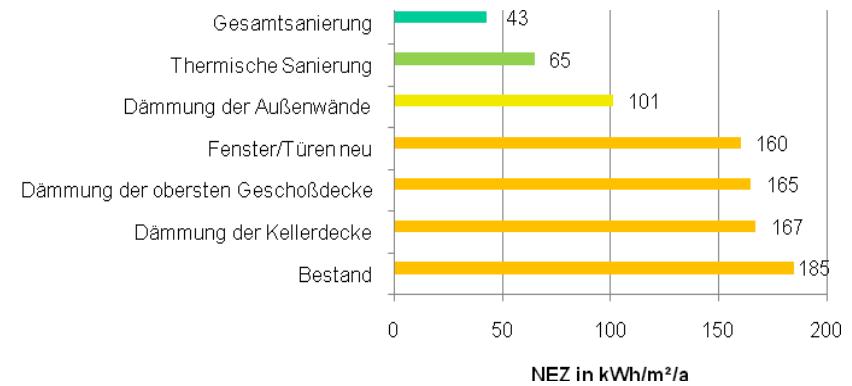
- Fenster: im Mittel 10% (Standardabweichung: +/- 5)
- Oberste Geschoßdecke: 14% (Standardabweichung: +/- 8,5)
- Außenwände: 10 bis 50%
- Summe aller drei Maßnahmen: 30 bis 70%

Die für die vorliegenden Modellgebäude errechneten Einsparungen bewegen sich im Rahmen der Ergebnisse anderer Studien, wenngleich angemerkt werden muss, dass die Bandbreite der Einsparungen, wie sie zum Beispiel in [100] gezeigt wird, von Fall zu Fall sehr verschieden sein kann. Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Beurteilung der Realitätsnähe der errechneten Einsparung ist, dass die auf Basis des Energieausweises berechneten Einsparungen ein technisches Potential angeben, das unter standardisierten Bedingungen möglich ist. Das individuelle Nutzerverhalten, das potentiell großen Einfluss auf die tatsächlich erzielten Energieeinsparungen hat, kann im Rahmen eines Energieausweises nicht berücksichtigt werden. Auch im Zuge der vorliegenden Arbeit wird auf eine detaillierte Diskussion dieses in der Literatur umfangreich analysierten Themas verzichtet. Verwiesen werden kann hierzu auf eine Fülle von Arbeiten, wie etwa von [107], die die Unterschiede zwischen berechneten und tatsächlichen Energieeinsparungen auf Basis von Modellhäusern für Österreich darstellen, oder einer Arbeit von [119], der diese Analyse für England durchführt. [89] analysieren ebenfalls den Einfluss des Konsumentenverhaltens auf den Energiebedarf der Haushalte. [27] stellen die Thematik ebenfalls umfassend und aus theoretischer Sicht dar und geben darüber hinaus einen Literaturüberblick.

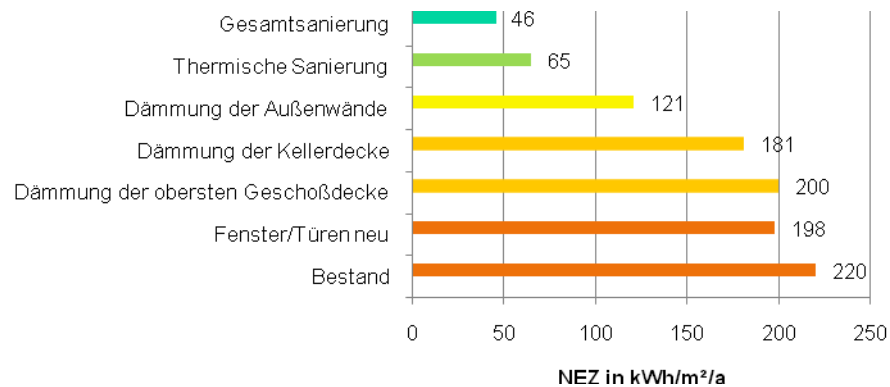
Sanierungsmaßnahmen Modell 1a



Sanierungsmaßnahmen Modell 1b



Sanierungsmaßnahmen Modell 2a



Sanierungsmaßnahmen Modell 2b

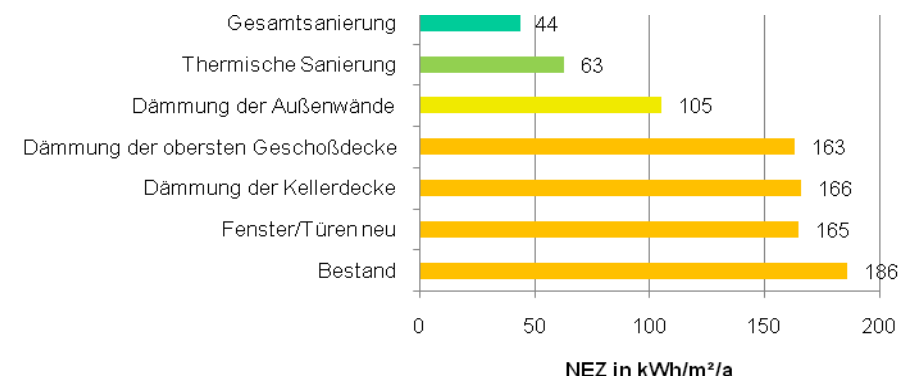


Abbildung 3.1-17: Die Veränderung der Nutzheizenergiekennzahl bei Realisierung einzelner Sanierungsmaßnahmen und einer Gesamtsanierung

3.1.1.9.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahmen

Zur Bestimmung der Kosten der einzelnen Sanierungsmaßnahmen wurden Angebote bei oberösterreichischen Unternehmen eingeholt, welche sowohl Material- als auch Arbeitskosten sowie Entsorgungskosten im Fall der ersetzten Fenster und Außentüren beinhalten. Alle Kosten verstehen sich inklusive Mehrwertsteuer.

Grundsätzlich ist auch anzumerken, dass bei den Angeboten jeweils auf die einfachste Ausführung des Bauteils geachtet wurde, rein dekorative Elemente wie Fensterkreuze oder besonders gearbeitete Eingangs- und Terrassentüren wurden bei der Einholung der Angebote explizit ausgeschlossen.

Kosten der Sanierungsmaßnahme Fenster- und Außentürentausch

Inkl. Mehrwertsteuer für beide Modellhäuser: 15.600 €

Kosten der Sanierungsmaßnahme Dämmung der Kellerdecke

Inkl. Mehrwertsteuer für beide Modellhäuser: 6.000 €

Kosten der Sanierungsmaßnahme Dämmung der obersten Geschoßdecke

Inkl. Mehrwertsteuer für beide Modellhäuser: 7.000 €

Bei der Maßnahme „Dämmung der obersten Geschoßdecke“ muss zwischen den beiden Modellgebäudetypen unterschieden werden, da die in den beiden betrachteten Bauperioden 1945 bis 1960 sowie 1961 bis 1980 verwendeten Baumaterialien unterschiedliche Dämmwerte aufweisen. So ist das Modellgebäude aus dem Jahr 1970 bereits deutlich besser gedämmt als das Modellgebäude aus dem Jahr 1959, weshalb der Sanierungsaufwand bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1970 geringer ist.

Kosten der Sanierungsmaßnahme Dämmung der Außenwände

Inkl. Mehrwertsteuer für Modellhaus BJ 1959: 19.200 €

Inkl. Mehrwertsteuer für Modellhaus BJ 1970: 18.360 €

Kosten der umfassenden thermischen Sanierung

Inkl. Mehrwertsteuer für Modellhaus BJ 1959: 35.860 €

Inkl. Mehrwertsteuer für Modellhaus BJ 1970: 32.000 €

Kosten der Gesamtsanierung

Inkl. Mehrwertsteuer für Modellhaus BJ 1959: 42.800 €

Inkl. Mehrwertsteuer für Modellhaus BJ 1970: 42.000 €

3.1.1.9.3.1 Kosteneffizienz der Sanierungsmaßnahmen

Als Methode der Bewertung des monetären Wertes der zukünftigen Energieeinsparungen wird die klassische Barwertmethode herangezogen. Mit dieser wird der monetäre Wert der zukünftigen Energieeinsparungen gemäß der folgenden Gleichung abdiskontiert um ihn mit der Investitionssumme, die zur Realisierung der Energieeinsparungen notwendig ist, zu vergleichen.

$$V_K = \sum_{t=0}^T CF_t (1+r)^{-t} \quad (3.1-15)$$

wobei V_K dem Barwert der Energieeinsparungen entspricht, CF_t den monetär bewerteten Energieeinsparungen zum Zeitpunkt t , r entspricht dem Diskontsatz und t dem Zeitraum, über den die Investition abdiskontiert wird.

Für die Berechnung des Barwertes der Sanierungsinvestition müssen Annahmen über den Abdiskontierungszeitraum t und den Diskontsatz r getroffen werden. Um den Einfluss des Diskontsatzes auf das Kosten/Nutzenverhältnis zeigen zu können, wird der Barwert unter verschiedenen Diskontsätzen berechnet:

- Variante 1: Diskontsatz = Leitzinssatz des Euroraumes im Jahr 2008 = 4%
- Variante 2: Diskontsatz = Kreditzinssatz für Wohnbau (private Haushalte) = 6%
- Variante 3: Diskontsatz = Literaturwert = 20%.

Der Abdiskontierungszeitraum entspricht bei allen Maßnahmen per Annahme 25 Jahre. Die Energiepreisentwicklung hat wesentlichen Einfluss auf die Rentabilität der Sanierungsmaßnahme, ihr Einfluss wird durch drei verschiedene Preisentwicklungen veranschaulicht:

- Der Preis für Wärme bleibt konstant bei 0,065 €/kWh (gewichteter Heizenergiepreis für die Energieträger Heizöl extraleicht, Erdgas und Fernwärme, Stand: Sommer 2008)
- Der Preis für Wärme steigt pro Jahr um 4%.
- Der Preis für Wärme steigt pro Jahr um 6%.

3.1.1.9.3.1.1 Kosteneffizienz des Tausches von Fenstern und Außentüren

Auf Basis der im vorangegangenen Unterkapitel präsentierten Ergebnisse kann nun das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Sanierungsmaßnahme *Ersatz aller Fenster und Außentüren* bestimmt werden.

Folgende Annahmen werden für die Berechnung getroffen:

Diskontsatz:	4%, 6% und 20%
Lebensdauer:	25 Jahre
Energiepreis:	6,5 Cent je kWh (gewichteter Heizenergiepreis über Heizöl extraleicht, Erdgas und Fernwärme Stand: Sommer 2008).
	Drei Preisszenarien:
	• konstant über Lebensdauer, • + 4% p.a. über Lebensdauer, • + 6% p.a. über Lebensdauer.
Kreditlaufzeit:	15 Jahre
Zinssatz:	6%
Förderkriterium:	1,20 W/m ² K erfüllt
Förderung:	Annuitätenzuschuss in Höhe von 25%.

In Tabelle 3.1-61 werden die Barwerte der Energieeinsparungen in den verschiedenen Szenarien dargestellt. Wie in der Annahmenliste ersichtlich, wurden sowohl die Preisentwicklung, als auch der Diskontsatz variiert. Weiters werden die Barwerte sowohl über einen Zeitraum von 15 Jahren, der der Kreditlaufzeit entspricht, als auch über einen Zeitraum von 25 Jahren (Lebensdauer der Maßnahme) dargestellt.

Tabelle 3.1-61: Barwert der Energieeinsparungen durch Tausch von Fenster und Außentüren, verschiedene Szenarien

Modellgebäude BJ 1959 und 1970		
Barwert der Energieeinsparungen bei:	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €
Diskontsatz 4%, Preis konstant	3.903	5.483
Diskontsatz 6%, Preis konstant	3.409	4.487
Diskontsatz 20%, Preis konstant	1.641	1.737
Diskontsatz 4%, Preis +4%	5.063	8.438
Diskontsatz 6%, Preis +4%	4.362	6.649
Diskontsatz 20%, Preis +4%	1.937	2.132
Diskontsatz 4%, Preis +6%	5.804	10.705
Diskontsatz 6%, Preis +6%	4.967	8.278
Diskontsatz 20%, Preis +6%	2.117	2.394

Die Tabelle illustriert den Einfluss, den Preisentwicklung und Diskontsatz auf den Barwert der Einsparungen haben: je höher der Diskontsatz, umso geringer der Barwert und je höher das Preiswachstum, umso höher der Barwert der Energieeinsparungen. Die Ergebnisse aus Tabelle 3.1-61 müssen den Ergebnissen in der folgenden Tabelle gegenübergestellt werden, um eine Aussage über die Kosteneffizienz der Maßnahme treffen zu können.

Tabelle 3.1-62 stellt die kumulierten Kosten der Sanierungsmaßnahme *Fenster- und Außentürentausch* sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung des potentiellen Annuitätenzuschusses durch das Land OÖ dar.

Tabelle 3.1-62: Kumulierte Kosten der Maßnahme Fenster- und Außentürentausch über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	23.578	17.683
inkl. MwSt +10% Kosten	25.935	19.452
inkl. MwSt -10% Kosten	21.220	15.915

Fazit:

Gegeben die Ergebnisse in Tabelle 3.1-61 und Tabelle 3.1-62 ist die Sanierungsmaßnahme *Tausch aller Fenster und Außentüren* in keinem der gezeigten Szenarien kosteneffizient realisierbar.

Das bedeutet, dass ein Tausch der Fenster und Außentüren vor dem Ablauf der tatsächlichen Nutzbarkeit dieser Bauteile nicht rentabel ist; es bedeutet nicht, dass diese Maßnahme nicht rentabel ist, wenn ohnehin aufgrund des Zustandes der bestehenden

Fenster und Außentüren, neue Fenster und Außentüren eingebaut werden müssten. Darüber hinaus muss bedacht werden, dass der Tausch von Fenster und Außentüren alleine keine hohen Energieeinsparungen mit sich bringt und gerade bei dieser Sanierungsmaßnahme die Differenz zwischen errechneten und tatsächlichen Energieeinsparungen hoch sein kann (z.B. Lüftungsverhalten, ...).

3.1.1.9.3.1.2 Kosteneffizienz: Thermische Sanierung der Kellerdecke

Auf Basis der im vorangegangenen Unterkapitel präsentierten Ergebnisse kann nun das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Sanierungsmaßnahme *Thermische Sanierung der Kellerdecke* bestimmt werden. Folgende Annahmen werden für die Berechnung getroffen:

Diskontsatz:	4%, 6% und 20%
Lebensdauer:	25 Jahre
Energiepreis:	6,5 Cent je kWh (gewichteter Heizenergiepreis über Heizöl extraleicht, Erdgas und Fernwärme Stand: Sommer 2008).
	Drei Preisszenarien:
	■ konstant über Lebensdauer, ■ + 4% p.a. über Lebensdauer, ■ + 6% p.a. über Lebensdauer.
Kreditlaufzeit:	15 Jahre
Zinssatz:	6%
Förderkriterium:	0,35 W/m ² K erfüllt
Förderung:	Annuitätenzuschuss in Höhe von 25%.

In Tabelle 3.1-63 werden die Barwerte der Energieeinsparungen in den verschiedenen Szenarien dargestellt. Wie in der Annahmenliste ersichtlich, wurden sowohl die Preisentwicklung, als auch der Diskontsatz variiert. Weiters werden die Barwerte sowohl über einen Zeitraum von 15 Jahren, der der Kreditlaufzeit entspricht, als auch über einen Zeitraum von 25 Jahren (Lebensdauer der Maßnahme) dargestellt.

Tabelle 3.1-63: Barwert der Energieeinsparungen durch Dämmung der Kellerdecke, verschiedene Szenarien

Barwert der Energieeinsparungen bei:	Modellgebäude BJ 1959		Modellgebäude BJ 1970	
	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €
Diskontsatz 4%, Preis konstant	6.287	8.834	3.252	4.569
Diskontsatz 6%, Preis konstant	5.492	7.229	2.841	3.739
Diskontsatz 20%, Preis konstant	2.644	2.798	1.368	1.447
Diskontsatz 4%, Preis +4%	8.156	13.594	4.219	7.031
Diskontsatz 6%, Preis +4%	7.027	10.712	3.635	5.541
Diskontsatz 20%, Preis +4%	3.121	3.436	1.614	1.777
Diskontsatz 4%, Preis +6%	9.351	17.246	4.837	8.921
Diskontsatz 6%, Preis +6%	8.002	13.337	4.139	6.899
Diskontsatz 20%, Preis +6%	3.411	3.858	1.764	1.995

Anmerkung: Farbcode siehe Unterpunkt Fazit im Folgenden

Die Tabelle illustriert wiederum den Einfluss, den Preisentwicklung und Diskontsatz auf den Barwert der Einsparungen haben: je höher der Diskontsatz, umso geringer der Barwert und je höher das Preiswachstum, umso höher der Barwert der Energieeinsparungen. Die Ergebnisse aus Tabelle 3.1-63 müssen den Ergebnissen in der folgenden Tabelle gegenübergestellt werden, um eine Aussage über die Kosteneffizienz der Maßnahme treffen zu können.

Tabelle 3.1-64 stellt die kumulierten Kosten der Sanierungsmaßnahme *Kellerdeckendämmung* unter verschiedenen Annahmen dar: die Kreditkosten werden sowohl mit als auch ohne dem potentiellen Annuitätenzuschuss durch das Land OÖ betrachtet.

Tabelle 3.1-64: Kumulierte Kosten der Maßnahme Kellerdeckendämmung über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, mit und ohne MwSt

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	9.068	6.801
inkl. MwSt +10% Kosten	9.975	7.481
inkl. MwSt -10% Kosten	8.161	6.121

Fazit:

In Tabelle 3.1-63 wurden die Szenarien, die gegeben die Ergebnisse in Tabelle 3.1-64, auf keinen Fall kosteneffizient realisiert werden können. Klar ersichtlich ist, dass sich die Kellerdeckensanierung im Modellgebäude aus dem Baujahr 1970 über die Kreditlaufzeit nicht rentiert. Über eine Laufzeit von 25 Jahren kann die Maßnahme bei einer Preisentwicklung von 4 – 6% p.a. rentabel sein, wenn ein Annuitätenzuschuss gewährt wird, beziehungsweise, wenn die Kosten der Umsetzung der Maßnahme mindestens 10% unter den berechneten Kosten liegen.

Die Sanierung der Kellerdecke des Modellgebäudes aus dem Jahr 1959 ist bei allen drei Preisentwicklungen sowie bei einem Diskontsatz von 4 oder 6% kosteneffizient über die Kreditlaufzeit realisierbar (teilweise auch ohne Inanspruchnahme des Annuitätenzuschusses).

Zu dieser Maßnahme muss grundsätzlich angemerkt werden, dass sie auch selbstständig durchgeführt werden kann, wenngleich dann die Wahrscheinlichkeit, dass die errechnete Energieeinsparung und die tatsächliche Energieeinsparung stärker divergieren, sicherlich höher ist.

3.1.1.9.3.1.3 Kosteneffizienz Dämmung der obersten Geschoßdecke

Auf Basis der im vorangegangenen Unterkapitel präsentierten Ergebnisse kann nun das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Sanierungsmaßnahme *Thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke* bestimmt werden. Folgende Annahmen werden für die Berechnung getroffen:

Diskontsatz:	4%, 6% und 20%
Lebensdauer:	25 Jahre
Energiepreis:	6,5 Cent je kWh (gewichteter Heizenergiepreis über Heizöl extraleicht, Erdgas und Fernwärme Stand: Sommer 2008). Drei Preisszenarien: ▪ konstant über Lebensdauer, ▪ + 4% p.a. über Lebensdauer, ▪ + 6% p.a. über Lebensdauer.
Kreditlaufzeit:	15 Jahre
Zinssatz:	6%
Förderkriterium:	0,15 W/m ² K erfüllt
Förderung:	Annuitätenzuschuss in Höhe von 25%.

In Tabelle 3.1-65 werden die Barwerte der Energieeinsparungen in den verschiedenen Szenarien dargestellt. Wie in der Annahmenliste ersichtlich, wurden sowohl die Preisentwicklung, als auch der Diskontsatz variiert. Weiters werden die Barwerte sowohl über einen Zeitraum von 15 Jahren, der der Kreditlaufzeit entspricht, als auch über einen Zeitraum von 25 Jahren (Lebensdauer der Maßnahme) dargestellt.

Tabelle 3.1-65: Barwert der Energieeinsparungen durch Dämmung der obersten Geschoßdecke, verschiedene Szenarien

Barwert der Energieeinsparungen bei:	Modellgebäude BJ 1959		Modellgebäude BJ 1970	
	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €
Diskontsatz 4%, Preis konstant	3.035	4.265	3.758	5.280
Diskontsatz 6%, Preis konstant	2.651	3.490	3.283	4.321
Diskontsatz 20%, Preis konstant	1.276	1.351	1.580	1.672
Diskontsatz 4%, Preis +4%	3.938	6.563	4.875	8.125
Diskontsatz 6%, Preis +4%	3.392	5.171	4.200	6.403
Diskontsatz 20%, Preis +4%	1.507	1.659	1.866	2.053
Diskontsatz 4%, Preis +6%	4.514	8.326	5.589	10.308
Diskontsatz 6%, Preis +6%	3.863	6.439	4.783	7.972
Diskontsatz 20%, Preis +6%	1.647	1.862	2.039	2.306

Anmerkung: Farbcode siehe Unterpunkt Fazit im Folgenden.

Die Ergebnisse aus Tabelle 3.1-65 müssen den Ergebnissen in der folgenden Tabelle gegenübergestellt werden, um eine Aussage über die Kosteneffizienz der Maßnahme treffen zu können.

Tabelle 3.1-66 stellt die kumulierten Kosten der Sanierungsmaßnahme *Thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke* unter verschiedenen Annahmen dar: die Kreditkosten werden sowohl mit als auch ohne dem potentiellen Annuitätenzuschuss durch das Land OÖ betrachtet.

Tabelle 3.1-66: Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der obersten Geschoßdecke über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	11.571	8.678
inkl. MwSt +10% Kosten	12.728	9.546
inkl. MwSt -10% Kosten	10.414	7.811

Fazit:

In Tabelle 3.1-65 wurden die Szenarien, die gegeben die Ergebnisse in Tabelle 3.1-66, auf keinen Fall kosteneffizient realisiert werden können. So wird deutlich sichtbar, dass sich für keines der beiden Modellgebäude die Maßnahme *Thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke* kosteneffizient über die Kreditlaufzeit realisieren lässt. Über einen Berechnungszeitraum von 25 Jahren ist die Umsetzung der Maßnahme für das

Modellgebäude aus dem Jahr 1959 bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 4% und 6% bei einem Diskontsatz von 4% rentabel, bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1970 ist Kosteneffizienz ebenfalls bei diesen beiden Szenarien sowie bei einem jährlichen Preiswachstum von 6% und einem Diskontsatz von 6% gegeben.

Wie schon bei der Diskussion der Kosteneffizienz der Dämmung der Kellerdecke muss auch hier grundsätzlich angemerkt werden, dass die Maßnahme selbständig durchgeführt werden kann, wenngleich dann die Wahrscheinlichkeit, dass die errechnete Energieeinsparung und die tatsächliche Energieeinsparung stärker divergieren, sicherlich höher ist, die Kosteneffizienz aber tendenziell eher gegeben sein wird.

3.1.1.9.3.1.4 Kosteneffizienz Dämmung der Außenwände

Auf Basis der im vorangegangenen Unterkapitel präsentierten Ergebnisse kann nun das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Sanierungsmaßnahme *Thermische Sanierung der Außenwände* bestimmt werden. Folgende Annahmen werden für die Berechnung getroffen:

Diskontsatz:	4%, 6% und 20%
Lebensdauer:	25 Jahre
Energiepreis:	6,5 Cent je kWh (gewichteter Heizenergiepreis über Heizöl extraleicht, Erdgas und Fernwärme Stand: Sommer 2008 Drei Preisszenarien: ▪ konstant über Lebensdauer, ▪ + 4% p.a. über Lebensdauer, ▪ + 6% p.a. über Lebensdauer.
Kreditlaufzeit:	15 Jahre
Zinssatz:	6%
Förderkriterium:	0,25 W/m ² K erfüllt
Förderung:	Annuitätenzuschuss in Höhe von 25%.

In Tabelle 3.1-67 werden die Barwerte der Energieeinsparungen in den verschiedenen Szenarien dargestellt. Wie in der Annahmenliste ersichtlich, wurden sowohl die Preisentwicklung, als auch der Diskontsatz variiert. Weiters werden die Barwerte sowohl über einen Zeitraum von 15 Jahren, der der Kreditlaufzeit entspricht, als auch über einen Zeitraum von 25 Jahren (Lebensdauer der Maßnahme) dargestellt.

Tabelle 3.1-67: Barwert der Energieeinsparungen durch Dämmung der Außenwände, verschiedene Szenarien

Barwert der Energieeinsparungen bei:	Modellgebäude BJ 1959		Modellgebäude BJ 1970	
	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €
Diskontsatz 4%, Preis konstant	16.983	23.863	13.948	19.598
Diskontsatz 6%, Preis konstant	14.835	19.527	12.184	16.037
Diskontsatz 20%, Preis konstant	7.142	7.557	5.865	6.207
Diskontsatz 4%, Preis +4%	22.031	36.719	18.094	30.156
Diskontsatz 6%, Preis +4%	18.981	28.936	15.589	23.764
Diskontsatz 20%, Preis +4%	8.431	9.280	6.924	7.622
Diskontsatz 4%, Preis +6%	25.259	46.585	20.745	38.259
Diskontsatz 6%, Preis +6%	21.616	36.026	17.752	29.587
Diskontsatz 20%, Preis +6%	9.214	10.420	7.567	8.558

Anmerkung: Farbcode siehe Unterpunkt Fazit im Folgenden.

Die Ergebnisse aus Tabelle 3.1-67 müssen den Ergebnissen in der folgenden Tabelle gegenübergestellt werden, um eine Aussage über die Kosteneffizienz der Maßnahme treffen zu können.

Tabelle 3.1-68 stellt die kumulierten Kosten der Sanierungsmaßnahme *Dämmung der Außenwände* für das Modellgebäude aus dem Jahr 1959 unter verschiedenen Annahmen dar. Die Kreditkosten werden sowohl mit als auch ohne den potentiellen Annuitätenzuschuss durch das Land OÖ betrachtet.

Tabelle 3.1-69 zeigt die kumulierten Kosten für das Modellgebäude aus dem Jahr 1970.

Tabelle 3.1-68: Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1959

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	29.019	21.764
inkl. MwSt +10% Kosten	31.920	23.940
inkl. MwSt -10% Kosten	26.117	19.588

Tabelle 3.1-69: Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1970

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	27.749	20.812
inkl. MwSt +10% Kosten	30.524	22.893
inkl. MwSt -10% Kosten	24.974	18.731

Fazit:

In Tabelle 3.1-67 wurden die Szenarien, die gegeben die Ergebnisse in Tabelle 3.1-68 und Tabelle 3.1-69, auf keinen Fall kosteneffizient realisiert werden können, grau hinterlegt. Deutlich wird, dass für beide Modellhäuser und über beide betrachteten Laufzeiten die Maßnahmen, die mit einem Diskontsatz von 20% bewertet werden, unrentabel sind.

Die Dämmung der Außenwände ist bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1959 auch im Szenario einer konstanten Preisentwicklung und einem Diskontsatz von 6% nicht kosteneffizient. Bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1970 liegt bei diesen Szenarien auch keine Kosteneffizienz vor, ebenso die Maßnahme bei einem Diskontsatz von 4% und konstanten Preisen sowie bei einem Diskontsatz von 6% und einem jährlichen Preisanstieg von 4% unrentabel.

Deutlich wird jedoch auch, dass von allen bislang betrachteten Maßnahmen die Maßnahme *Dämmung der Außenwände* am ehesten kosteneffizient umzusetzen ist und dies auch in Situationen, bei denen kein Annuitätenzuschuss inkludiert ist.

3.1.1.9.3.1.5 Kosteneffizienz der Thermischen Sanierung

Tabelle 3.1-70 zeigt die Barwerte der Energieeinsparung bei Umsetzung der Maßnahme *Umfassende thermische Sanierung* bei verschiedenen Szenarien.

Tabelle 3.1-70: Barwert der Energieeinsparungen durch umfassende thermische Sanierung, verschiedene Szenarien

	Modellgebäude BJ 1959		Modellgebäude BJ 1970	
Barwert der Energieeinsparungen bei:	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €
Diskontsatz 4%, Preis konstant	25.872	36.353	20.597	28.940
Diskontsatz 6%, Preis konstant	22.600	29.747	17.992	23.681
Diskontsatz 20%, Preis konstant	10.880	11.513	8.661	9.165
Diskontsatz 4%, Preis +4%	33.563	55.938	26.719	44.531
Diskontsatz 6%, Preis +4%	28.916	44.081	23.020	35.092
Diskontsatz 20%, Preis +4%	12.844	14.137	10.225	11.255

Diskontsatz 4%, Preis +6%	38.480	70.968	30.633	56.497
Diskontsatz 6%, Preis +6%	32.929	54.882	26.215	43.691
Diskontsatz 20%, Preis +6%	14.036	15.874	11.174	12.637

Anmerkung: Farbcode siehe Unterpunkt Fazit im Folgenden.

Grau hinterlegt wurden wiederum die Szenarien, die gegeben die Ergebnisse in Tabelle 3.1-71 und Tabelle 3.1-72 in keinem Fall kosteneffizient realisierbar sind.

Tabelle 3.1-71: Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1959

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	49.658	32.278
inkl. MwSt +10% Kosten	54.624	35.506
inkl. MwSt -10% Kosten	44.692	29.050

Tabelle 3.1-72: Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1970

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	48.389	31.453
inkl. MwSt +10% Kosten	53.227	34.598
inkl. MwSt -10% Kosten	43.550	28.307

Fazit:

Die umfassende thermische Sanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr 1959 ist bei einem Diskontsatz von 4% bei allen Preisszenarien bereits über eine Laufzeit von 15 Jahren kosteneffizient realisierbar. Bei einem Diskontsatz von 6% liegt Kosteneffizienz sowohl bei einem jährlichen Preisanstieg von 4% als auch von 6% vor. Über eine Laufzeit von 25 Jahren sind mit Ausnahme der Szenarien, die bei einem Diskontsatz von 20% berechnet wurden, alle Szenarien kosteneffizient.

Bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1970 ist die Sanierung über die Kreditlaufzeit von 15 Jahren bei den Szenarien Diskontsatz 4% und Preis +4% bzw. +6% sowie bei einem Diskontsatz von 6% und einer jährlichen Preissteigerung von 6% kosteneffizient. Über eine Laufzeit von 25 Jahren zeigen alle Szenarien wiederum mit Ausnahme jener, die einen Diskontsatz von 20% unterstellen, Kosteneffizienz.

In der folgenden Tabelle werden alle Kreditszenarien den Barwertberechnungen der Energieeinsparungen gegenübergestellt. Nicht gezeigt werden die Barwertberechnungen, bei denen ein Diskontsatz von 20% angenommen wurde, da hier bei keiner Variante

Kosteneffizienz erreicht werden kann.

Grün hinterlegte Felder zeigen an, dass eine umfassende thermische Sanierung kosteneffizient realisiert werden kann. Weiße Felder zeigen an, dass keine monetäre Rentabilität vorliegt.

Die drei wesentlichen Ergebnisse, die dieser Tabelle entnommen werden können, sind:

- Über die Kreditlaufzeit von 15 Jahren kann keine Kosteneffizienz der Maßnahme errechnet werden, dies gilt auch für die Szenarien, in denen die Mehrwertsteuer nicht hinzugerechnet wurde, die Kosten 10% unter den berechneten Kosten liegen und ein Annuitätenzuschuss gewährt wird.
- Über die Lebensdauer der Maßnahme von 25 Jahren können bei beiden Modellhäusern eine Vielzahl der Szenarien kosteneffizient realisiert werden, jedoch ist der Einfluss der zukünftigen Preisentwicklung hoch. Auch die Frage, ob ein Annuitätenzuschuss gewährt wird, hat wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der kosteneffizienten Maßnahmen.
- Die thermische Sanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr 1959 rentiert sich in mehr Szenarien als die thermische Sanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr 1970, obwohl die Kosten im Fall des Modellgebäudes 1959 höher als im Fall des Modellgebäudes aus dem Jahr 1970 sind.

Tabelle 3.1-73: Kosteneffizient realisierbare umfassende thermische Sanierungen unter den verschiedenen Szenarien

Thermische Sanierung			Preis konstant		Preis + 4% p.a.		Preis + 6% p.a.	
			DS 4%	DS 6%	DS 4%	DS 6%	DS 4%	DS 6%
Zeitraum: 15 Jahre, BJ 1959	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
Zeitraum: 25 Jahre, BJ 1959	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
Zeitraum: 15 Jahre, BJ 1970	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
Zeitraum: 25 Jahre, BJ 1970	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						

3.1.1.9.3.1.6 Kosteneffizienz der Gesamtsanierung (umfassende thermische Sanierung und Fenster- bzw. Außentürentausch)

In Tabelle 3.1-74 werden wiederum die Barwerte der Energieeinsparung bei Umsetzung der Maßnahme *Umfassende thermische Sanierung* bei verschiedenen Szenarien gezeigt.

Tabelle 3.1-74: Barwert der Energieeinsparungen durch eine Gesamtsanierung, verschiedene Szenarien

Barwert der Energieeinsparungen bei:	Modellgebäude BJ 1959		Modellgebäude BJ 1970	
	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €	über 15 Jahre (Kreditlaufzeit) in €	über 25 Jahre (Lebensdauer) in €
Diskontsatz 4%, Preis konstant	28.908	40.617	23.632	33.205
Diskontsatz 6%, Preis konstant	25.252	33.237	20.643	27.171
Diskontsatz 20%, Preis konstant	12.156	12.864	9.938	10.516
Diskontsatz 4%, Preis +4%	37.500	62.500	30.656	51.094
Diskontsatz 6%, Preis +4%	32.309	49.252	26.412	40.264
Diskontsatz 20%, Preis +4%	14.351	15.796	11.732	12.913
Diskontsatz 4%, Preis +6%	42.994	79.294	35.148	64.823
Diskontsatz 6%, Preis +6%	36.792	61.321	30.078	50.130
Diskontsatz 20%, Preis +6%	15.683	17.736	12.821	14.499

Anmerkung: Farbcode siehe Unterpunkt Fazit im Folgenden.

Grün hinterlegt sind in Tabelle 3.1-74 wiederum die Szenarien, die gegeben die Ergebnisse in den folgenden beiden Tabellen, Tabelle 3.1-75 und Tabelle 3.1-76, in keinem Fall kosteneffizient realisiert werden können.

Tabelle 3.1-75: Kumulierte Kosten der Maßnahme Gesamtsanierung über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, mit und ohne MwSt, Modellgebäude BJ 1959

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	64.711	42.343
inkl. MwSt +10% Kosten	71.183	48.814
inkl. MwSt -10% Kosten	58.240	35.872

Tabelle 3.1-76: Kumulierte Kosten der Gesamtsanierung über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, mit und ohne MwSt, Modellgebäude BJ 1970

	Ohne Annuitätenzuschuss	Mit Annuitätenzuschuss
inkl. MwSt IST-Kosten	63.442	41.073
inkl. MwSt +10% Kosten	69.786	47.418
inkl. MwSt -10% Kosten	57.098	34.729

Fazit:

Die Gesamtsanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr 1959 ist bei einem Diskontsatz von 4% und 6% bei einem um 4% bzw. 6% jährlich steigenden Preisszenario bereits über eine Laufzeit von 15 Jahren kosteneffizient realisierbar. Gleiches gilt bei einer Betrachtung über die gesamte Lebensdauer der Maßnahme, wobei hier auch Kosteneffizienz bei einer konstanten Preisentwicklung vorliegt. Szenarien, die einen Diskontsatz von 20% annehmen, sind bei keiner Laufzeit rentabel. Bei dem Modellgebäude aus dem Jahr 1970 ist die Sanierung über die Kreditlaufzeit von 15 Jahren bei den Szenarien Diskontsatz 4% und Preis +4% bzw. +6% sowie bei einem Diskontsatz von 6% und einer jährlichen Preissteigerung von 6% kosteneffizient. Über eine Laufzeit von 25 Jahren sind zudem die Szenarien Diskontsatz 4%, Preis konstant, und Diskontsatz 6%, Preis +4% p.a. kosteneffizient.

In Tabelle 3.1-77 werden alle Kreditszenarien den Barwertberechnungen der Energieeinsparungen gegenübergestellt. Nicht gezeigt werden die Barwertberechnungen, bei denen ein Diskontsatz von 20% angenommen wurde, da hier bei keiner Variante Kosteneffizienz erreicht werden kann.

Grün hinterlegte Felder zeigen an, dass eine Gesamtsanierung kosteneffizient realisiert werden kann. Weiße Felder zeigen an, dass keine monetäre Rentabilität vorliegt. Die Ergebnisse unterscheiden sich nicht wesentlich von den bereits bei der Analyse der umfassenden thermischen Sanierung gezeigten:

- Über die Kreditlaufzeit von 15 Jahren kann keine Kosteneffizienz der Maßnahme errechnet werden, dies gilt auch für die Szenarien, in denen die Mehrwertsteuer nicht hinzugerechnet wurde, die Kosten 10% unter den berechneten Kosten liegen und ein Annuitätenzuschuss gewährt wird.
- Über die Lebensdauer der Maßnahme von 25 Jahren können bei beiden Modellhäusern eine Vielzahl der Szenarien kosteneffizient realisiert werden, jedoch ist der Einfluss der zukünftigen Preisentwicklung hoch. Auch die Frage, ob ein Annuitätenzuschuss gewährt wird, hat wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der kosteneffizienten Maßnahmen.
- Die Gesamtsanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr 1959 rentiert sich in mehr Szenarien als die Gesamtsanierung des Modellgebäudes aus dem Jahr 1970 und dass obwohl die Kosten im Fall des Modellgebäudes 1959 höher sind als im Fall des Modellgebäudes aus dem Jahr 1970.

Tabelle 3.1-77: Kosteneffizient realisierbare Gesamtanierungen unter den verschiedenen Szenarien

Gesamtanierung			Preis konstant		Preis + 4% p.a.		Preis +6% p.a.	
			DS	DS	DS	DS	DS	DS
			4%	6%	4%	6%	4%	6%
Zeitraum: 15 Jahre, BJ 1959	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
Zeitraum: 25 Jahre, BJ 1959	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
Zeitraum: 15 Jahre, BJ 1970	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
Zeitraum: 25 Jahre, BJ 1970	ohne Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						
	mit Zuschuss	inkl. MwSt IST						
		inkl. MwSt +10%						
		inkl. MwSt IST -10%						

3.1.1.10 Wohnbau / Neubau

3.1.1.10.1 Grundsätzliche Anmerkungen zur Bewertung von Wohnungsneubauten

Beim Neubau eines Wohnhauses kommen eine Reihe energieverbrauchs-relevanter Systeme zum Einsatz. Jedes neue Wohngebäude verfügt zumindest über ein neues Heizsystem, ein entsprechendes neues Wärmeverteilsystem und ist mit einer thermischen Gebäudehülle in einer bestimmten Qualität ausgestattet. Bei jedem einzelnen dieser Subsysteme kann zwischen unterschiedlich energieeffizienten Ausführungen entschieden werden. Der Endenergiebedarf eines Gebäudes berechnet sich (unter Anwendung der Aufwandszahl AZ) als

$$EE = HWB \times m^2 \times AZ,$$

wobei EE für den jährlichen Endenergiebedarf steht, HWB ist der Heizwärmebedarf je m² Brutto-Geschossfläche des Gebäudes und die AZ gibt den Faktor (Aufwandszahl) vom Nutzenergiebedarf zur dafür notwendigen Bereitstellung von Endenergie an. Eine AZ von 1,2 bedeutet somit, dass um 20% mehr Endenergie eingesetzt (gekauft) werden muss, als letztendlich im Wohnraum als Wärme genutzt werden kann. Die AZ beschreibt somit die Energieeffizienz des Wärmebereitstellungssystems und der Hilfssysteme, während der HWB die Qualität der Gebäudehülle unter Rücksichtnahme auf die klimatischen Verhältnisse am Standort des Gebäudes angibt.

Die Interaktion zwischen HWB und AZ stellt im Bereich des Wohnungsneubaus für die Berechnungen von Potentialen eine große Herausforderung da. Da gleichzeitig Systeme installiert werden, die HWB und AZ beeinflussen, ist mit besonderer Sorgfalt vorzugehen, um nicht durch die doppelte Zählung von Einspareffekten deutlich überhöhte Potentiale auszugeben. Diese Studie legt großen Wert auf die Vermeidung jeglicher Mehrfachzählung von Einsparungen oder Potentialen, so wurden bspw. im Kapitel Gebäudesanierung 3.1.1.9 die unterschiedlichen Energieeffizienz-Maßnahmen an den Modellgebäuden exakt nach Gebäudeausweis berechnet. Die Summe der Einsparungen von gleichzeitig durchgeführten Maßnahmen wie Fenstertausch oder Dämmung der Außenwände am selben Gebäude ist somit deutlich geringer als die Summe der Einsparungen bei unabhängiger Durchführung der Maßnahmen bei unterschiedlichen, aber baulich identischen Gebäuden.

Im Bereich der Bewertung von Neubauten gehen die Autoren nun wie folgt vor, um Doppelzählungen von Einsparungen zu vermeiden. In diesem Kapitel werden ausschließlich jene Potentiale angeführt, die durch energieeffiziente Bauweise an der Gebäudehülle entstehen und über die Forderungen der OIB Richtlinie 6 ab 1.1.2010 hinausgehen. Zur Berechnung der Endenergiebedarfe wird für diese höchsteffizienten Gebäude eine AZ von 1,5 angenommen. Diese Annahmen wurden analog zu den Defaultwerten der österreichischen Monitoringstelle für Energieeffizienz getroffen [4]. Die Im Bereich der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen angeführten Potentiale sind somit additiv zu verstehen. Bei der Bewertung der Energieeffizienz-Strategien in Kapitel 3.1.1.11 werden die realisierten Einsparungen jedoch bei der Bewertung der neu installierten Heizungssysteme direkt mitmodelliert. Dies ist zur Vermeidung von Doppelzählungen essentiell, erlaubt jedoch keine differenzierte Darstellung der realisierten Einsparungen im Bereich Raumwärme durch Maßnahmen, die ausschließlich an der Gebäudehülle wirken.

3.1.1.10.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen

Die Größe von Neubauten im Wohnbereich wird auf der Datenbasis 2008 des Mikrozensus angenommen. Dabei sind in dieser Gebäudekategorie Wohneinheiten in 1- und 2-Familienwohnhäusern mit 150 m² (alt: 120 m²) anzunehmen und Wohneinheiten in Mehrfamilienwohnhäusern mit 90 m² (alt: 78 m²) anzunehmen.

Wie oben besprochen werden die HWB- und AZ-Werte analog der Bewertungssystematik der österreichischen Monitoringstelle für Energieeffizienz für die Bestimmung des Baseline-Szenarios übernommen:

HWB_{baseline} (Wohneinheit in 1- und 2-Familienwohnhäusern) = **56,3 kWh/m²/Jahr**

HWB_{baseline} (Wohneinheit in Mehrfamilienwohnhäusern) = **28,16 kWh/m²/Jahr**

AZ = 1,5

Somit ergibt sich für ein 1- und 2-Familienwohnhaus ein jährlicher Endenergiebedarf im Baseline-Szenario von 84,45 kWh/m². Für die Beheizung von Wohneinheiten in Mehrfamilienwohnhäusern ergibt sich ein jährlicher Endenergiebedarf von 42,24 kWh/m².

Als anrechenbare Einsparungen im Sinne der ESD werden nun ausschließlich Neubauten gewertet, die diese HWBs unterschreiten. Für die Berechnung der realisierten Einsparungen durch eine entsprechend qualitativ bessere Gebäudehülle werden zwei Kategorien von Wohnhausqualitäten betrachtet. Dies sind Niedrigstenergiehäuser und Passivhäuser mit HWBs (bei einer AZ von 1,5) von 20 kWh/m²/Jahr bzw. 7 kWh/m²/Jahr (für 1- und 2-Familienhäuser) und HWBs von 18 kWh/m²/Jahr bzw. 7 kWh/m²/Jahr (für 1- und 2-Mehrfamilienwohnhäuser).

Daraus ergibt sich für ein 1- und 2-Familienwohnhaus ein jährlicher Endenergiebedarf im Referenz-Szenario von 30 kWh/m² für ein Niedrigstenergiehaus und von 10 kWh/m² für ein Passivhaus. Für die Beheizung von Wohneinheiten in Mehrfamilienwohnhäusern ergibt sich ein jährlicher Endenergiebedarf von 27 kWh/m² für ein Niedrigstenergiehaus und von 10 kWh/m² für ein Passivhaus. Tabelle 3.1-78 zeigt die realisierbaren und anrechenbaren Einsparungen pro m² neuer energieeffizienter Wohnfläche.

Tabelle 3.1-78: Anrechenbare Einsparungen bei hocheffizienten Gebäudehüllen

Anrechenbare Einsparungen je m ² neu errichteter Wohnfläche im entsprechenden Gebäudetyp		
	Niedrigstenergiehaus	Passivhaus
1- und 2-Familienhaus	54,50 kWh/m ²	74,45 kWh/m ²
Mehrfamilienhaus	15,24 kWh/m ²	32,24 kWh/m ²

Quelle: eigene Berechnungen

Exemplarisch lässt sich daraus die anrechenbare Einsparung durch die Neuerrichtung eines Einfamilienhauses in Niedrigstenergiebauweise bzw. Passivhausbauweise errechnen. Für ein Einfamilienhaus mit 150 m² wird eine energetische Einsparung von **8.175 kWh/Jahr (Niedrigstenergiehaus)** und von **11.167,5 kWh/Jahr (Passivhaus)** gegenüber der Mindestanforderungen der OIB Richtlinien errechnet.

3.1.1.10.3 Mehrkosten für die Errichtung von Niedrigstenergie- und Passivhäusern

3.1.1.10.3.1 Einfamilienwohnhaus

Durchschnittliche Kosten je m² für ein Einfamilienwohnhaus liegen im Bundesländervergleich zwischen 2.200 € (in Salzburg) und 1.140 € (in der Steiermark). Eigene Recherchen bei Anbietern von Fertigteilhäusern (Vgl. Griffner, Adam Haus etc.) zeigen Kosten je m² (inkl. MwSt.) von 1.500 € bis 1.800 € (schlüsselfertig).

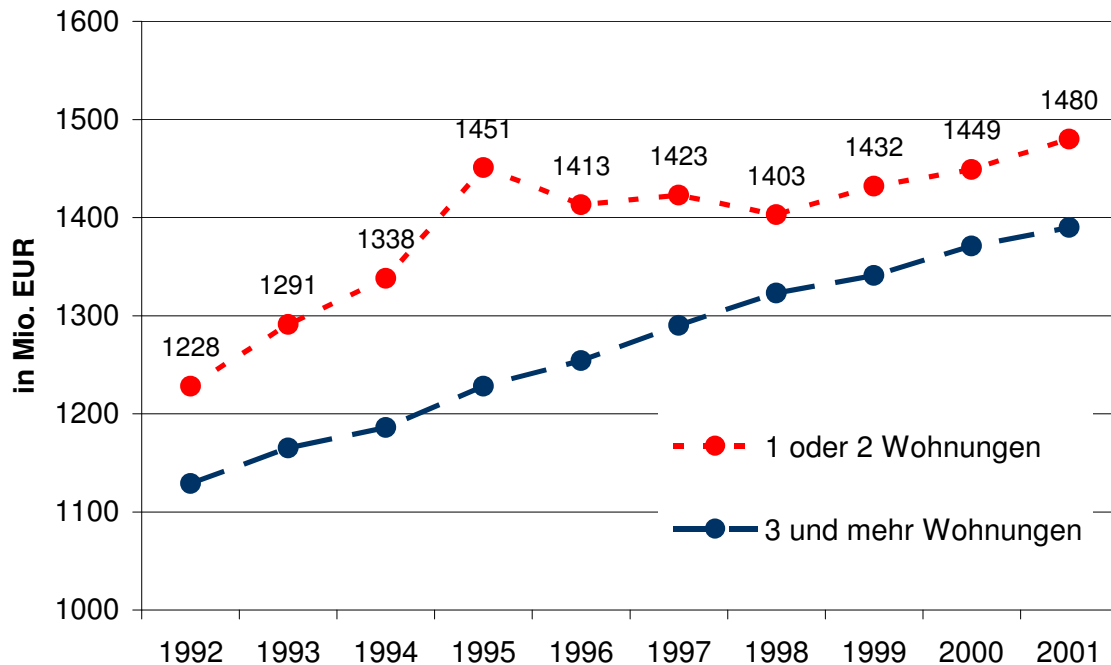
Griffner (2009) gibt an, dass sich die Mehrkosten für ein Passivhaus (<15 kWh/m²/a) auf ca. 10% belaufen (Vgl. HP Griffner). Laut Baukostenstatistik der Statistik Austria, die im Jahr 2007 veröffentlicht wurde, jedoch Zahlen des Jahres 2001 wiedergibt, belaufen sich die Baukosten für ein 1- oder 2-Familienwohnhaus auf ca. 1.390 €/m². Hierfür werden jedoch keine Angaben über die energetische Qualität der Gebäude gemacht. Eine genaue Angabe über die Mehrkosten bei Errichtung von Niedrigstenergiehäusern konnte nicht eingeholt werden. Verschiedene Anbieter verweisen jedoch auf Größenordnungen von 5-10% gegenüber einem Gebäude in Niedrigenergiebauweise. Die recht ungenauen Angaben für die Mehrkosten hocheffizienter Gebäudehüllen und die im Rahmen dieser Studie problematischen Differenzierung zwischen den angeführten Mehrkosten zwischen ausschließlich Gebäudehüllen-bezogenen Mehrkosten und Heizsystem- bzw. Wärmeverteilsystem-bezogenen Mehrkosten lassen eine genaue Barwertberechnung in diesem Zusammenhang (ausschließliche Gebäudehüllenbetrachtung zur Vermeidung von Doppelzählungen!) nicht zu. An dieser Stelle wird deshalb von zusätzlichen Investitionen von ca. 200 € je m² Bruttogeschossfläche bei Niedrigstenergie- und Passivhäusern ausgegangen.

3.1.1.10.3.2 Mehrfamilienwohnhaus

Laut Baukostenstatistik der Statistik Austria, die im Jahr 2007 veröffentlicht wurde, jedoch Zahlen des Jahres 2001 wiedergibt, belaufen sich die Baukosten für ein Mehrfamilienwohnhaus auf ca. 1.480 €/m², siehe Abbildung. Hierfür werden jedoch keine Angaben über die energetische Qualität der Gebäude gemacht.

Bei der Betrachtung der Mehrkosten für die Errichtung von Niedrigstenergie- und Passivmehrfamilienhäusern zeigt sich eine ähnliche Situation wie im Bereich der 1- und 2-Familienhäuser. Es muss deshalb eine rudimentäre Abschätzung von etwa 75€ Mehrinvestitionen je m² Wohnnutzfläche getroffen werden [196].

Abbildung 3.1-18: Entwicklung der Wohnkosten bis 2001



Quelle: Statistik Austria

3.1.1.11 Heizungsregelung

In diesem Kapitel wird die Verbesserung der Energieeffizienz durch den Einsatz von Heizungsregelungen behandelt. Dabei werden das Einsparpotential, die Erst-Investition sowie die Kosteneffizienz der Heizungsregelungssysteme ermittelt. Aufgrund der hohen Variabilität in der technischen Ausführung von zentralen Heizungsregelungssystemen und deren Spezifika bei nachträglicher Installation werden diese Systeme in nachfolgendem Abschnitt hinsichtlich deren Funktionsweise bzw. deren energetischen Vor- und Nachteilen charakterisiert, um die Bewertung der anrechenbaren Einsparungen durchführen zu können.

3.1.1.11.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Der Wärmeverbrauch eines Raumes oder Hauses ist zeitlichen Schwankungen unterworfen. Er ist abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren wie beispielsweise der Sonneneinstrahlung, den inneren Wärmequellen und anderen. Die permanente Anpassung der Heizleistung von Heizkörpern bzw. Heizkesseln an den veränderlichen Wärmebedarf kann nur von einer selbsttätigen Regelung entsprechend gelöst werden. Zu den elektronischen Heizungsregelungen zählen u.a. Kesselkonstantregelungen, Raumtemperaturregelungen, Außentemperaturregelungen bzw. Kombinationen aus diesen

technischen Möglichkeiten. Außentemperaturregelungen können als gleitende Regler oder als Mischerkreisregelungen ausgeführt sein. Ziel ist die optimale Temperaturregelung von Einzelräumen oder Zonen. Die einzelnen Optionen werden nachfolgend kurz charakterisiert.

3.1.1.11.1.1 Technik verschiedener Heizungsregelungen [181], [82], [91]

Ein Kesselkonstantregler arbeitet nach dem Prinzip eines Thermostats, das die Kesseltemperatur auf einen konstanten, voreingestellten Wert hinregelt (z.B. 65 °C). Innerhalb von technisch bedingten Schaltdifferenzen („Hysterese“; diese kann teilweise bis zu 10 °C betragen) wird der Brenner aus oder eingeschaltet.

Vorteil: Sehr einfach und kostengünstig in der Investition.

Nachteil: Sehr ungenaue Regelung, da sich die Wärmebereitstellung nicht am Bedarf orientiert. Komforteinbußen sind durch die mangelnde Regelbarkeit gegeben.

Beim Raumtemperaturregler misst ein Fühler die Temperatur in einem Raum (Ist-Temperatur) und stellt diese einem voreingestellten Wert gegenüber. Je nach Erfordernis wird der Brenner Aus/Ein geschaltet. Weitere Räume können dann optional mit Thermostatventilen an den Heizkörpern nachgeregt werden. Die Temperaturmessung ist dabei hinsichtlich der Nutzungsgewohnheiten in einem repräsentativen Raum zu installieren. Entsprechend der Abweichung von der gewünschten Raumtemperatur bestimmt die zentrale Regelungseinheit die erforderliche Vorlauftemperatur, gibt dem Stellmotor des Mischers die nötigen Regelimpulse und überwacht die Vorlauftemperatur am Vorlauftemperaturfühler. Der Wärmeerzeuger selber wird über ein Thermostat konstant gehalten.

Vorteil: Stellt ebenfalls eine kostengünstige Variante dar, jedoch mit besseren Regelungseigenschaften als der Kesselkonstantregler.

Nachteil: Mit dieser Regelung kann die gewünschte Temperatur nicht immer in allen Räumen gewährleistet werden. Fremdwärmeeinflüsse wie Sonne, Kaminofen im Raum, Personenabwärme etc. veranlassen die Regelung die Wärmezufuhr zu unterbinden, in der Folge kühlen andere Räume möglicherweise aus. Lüftungskälte kann umgekehrt zur Wärmebereitstellung des Kessels und damit zu einer Übererwärmung der anderen Räume führen.

Die Außentemperaturregelung bzw. witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung regelt die Raumtemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur. Der Außentemperaturfühler wird an einer von der Sonnenstrahlung unbeeinflussten Stelle (meist an der Hausnordseite) angebracht. Mit zusätzlichen Temperaturmessungen können eventuell auch Wind- und Sonneneinstrahlung berücksichtigt werden. In Abhängigkeit der Außenlufttemperatur bestimmt die zentrale Regelung die erforderliche Vorlauftemperatur, der Stellmotor des Mischers erhält entsprechende Regelimpulse und überwacht die Vorlauftemperatur. In allen Räumen stellt sich die berechnete Innentemperatur ein, Fremdeinflüsse wie Sonne, Lüftung etc. werden in jedem Raum einzeln durch Thermostatventile annähernd ausgeglichen. Zusätzlich kann ein Bediengerät im Raum die tatsächliche Temperatur mit der errechneten abgleichen und damit den Bedienkomfort erhöhen.

Diese Regelung ist heute häufig im Einsatz. Die Außentemperaturregelung errechnet meist anhand einer Heizkurve die optimale Vorlauftemperatur, um die erforderliche Raumtemperatur exakt zu erreichen.

Bei Wärmeerzeugern mit einer gleitenden Kesselregelung ist es möglich, die Kesseltemperatur abzusenken, so dass die Kesseltemperatur der erforderlichen

Vorlauftemperatur entspricht. Der elektronische Regler errechnet hier entsprechend der herrschenden Außentemperatur eine Soll- bzw. Vorlauftemperatur und versucht den Kessel auf dieser Temperatur zu halten. Modulierende Brenner z.B. bei Gasheizgeräten passen ihre Leistung stufenlos an die Vorgabe durch den Regler an. Dadurch ist die gleitende Regelung der Vorlauftemperatur (z.B. 30 bis 60 °C) möglich. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Kessel durch auftretende Kondensation von Abgasen keinen Korrosionsschaden davontragen, also hinsichtlich des Materials für diesen Betrieb geeignet sind, wie dies bei Niedertemperatur- oder Brennwertgeräten der Fall ist.

Als alternatives System bietet sich noch die Mischerkreisregelung an: Diese Regelung ist für Wärmeerzeuger empfehlenswert, die nicht modulierend oder ohne Mindesttemperatur betrieben werden können. Auch im Fall der Kombination von Verbrauchergruppen mit unterschiedlichen Anforderungen an das Niveau der Vorlauftemperatur (z.B. Fußbodenheizung und Heizkörper oder Fußbodenheizung und Warmwasserbereitung) wird eine Mischerkreisregelung benötigt. Dabei kann der Wärmeerzeuger die Heizkörper beispielsweise direkt mit höherer Vorlauftemperatur speisen, während die Fußbodenheizung mit niedrigerer Vorlauftemperatur gespeist wird. Diese Regelungsart ist jedoch bereits bei der Planung der hydraulischen Installation und hinsichtlich der Reglerauswahl zu berücksichtigen. Ausschlaggebend für die höchste Vorlauftemperatur ist der Verbraucher mit der höchsten Temperaturanforderung (z.B. Luftheizer, Warmwasserbereitung oder Heizkörper): Auf diese Vorlauftemperatur muss der Wärmeerzeuger eingestellt werden. Für Verbrauchergruppen mit niedrigeren Vorlauftemperaturansprüchen (z.B. Fußboden- oder Wandheizung) wird die zu hohe Vorlauftemperatur durch die geregelte Beimischung von kälterem Rücklaufwasser in das Vorlaufwasser abgesenkt.

Heizungsregelungen nach dem neuesten Stand setzen auf Digitaltechnik und Mikroprozessoren. Die Einstellung ist im Grunde gleich wie bei der analogen Technik, jedoch kann durch eine Vielzahl von Programm-Varianten noch besser auf die thermischen Eigenschaften des Hauses, auf das Regelverhalten des Heizsystems, auf das Außenklima und auf die Anforderungen der Nutzer eingegangen werden. So sind im Allgemeinen mehr Schaltpunkte möglich als bei den analogen Heizungsregelungen, auch existieren mehrere Möglichkeiten für die Vorlauftemperaturniveaus. Diese Vorteile bedingen jedoch den Mehraufwand einer Installation von Raumlufttemperaturfühlern zusätzlich zu Außentemperaturfühlern.

3.1.1.11.1.2 Nachträglicher Einbau einer Mischer-Regelung

Bei fast allen Warmwasser-Zentralheizungen, sowohl in Neubauten, als auch bei einem nachträglichen Einbau von Regelungen in bestehende Heizungsanlagen, ist die Regelung der Vorlauftemperatur mit einem Mischer mit Stellmotor möglich. Der Mischer teilt die Heizungsanlage hydraulisch in den Kesselkreis und einen Heizkreis mit den Wärmeabnehmern.

Die Temperatur im Kesselkreis wird von der Kesselregelung auf einem eingestellten Wert gehalten.

Im Mischer wird dem Rücklaufwasser, das aus den Heizkörpern zurückfließt, so viel heißes Kesselwasser beigemischt, so dass die erforderliche Vorlauftemperatur erreicht wird.

Mit dieser energiesparenden Regelungsautomatik können auch ältere Heizungsanlagen nachgerüstet werden. Der Mischer wird dazu mit einem Stellmotor ausgerüstet. Die

nachträgliche Ausstattung mit einer Regelungsautomatik kostet laut Literatur des Bayrischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technik zwischen ca. EUR 1.000 und EUR 1.200. [91]

Bei der Einzelraumregelung wird neben der zentralen Steuerung der Vorlauftemperatur der Heizwasserdurchfluss nach dem Wärmebedarf in den einzelnen Räumen z.B. über Thermostatventile, eingestellt. Dadurch können Thermostatventile auch Fremdwärme wie die Sonneneinstrahlung, die Wärmeabgabe von Beleuchtung, Fernseher, anwesenden Personen usw. berücksichtigen. Eine Überheizung der Räume wird weitgehend verhindert, da die Wärmeabgabe der Heizkörper dem tatsächlichen, augenblicklich vorhandenen Wärmebedarf des Raumes angepasst wird. Für Flächenheizungen wie Fußbodenheizungen und Wandheizungen sind Thermostatventile nicht geeignet. Dafür setzt man elektronische Raumtemperaturregler ein, welche elektrische Stellantriebe an den einzelnen Heizkreisen im Verteilerkasten ansteuern. Bei einer Nachrüstung von Fußbodenheizungen ohne Raumtemperaturfühler ist der Aufwand für die Leitungsverlegung in jedem Fall zu berücksichtigen und oftmals wesentlich.

Nutzung der Heizungsregelung zur Nachtabsenkung

Sowohl raum- als auch witterungsgeführte Heizungsregelungen sind im Allgemeinen mit einer Zeitschaltuhr ausgestattet bzw. für einen nachträglichen Einbau vorbereitet. Damit lassen sich Zeiträume einstellen, in denen die Vorlauftemperatur abgesenkt werden soll. Die Absenkung des Sollwertes der Raumtemperatur ist bereits bei einer Dauer von nur wenigen Stunden sinnvoll. Die „Nachtabsenkung“ von 21 auf 15 °C beispielsweise bringt im Jahresmittel eine Verringerung des Energieeinsatzes bei einem Gebäude in Leichtbauweise (Holzständerleichtbau) um mehr als 10%. Bei Gebäuden in Massivbauweise (Stahlbetonbau mit Polystyrolämmung) beträgt die Verringerung ca. 7%. Im „Wochenendhaus“ wird durch Temperaturabsenkung während der Wochentage eine Verringerung des Energieeinsatzes im Jahresmittel um mehr als 20% erreicht. [173]

Aufgrund der Möglichkeit der einfachen Nachrüstung von bestehenden Heizungsanlagen mit Thermostatventilen wird diese Einsparungsmaßnahme im nachfolgenden Abschnitt als prioritär charakterisiert.

3.1.1.11.1.3 Heizkörperthermostate

Der Einsatz von Thermostatventilen trägt wesentlich zur effizienten Raumheizung bei. Heizkörperthermostate sorgen dafür, dass die Temperatur im Zimmer immer dem gewünschten Wert entspricht. Programmierbare Thermostate ermöglichen eine Regelung nach der Uhrzeit. Werden ein Raum oder mehrere Räume untertags nicht genützt, so werden diese durch das Heizkörperthermostat kühl gehalten.

Am Abend, wenn mehr Wärme benötigt wird, werden die Räume automatisch auf die gewünschte Temperatur aufgeheizt. Elektronische Thermostate regeln die Raumtemperatur mithilfe eines Sensors, eines Minicomputers, einer Uhr und eines Elektromotors. Die Verwendung eines derartigen Thermostatventils bringt eine Heizenergieeinsparung von ca. 4-8%. [61]

Stiftung Warentest hat das Heizkosteneinsparpotential beim Einsatz eines

programmierbaren Thermostatventils für eine mittlere Altbauwohnung berechnet und kommt zu dem Ergebnis, dass 10% der Heizkosten gespart werden können, wenn die Temperatur bei Abwesenheit der Bewohner um vier Grad gesenkt wird.

Ein weiterer Vorteil eines Heizkörperthermostates ist, dass dieses erkennt, wenn ein Fenster zum Lüften geöffnet wird. Bei modernen Geräten wird das Fenster via Funk überwacht. Wird das Fenster geöffnet, sendet der Fensterkontakt den Befehl zum Schließen an das Ventil, mit einer Verzögerung von nur 30 Sekunden wird dieses dann automatisch geschlossen. Bei herkömmlichen Systemen erkennen die Geräte nicht das Öffnen des Fensters, sondern den durch das Lüften verursachten Temperaturabfall im Raum. Somit dauert das Schließen der Ventile bei diesen Thermostaten etwas länger.

Elektronische Thermostate benötigen Batterien für den Betrieb. [228] Im Gegensatz zu den elektronischen Thermostaten brauchen die mechanischen Heizkörperthermostate keine Batterien für den Betrieb. Als Temperaturfühler dient eine Flüssigkeit, die sich je nach Temperaturlage zusammenzieht und wieder ausdehnt. Diese Geräte bieten zwar nicht den gleichen Komfort wie elektronische Thermostate, sie erfüllen aber ihre Funktion ebenso gut und sind zudem auch günstiger im Erwerb. [228]

Zusätzlich ist erwähnenswert, dass Thermostatventile für alle Heizkörpertypen geeignet sind. Es gilt bei der Montage solcher Heizkörperthermostate zu beachten, dass diese die Temperatur im Kopf messen und deshalb nicht durch Vorhänge oder Verkleidungen verdeckt sein dürfen, da sich die Wärme ansonsten stauen kann und das Ventil vorzeitig abschaltet. Außerdem ist es für den optimalen Betrieb eines Thermostatventils von Nöten, die Heizkörper von Zeit zu Zeit zu entlüften, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten. Weiters sollen die Thermostatventile, bspw. nach längerer Abwesenheit der Bewohner, nicht voll aufgedreht werden, da auf diese Weise die Räume nicht schneller warm werden, sondern der Heizkörper nur länger heizt. Wichtiger in diesem Zusammenhang ist das Erhöhen der Vorlauftemperatur am Thermostat der Heizung. Die Vorlauftemperatur sollte jedoch später wieder zurückgedreht werden. [228]

Zusammenfassend können folgende Merkmale von elektronischen Thermostatventilen festgehalten werden [181]:

- Einfache Montage ohne Entleerung des Heiznetzes und ohne elektrischen Verdrahtungsaufwand
- Einfache Nachrüstung auf bestehende Anlagen
- Komfortverbesserung und energiesparende Regelung durch individuell an die Nutzung anpassbare Temperatur- und Zeitprogramme
- Energieeinsparung durch Schließen des Ventils bei Fensterstoßlüftung, Wochenschaltprogramm für jeden Tag einzeln oder blockweise für Werktage und Wochenenden
- Einfache Bedienbarkeit
- Spontaneingriffe mit Wechsel des aktuellen Programms bis zum nächsten programmierten Schalterpunkt einfach möglich

Um die anfallenden Kosten für die Anschaffung eines Heizkörperthermostats zu ermitteln wurden verschiedene Angebote von vergleichbaren Produkten eingeholt:

Produkt	Preis
Heizkörperthermostat bei YATEGO(Yatego.com, 2008)	28,90 € inkl. MwSt.
Heizkörperthermostat Honeywell HR-20 (KlimaLex.de, 2008)	37,99 € inkl. MwSt.
Heizkörperthermostat Conrad (Conrad.at, 2008)	39,95 € inkl. MwSt.
Durchschnittspreis	35,61 €

Aus oben aufgelisteten Angeboten ergibt sich ein durchschnittlicher Preis eines Heizkörperthermostats, inklusive Umsatz- bzw. Mehrwertsteuer, von 35,61 €. Hierbei ist zu beachten dass pro Heizkörper ein Thermostat angeschafft werden muss. Das bedeutet, dass die Höhe der Anschaffungskosten von der Größe der zu beheizenden Wohnung abhängig ist. Für diese Studie wird angenommen, dass im Wohnzimmer zwei Heizkörper, und in jedem weiteren Raum ein Heizkörper, verwendet werden. Laut Statistik Austria hat eine durchschnittliche Hauptwohnsitzwohnung etwa 4 Wohnräume. (Statistik Austria, März 2008) Somit wird in dieser Studie mit einer Investition in 5 Heizkörperthermostate gerechnet.

3.1.1.11.2 Energetische Maßnahmenbewertung

In der Literatur finden sich kaum genaue Analysen der Einsparwerte von Heizungsregelungen. Es werden lediglich Pauschalwerte angeführt, die in Prozentsätzen ausdrücken, wie viel der ursprünglich aufgewendeten Energie nach Installation einer optimierten Heizungsregelung eingespart wird. Ebenso wie genaue Analysen der Einsparwerte, fehlen auch Angaben über die erwarteten Einsparungen aufgesplittet nach den einzelnen Varianten der Heizungsregelungssysteme, wie unter Abschnitt 3.1.1.11.1 erläutert. Aus diesem Grund wird hier lediglich zwischen den beiden Regelungssystemen Heizkörperthermostat und zentrale Regelung unterschieden.

Für **Heizkörperthermostate** findet sich als Literaturquelle im deutschsprachigen Raum vor allem der Test der Stiftung Warentest „*Wohl temperiert - Heizkörperthermostate*“ (test 5/2008). Als weitere Literaturquellen wird an dieser Stelle auf eine zusammenfassende Darstellung des britischen Energy Saving Trust verwiesen [159] sowie auf eine Recherchearbeit der Chicago Tribune vom Jänner 2008: „*Take control of home heating with programmable thermostat*“. Zusammengefasst zeigen diese Referenzen für die verschiedenen möglichen Varianten an Heizkörperthermostaten eine durchschnittliche Einsparung von ~8% an. Diese kommt – wie weiter oben beschrieben – durch die Absenkung der Raumtemperatur während Nicht-Anwesenheit der Bewohner sowie durch die Nachtabenkung der Temperatur zustande.

Auf dieser Basis werden die folgenden Berechnungen für die Einsparungen für den Altbau, sanierten Altbau und Neubau durchgeführt. Weiters werden die Berechnungen pro Thermostat durchgeführt und sind somit bei mehreren Thermostaten additiv zu verstehen. Für die beheizte Fläche durch einen Heizkörper (und damit eines Thermostats) werden 15 m² im Altbau und sanierten Altbau und 18 m² im Neubau angenommen. Die Nutzheizkennzahl im sanierten Altbau wird entsprechend Kapitel 2 von Modul 1 dieser Studie mit 65 kWh/m² und entsprechend der Dokumentation zum Softwaretool *ESCAPE* im Altbau mit 150 kWh/m² und im Neubau mit 50 kWh/m² angenommen.

Tabelle 3.1-79: Jährliche, erwartete Einsparung beim Einsatz von Heizkörperthermostaten

	jährl. durchschnittliche Endenergieaufnahme eines Heizkörpers	jährl. erwartete Einsparung pro Thermostat
Altbau	2.250 kWh	180 kWh
Sanierter Altbau	975 kWh	78 kWh
Neubau	900 kWh	72 kWh

Für **zentrale Heizungsregelungen** existieren deutlich mehr Referenzen, als für Heizkörperthermostate. Hier wird auf folgende Übersichtsarbeiten [91], [75], [210] und Fallstudien [178], [154] verwiesen: Diese Arbeiten zeigen deutlich, dass durch zentrale Heizungsregelungssysteme erhebliche Mengen an Energie gespart werden können. Die Ergebnisse dieser Studien divergieren teilweise stark. Als zusammengefassten Wert erscheint den Autoren eine Einsparung von 20% bei einer Komplettlösung für den gesamten Haushalt als realistisch. In diesem Sinn werden die folgenden Berechnungen für Ein- und Zweifamilienhäuser durchgeführt. Als Gebäudegröße werden jeweils 150 m² zugrunde gelegt. Die sich daraus ergebenden Einsparungen sind Tabelle 3.1-80 zu entnehmen.

Tabelle 3.1-80: Jährliche, erwartete Einsparung beim Einsatz einer zentralen Heizungsregelung

	jährl. durchschnittliche Endenergieaufnahme pro Ein- bzw. Zweifamilienhaus	jährl. erwartete Einsparung pro Ein- bzw. Zweifamilienhaus
Altbau	22.500 kWh	4.500 kWh
Sanierter Altbau	9.750 kWh	1.950 kWh
Neubau	7.500 kWh	1.500 kWh

3.1.1.11.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Um die Rentabilität einer Investition in Heizkörperthermostate zu bestimmen, ist zunächst eine Bestimmung der Lebensdauer dieser Energieeffizienz-Maßnahme notwendig. In der CWA 27 über die „*Saving lifetimes of Energy Efficiency Improvement Measures in Bottom-up calculations*“ wird ein Default-Wert von 5 Jahren allgemein für Maßnahmen aus dem Bereich der „Heating controls“ angeführt. In der Darstellung des britischen *Energy Saving Trust* [159] wird spezifisch für Heizkörperthermostate eine Lebensdauer von 15 Jahren angesetzt. In Tabelle 3.1-81 wird deshalb die Rentabilität für beide Lebensdauern dargestellt.

Tabelle 3.1-81: Errechnung der Kosteneffizienz der Investitionen in Heizkörperthermostate

	Investition	angenommene Strompreis- änderung	Barwert der Einsparungen bei einer Lebensdauer von 5 Jahren	Barwert der Einsparungen bei einer Lebensdauer von 15 Jahren
Altbau €	35,61 €	0%	144,29 €	352,99 €
	35,61 €	3%	152,81 €	427,21 €
	35,61 €	10%	174,71 €	692,30 €
sanierter Altbau	35,61 €	0%	62,53 €	152,96 €
	35,61 €	3%	66,22 €	185,12 €
	35,61 €	10%	75,71 €	300,00 €
Neubau	35,61 €	0%	57,72 €	141,19 €
	35,61	3%	61,13 €	170,88 €
	35,61	10%	69,88 €	276,92 €

Barwert errechnet bei angenommenen 18,26 Cent/kWh Energiepreismix und 0, 3 bzw. 10% jährlicher Energiepreissteigerung

Aus Tabelle 3.1-81 wird ersichtlich, dass sich die Investition in Heizkörperthermostate selbst bei einer angenommenen Lebensdauer von lediglich 5 Jahren rechnet. Bei einer 15-jährigen Lebensdauer sind die monetären Einsparungen weit größer und die Kosteneffizienz in jedem Fall gegeben.

Selbige Berechnungen werden auch für die Installation von zentralen Regelungssystemen angestellt. Als Preis für Kauf und Installation der Regelungstechnik werden 1.200 € angenommen [91].

Tabelle 3.1-82: Jährliches Einsparpotential der Investition zum effizienteren Einsatz von Heizsystemen durch zentrale Heizungsregelung bei 18,26 Cent je kWh Heizenergie.

	Kosten	Heizkosten / Jahr	prozentuell mögliche Einsparung pro Jahr	mögliche Einsparung in € pro Jahr
Altbau	1.200 €	2.250 €	20%	822 €
sanierter Altbau	1.200 €	975 €	20%	356 €
Neubau	1.200 €	750 €	20%	274 €

Tabelle 3.1-82 zeigt, dass der Einbau einer zentralen Heizungsregelung im unsanierten Altbau jährlich etwa 450 €, im sanierten Altbau jährlich etwa 195 € und im Neubau jährlich etwa 150 € Energiekosten einspart. Erneut hängt die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme von der Lebensdauer ab, für die sich in der CWA 27 lediglich 5 Jahre finden. Die Barwertberechnung der Einsparung wird deshalb wie bereits bei den Heizkörperthermostaten hier erneut für Lebensdauern von 5 und 15 Jahren durchgeführt.

Tabelle 3.1-83: Errechnung der Kosteneffizienz von Investitionen in zentrale Heizungsregelungssysteme

	Investition	angenommene Strompreisänderung	Barwert der Einsparungen bei einer Lebensdauer von 5 Jahren	Barwert der Einsparungen bei einer Lebensdauer von 15 Jahren
Altbau	1.200 €	0%	3.607 €	8.825 €
	1.200 €	3%	3.820 €	10.680 €
	1.200 €	10%	4.368 €	17.308 €
sanierter Altbau	1.200 €	0%	1.564 €	3.824 €
	1.200 €	3%	1.655 €	4.628 €
	1.200 €	10%	1.823 €	7.500 €
Neubau	1.200 €	0%	1.202 €	2.942 €
	1.200 €	3%	1.274 €	3.560 €
	1.200 €	10%	1.456 €	5.770 €

Barwert errechnet bei angenommenen 18,26 Cent/kWh Energiepreismix und 0, 3 und 10% jährlicher Energiepreissteigerung.

Werden für die Lebensdauer des Regelungssystems 15 Jahre angesetzt, rentiert sich die Anfangsinvestition in jedem Fall. Auch bei einer angenommenen Lebensdauer von 5 Jahren ist dies der Fall. Aus Sicht der Autoren ist jedoch gerade im Fall einer zentralen Heizungsregelung keine Evidenz für eine Lebensdauer von 5 Jahren vorhanden. Dieser Wert wird in der CWA 27 als „Default-Wert“ geführt und kann somit von den Mitgliedstaaten bei Bedarf geändert werden.

3.1.1.12 Dämmung von Warmwasserrohren

3.1.1.12.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

In einem Zentralheizungssystem erfolgt die Wärmeenergieerzeugung an einer zentralen Stelle. Ziel ist, die erzeugte Wärme mit möglichst niedrigen Verlusten an die Stelle des Bedarfs zu transportieren. Vor allem unter der Annahme, dass sich Wärmeerzeuger und Warmwasserspeicher in einem unbeheizten Raum befinden, tragen ihre Wärmeverluste nicht zur Raumheizung bei. Der Wärmeverlust eines Bauteils bzw. einer Rohrleitung hängt im Wesentlichen von den Faktoren Medientemperatur, Wärmedurchgangskoeffizient, den Wärmeübergangsfaktoren und der Umgebungstemperatur ab. Generell können Wärmeverluste von Verteilrohrleitungen der Raumheizungs- und Warmwassernetze sowohl in beheizten, als auch in unbeheizten Räumen auftreten. Die Verluste in unbeheizten Räumen können vom Haus nicht rückgewonnen werden, in beheizten Räumen kann ebenfalls ein Teil der Energie verloren gehen, z.B. in regelmäßig unbeheizten Räumen (nur von Zeit zu Zeit genutzt) oder Räumen mit niedrigerer Auslegungstemperatur, z.B. Treppenhaus, Eingangsbereich, Keller usw.

Arten der Rohrleitungsführung

Bei der Rohrleitungsführung von Zentralheizungen kann man grundsätzlich zwischen außen- und innenliegender Verteilung unterscheiden. Im Altbau ist sicherlich die außenliegende Verteilung am häufigsten anzutreffen, wobei hier die Wärme meist über vertikale Stränge vom Wärmeerzeuger zu den Heizkörpern in den Geschossen transportiert wird, bzw. zuvor an der Unterseite der Kellerdecke geführt wird. Die vertikalen Steigstränge sind entweder in Mauerschlitzen verlegt und verputzt oder sichtbar an der Innenseite der Außenwand installiert. Der Wärmeverlust der an den Außenwänden befindlichen Rohrleitung ist im Altbau als hoch einzuschätzen.

Im Neubau wird heute fast ausschließlich die innenliegende Verteilung realisiert, was bedeutet, dass die Wärmeverteilung über eine vertikale Steigleitung in einem Schacht im Inneren des Gebäudes geführt wird. Von diesem werden die einzelnen Heizkörper über im Fußbodenaufbau verlegte Leitungen stern- oder ringförmig angeschlossen. Vorteilhaft ist hier die Anbindung zum Wärmeerzeuger innerhalb der thermischen Hülle, wodurch Wärmeverluste mehr der Gebäudeheizung zugute kommen.

Länge der Rohrleitungsabschnitte

Die Länge der Rohrleitungsabschnitte ist im Einzelfall konkret zu bestimmen. Bei unbekannter Rohrleitungslänge bietet die DIN V 4701-10 dahingehend eine grobe Abschätzung in Abhängigkeit der Gebäudenutzfläche. Ein übliches Heizungsrohrnetz besteht aus drei unterschiedlichen Bereichen, die oftmals mit den Akronymen V, S und A charakterisiert werden. Der Bereich V umfasst die horizontale Verteilung der Wärme vom Wärmeerzeuger zu den vertikalen Strängen. Diese Leitungen liegen im Altbau oftmals in unbeheizten Bereichen wie Heizungskeller, im Neubau z.B. im Estrich. Zum Bereich S gehören die vertikalen Steigstränge, diese Leitungen verlaufen meist im beheizten Bereich, entweder an der Innenseite der Außenwände oder in einem zentralen Versorgungsschacht. Der Bereich A umfasst die absperrbaren Anbindeleitungen bis zu den Heizkörpern.

Bei unbekannten Rohrleitungslängen bietet die DIN 4701-10 die Möglichkeit, die Längen der

einzelnen Rohrabschnitte in Abhängigkeit der Gebäudenutzfläche A_N abzuschätzen.

Tabelle 3.1-84: Abschätzung der Heizungsrohrleitungslänge

Heizungsrohrleitungslänge nach DIN 4701-10		
	Leitungslänge bei außenliegenden Strängen [m]	Leitungslänge bei innenliegenden Strängen [m]
Bereich V	$28,5 + 0,05 \cdot A_N$	$27,5 + 0,025 \cdot A_N$
Bereich S	$0,075 \cdot A_N$	$0,075 \cdot A_N$
Bereich A	$0,55 \cdot A_N$	$0,55 \cdot A_N$
Trinkwarmwasserrohrleitungslänge nach DIN 4701-10		
	Leitungslänge mit Zirkulation [m]	Leitungslänge ohne Zirkulation [m]
Bereich V	$26 + 0,02 \cdot A_N$	$13 + 0,01 \cdot A_N$
Bereich S	$0,075 \cdot A_N$	$0,038 \cdot A_N$
Bereich SL	$0,075 \cdot A_N$	$0,075 \cdot A_N$

Quelle: DIN V 4701-10 (2001-02), Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Vornorm.

Heizkreistemperaturen

Die mittlere Temperatur des Heizkreises und des Rohrleitungssystems hängen von der Auslegungstemperatur des Heizkreises ab. Die erforderlichen Vor- und Rücklauftemperaturen werden von der Heizlast und der Größe der Heizflächen bestimmt. Je größer die Heizflächen sind, umso geringer können die Auslegungstemperaturen gewählt werden.

Tabelle 3.1-85: Mittlere Heizkreistemperaturen

Auslegungstemperaturen des Heizkreises	mittlere Heizkreistemperatur
90/70 °C Radiatorsystem	56 °C
70/55 °C Radiatorsystem	46 °C
55/45 °C Radiatorsystem	38 °C
35/28 °C Radiatorsystem	26 °C

Quelle: DIN V 4701-10 (2001-02), Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Vornorm.

Dämmsysteme - einfache Rohrschalen

Für Warmwasser- und Heizungswasserrohre gibt es einfach zu verarbeitende Rohrisolierungen aus Polyurethan bzw. Polyethylen oder Kunstkautschuk mit Selbstklebefunktion, wobei hier durch die Materialflexibilität keine Gehrungsschnitte an Rohrbögen erforderlich sind. Die „Rohrschalen“ für verschiedene Rohrdurchmesser und

verschiedenen Dämmstärken können einfach angebracht werden. Entscheidend bei der Materialauswahl ist neben der Wärmeleitfähigkeit auch die Temperaturbeständigkeit bzw. die Brandklasse, welche wiederum vor allem für nichtbrennbare Glaswoll-Rohrschalen spricht. Je nach Temperaturniveau kommen unterschiedliche Materialien (Polystyrol, Polyurethan, Polyethylen für Temperaturen $T < 90$ Mineralwolle; Glaswolle $T < 250$ Steinwolle, Schlackenwolle $T > 250$) zur Anwendung.

Weitere Verlustquellen wie Armaturen, Durchbrüche oder Rohverbindungen können mittels Standard-Rohrschalen nicht gedämmt werden.

Dämmsysteme - Rohr-an-Rohr

Über weite Strecken laufen die Warmwasserverteilleitungen und Heizungszirkulationsleitungen in einem Gebäude parallel. Bei Rohr-an-Rohr-Systemen werden beide Rohre nebeneinander in einer gemeinsamen Dämmschale verlegt. Diese Systeme benötigen bei der Installation weniger Platz als bei der getrennten Verlegung und können dazu beitragen den Arbeitsaufwand zu verringern.

3.1.1.12.1.1 Variantenberechnungen für Wärmeverluste und Einsparungen

Die Berechnung der Wärmeverluste von Rohrleitungen und die Ermittlung optimaler Dämmdicken erfolgt auf der Grundlage der VDI 2055 [242] bzw. mit Hilfe der DIN EN ISO 12241 [63]. Wie diesen Regelwerken zu entnehmen ist, sind die Berechnungen für die Wärmeübertragung durch Leitung, Konvektion und Strahlung von einer Vielzahl von Einflussfaktoren wie beispielsweise Temperaturen und der Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers in den Rohren und der Umgebungsluft, Rohrabmessungen und -material, Position und Einbaulage der Rohrleitungen abhängig. Um darüber hinaus Kosteneinsparungen und Amortisationszeiten ermitteln zu können, benötigt man neben Angaben zu den Betriebsstunden und der Nutzungsdauer der haustechnischen Anlage (inkl. Rohrleitungen) auch aktuelle Wärmepreise, Preisänderungsfaktoren und Angaben zu Kapitaldienstfaktoren, Zinssätzen, Investitionskosten der nachträglich anzubringenden Dämmung usw. Diese Zusammenhänge lassen sich – wie ein Blick in die VDI 2055 zeigt – nicht in einer „Faustformel“ erfassen. Um dennoch auf möglichst einfache Weise Wärmeverluste zu ermitteln und eine grundsätzliche Aussage zu den Kosteneinsparungen durch die Dämmung von Rohrleitungen zu machen, werden für die nachfolgenden Berechnungen einige Vereinfachungen verwendet.

Beispiel 1: Berechnung der Wärmeverluste einer frei verlegten, ungedämmten und gedämmten Warmwasserleitung in einem Keller

Unter Vernachlässigung der Wärmeleitung des Rohrmaterials, des inneren konvektiven Wärmeübergangs, der Wärmestrahlung und der Lage/Anordnung der Rohre berechnet man die Wärmeabgabe der Rohrleitung mit nachfolgender Gleichung der VDI 2055:

$$\dot{q} = \frac{\pi \cdot \Delta\vartheta}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \left[\frac{W}{m} \right]$$

$\Delta\vartheta$ - Temperaturdifferenz [K]

λ - Wärmeleitkoeffizient der Dämmung [W/m· K]

d_a - Außendurchmesser der Dämmung [m]

d_i - Innendurchmesser der Dämmung [m]

α_a - Wärmeübergangskoeffizient zwischen Dämmung und Umgebungsluft [W/m²· K]

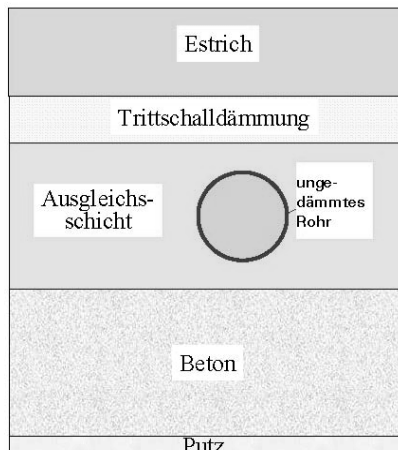
Bei der Berechnung des Wärmeverlustes dieser ungedämmten Rohrleitung (Kupfer DN 25) sind in dieser Gleichung für d_a bzw. d_i der Außen- bzw. Innendurchmesser des Rohres einzusetzen und der Wärmeleitkoeffizient λ entspricht dem des Rohrmaterials. Für die ungedämmte Leitung mit z.B. der mittleren, konstanten Temperatur von 60 °C beträgt die Wärmeabgabe im Kellerbereich (gut belüftet; mittlere, konstante Temperatur 10 °C) 39 W/m. Befinden sich beispielsweise 4 solcher ungedämmten Rohre (Verteil-, Steig- und Zirkulationsleitungen, vereinfachend mit dem gleichen Durchmesser) mit einer Gesamtlänge von 40 m im Kellerbereich, so hat die Gesamtwärmeabgabe die bemerkenswerte Größe von 1,56 kW. Um derartige Verluste zu minimieren ist die nachträgliche Anbringungen von Isolierungen sinnvoll.

Beispiel 2: Berechnung der Wärmeverluste einer im Fußbodenaufbau verlegten, ungedämmten bzw. gedämmten Trinkwasserleitung (warm)

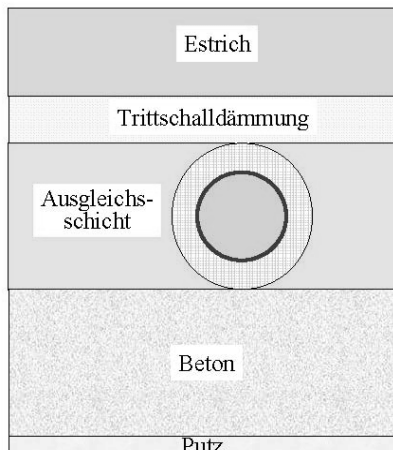
In einem Wohngebäude ist eine ungedämmte Trinkwasserleitung (warm) im Fußbodenaufbau verlegt worden, siehe Abbildung 3.1-19. Zu klären ist, in welchem Umfang man Wärmeverluste und Energiekosten reduzieren kann, wenn die Rohrleitungen gedämmt worden wären.

Abbildung 3.1-19: Fußbodenaufbau mit einer integrierten Rohrleitung (schematisch)

a) Rohrleitung ungedämmt



b) Rohrleitung gedämmt



Quelle: [197]

Je nach verwendeter Ausgleichsschicht sind die Verlustwärmeströme im Fußboden sehr unterschiedlich wie in Tabelle 3.1-86 dargestellt. Die Berechnung der Wärmabgabe erfolgt gemäß dem Berechnungsformalismus für die stationäre, zweidimensionale Wärmeleitung in einer ebenen Platte.

Tabelle 3.1-86: Verlustwärmeströme für die ungedämmte bzw. gedämmte Rohrleitung im Fußboden

Polyethylen - Rohrdämmung D [mm];	Ausgleichsschicht λ_A [W/m K]	Verlustwärmestrom $\dot{q}$ [W/m]
0	0,04	12
26	0,04	5
0	0,70	42
26	0,70	6

Quelle: [197]

Die Ergebnisse zeigen, dass der Verlustwärmestrom neben der Rohrdämmung entscheidend von der verwendeten Ausgleichsschicht abhängt. Der Verlustwärmestrom erhöht sich drastisch, wenn statt der wärmedämmenden Ausgleichsschicht $\lambda_A = 0,04$ eine Ausgleichsschicht z.B. aus Leichtbeton $\lambda_A = 0,07$ verwendet wird.

Das Beispiel soll die Einflüsse auf Wärmeverluste einer im Fußbodenaufbau verlegten Heizungsleitung zeigen. Derartige Einsparpotentiale sind aufgrund dieser vielschichtigen Einflüsse kaum quantifizierbar. Zudem ist eine nachträgliche Dämmung von im Fußboden verlegten Rohrleitungen nur im Rahmen einer Generalsanierung des Wärmeverteilsystems möglich und mit zahlreichen Stemm- und Maurerarbeiten verbunden. Der Verlustwärmestrom relativiert sich, wenn er als Beitrag zur Gebäudebeheizung gesehen

wird, und nicht als Wärmestrom über die Außenwände auftritt.

Abschätzung des Einflusses der Dämmstärke

Zur Abschätzung des Einflusses der Dämmstärke werden einige Berechnungen zum Wärmeübergang an ungedämmten bzw. mit verschiedenen Dämmstärken ausgestatteten Rohren angestellt. Der Berechnungsformalismus des Wärmeübergangs ist aus dem VDI-Wärmeatlas. [244]

Basisdaten			
Lichter Rohrleitungsquerschnitt	½ Zoll	Wärmeleitzahl λ der Dämmung	0,034 [W/m·K]
Rohrleitungsmaterial	Kupfer	Dämmungsstärke A	3 [mm]
Vorlauftemperatur	75 [°C]	Dämmungsstärke B	7 [mm]
Rücklauftemperatur	60 [°C]	Dämmungsstärke C	13 [mm]
Lufttemperatur Heizungsraum	17 [°C]	Dämmungsstärke D	25 [mm]
Außendurchmesser der Rohleitung	22 [mm]		

Wärmeverlust am nicht gedämmten Rohr

Gleichung von Churchill und Chu	Dimensionslose Kennzahlen
$Nu = \left\{ A + \frac{0,387 * Ra^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{B}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$	$Nu = \frac{\alpha_{\text{ausen}} * \ell}{\lambda}$ $Gr = \frac{g * \ell^3 * \beta * (\vartheta_o - \vartheta_L)}{v^2}$ $Pr = \frac{v * \rho * c_p}{\lambda}$ $Ra = Gr * Pr$
A, B - Konstanten des Gültigkeitsbereichs	g – Erdbeschleunigung [9,81 m/s ²]
α_k - gesuchter Wärmeübergangskoeffizient	ϑ_o, ϑ_L - Temperatur der Rohroberfläche / Luft
l - charakteristische Länge	β - thermischer Ausdehnungskoeffizient
Stoffwerte der Luft bei $\vartheta_m = (\vartheta_o + \vartheta_L) / 2 = (75^\circ\text{C} + 17^\circ\text{C}) / 2 = 46^\circ\text{C}$	
λ - Wärmeleitfähigkeit = $27,66 * 10^{-3} \frac{W}{m * K}$	ν - kinematische Viskosität = $179,58 * 10^{-7} \frac{m^2}{s}$
ρ - Dichte der Luft = $1,089 \frac{kg}{m^3}$	c_p - spez. Wärmekapazität = $1,008 \frac{kJ}{kg * K}$
Gültigkeitsbereich und charakteristische Länge	
$Ra < 10^3$: A = 0,6; B = 0,559; $l = d_a$	$Ra > 10^3$: A = 0,825; B = 0,492; $l = d_a * \frac{\pi}{2}$
Für den Wärmeverlust je Meter Rohr gilt	
$\dot{q} = \pi * d_a * \alpha * \Delta \vartheta$	
Der Wärmeverlust am unisolierten Vorlaufrohr beträgt	
$\dot{q} = 34 \frac{W}{m}$	
Der Wärmeverlust am unisolierten Rücklaufrohr beträgt	
$\dot{q} = 23 \frac{W}{m}$	

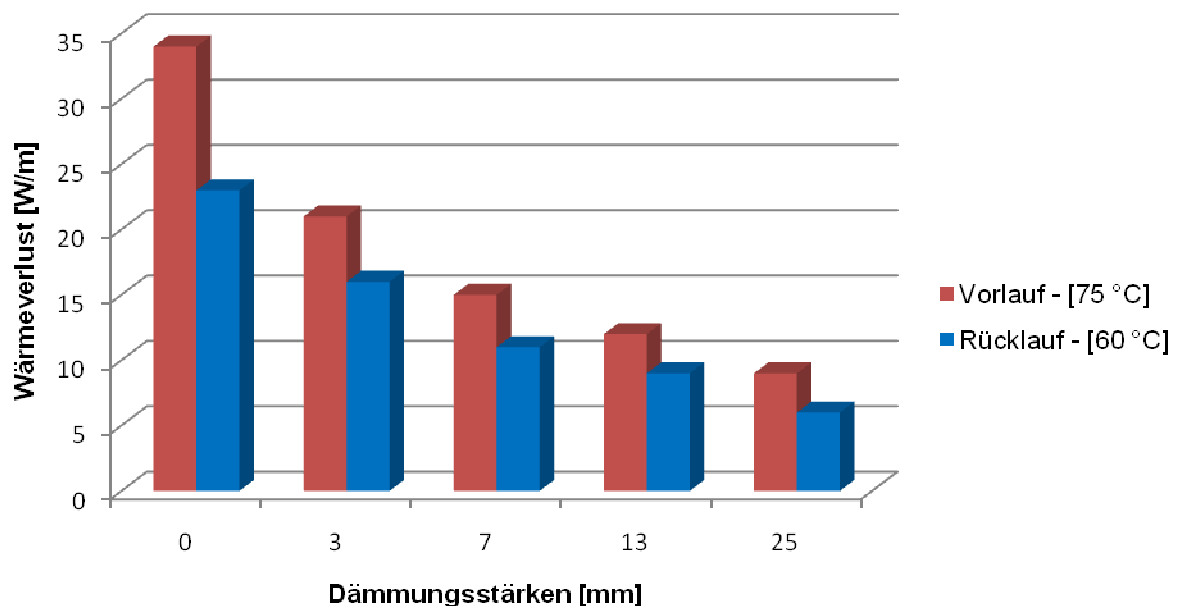
Bei der Berechnung des Wärmeübergangs am gedämmten Rohr besteht die Problematik darin, dass aufgrund der nicht bekannten Oberflächentemperatur der Dämmung der α -Wert nicht wie oben berechnet werden kann. Für die verschiedenen Isolationsstärken werden folgende α -Werte angenommen:

Dämmungsstärke A	3 [mm]	$\alpha_a = 7 \frac{W}{m^2 * K}$
Dämmungsstärke B	7 [mm]	$\alpha_a = 6 \frac{W}{m^2 * K}$
Dämmungsstärke C	13 [mm]	$\alpha_a = 5 \frac{W}{m^2 * K}$
Dämmungsstärke D	25 [mm]	$\alpha_a = 3 \frac{W}{m^2 * K}$

Wärmeverlust am gedämmten Rohr	
$\dot{q} = k * (\vartheta_{innen} - \vartheta_{aussen})$	$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{\alpha_a * r_a} + \frac{\ln(\frac{r_a}{r_i})}{\lambda_{iso}}}$
Wärmeverlust am gedämmten Vorlaufrohr	
Dämmungsstärke A - 3 [mm]	
$r_i = 11\text{ mm}$ $r_a = 14\text{ mm}$	$k = 0,363 \frac{W}{m \cdot K}; \dot{q} \approx 21 \frac{W}{m}$
Dämmungsstärke B - 7 [mm]	
$r_i = 11\text{ mm}$ $r_a = 18\text{ mm}$	$k = 0,363 \frac{W}{m \cdot K}; \dot{q} \approx 15 \frac{W}{m}$
Dämmungsstärke C - 13 [mm]	
$r_i = 11\text{ mm}$ $r_a = 24\text{ mm}$	$k = 0,363 \frac{W}{m \cdot K}; \dot{q} \approx 12 \frac{W}{m}$
Dämmungsstärke D - 25 [mm]	
$r_i = 11\text{ mm}$ $r_a = 36\text{ mm}$	$k = 0,363 \frac{W}{m \cdot K}; \dot{q} \approx 9 \frac{W}{m}$
Wärmeverlust am gedämmten Rücklaufrohr	
Dämmungsstärke A - 3 [mm]	$\dot{q} \approx 16 \frac{W}{m}$
Dämmungsstärke B - 7 [mm]	$\dot{q} \approx 11 \frac{W}{m}$
Dämmungsstärke C - 13 [mm]	$\dot{q} \approx 9 \frac{W}{m}$
Dämmungsstärke D - 25 [mm]	$\dot{q} \approx 6 \frac{W}{m}$

Der Einfluss der unterschiedlichen Dämmstärken auf die Reduzierung der Verlustwärme aufgrund natürlicher Konvektion ist in der nachfolgenden Abbildung nochmals veranschaulicht. Speziell in Bereichen hoher Temperaturdifferenzen wie z.B. im Vorlaufrohrsystem erzielt eine Dämmung deutliche Effekte.

Abbildung 3.1-20: Einfluss der Dämmstärke auf die „qualitativen Wärmeverluste“ einer Heizungsleitung (1/2 Zoll Kupferleitung)



Quelle: eigene Darstellung

Neben der Erhöhung der Dämmstoffstärke kann natürlich auch eine Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit des eingesetzten Dämmstoffes gleichermaßen in Erwägung gezogen werden, insbesondere wenn Platzprobleme auftreten. Die Tabelle 3.1-87 zeigt den Zusammenhang zwischen der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes und dem Wärmedurchgangskoeffizienten des Rohres. Dazu muss angemerkt werden, dass den Autoren kein Dämmstoff mit einer so geringen Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$ bekannt ist.

Tabelle 3.1-87: Einfluss der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes und der Dämmstoffstärke auf den Wärmedurchgangskoeffizienten

Wärmedurchgangskoeffizient [W/mK]		
Dämmstoffstärke [mm]	Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes $\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$
0	1,38	1,38
30	0,20	0,14
60	0,14	0,10

Quelle: [143]

Weiters ist zu beachten:

- Erfolgt die Dämmung der Heizungs- und Warmwasserrohre nach der Montage der Rohre ist auf eine sorgfältige Isolierung aller Rohrstränge bzw. Wanddurchgänge, Halterungen usw. zu achten, um Wärme- bzw. Kältebrücken und mögliche Schwitzwasserbildung zu vermeiden.
- Jenseits aller technischen Maßnahmen bzw. Möglichkeiten bleibt das Nutzerverhalten ein dominierender Faktor, d.h. die Anzahl, Dauer und Verteilung der Wasserentnahmen über den Tag. Hiervon hängt ab, mit welcher Temperatur das Wasser bei einer neuen Entnahme zur Verfügung steht, bzw. welche Leitungsverluste auftreten.
- Ein Teil der Wärmeverluste des Zirkulationsleitungskreislaufs führt während der Heizperiode zu Heizgewinnen – dieser Effekt ist zu berücksichtigen.
- Einfamilienhäuser sind verstärkt mit räumlich auseinander liegenden Sanitärinstallationen gegenüber Mehrparteienhäusern ausgestattet, dadurch liegen die Wärmeverluste sicherlich höher bei gleicher Größe der Einzelhaushalte.
- Neben dem Effekt der Verringerung des Wärmeverlustes erfolgt durch die Dämmung von Rohrleitungen auch eine Reduktion der Körperschallübertragung durch Dämpfung und Entkopplung.

Anforderungen an die Rohrleitungsdämmung

Rohrleitungen für erwärmtes Trinkwasser sind nach DIN 1988 Teil 2, Abschnitt 10.2.3 zur Begrenzung des Wärmeverlustes zu schützen bzw. nach ÖNORM M 7580 zu dämmen. Die ÖNORM M 7580 ist für die Wärmedämmung von allen Bauteilen von Heizungsanlagen und Trinkwassererwärmungsanlagen anzuwenden, *deren Verlustwärme nicht in vollem Umfang Räumen zugute kommt, die ihrer Bestimmung nach beheizt werden sollen*. Nicht den Dämmvorschriften dieser Norm unterliegen somit Heizleitungen, deren Verlustwärme in *vollem Umfang* Räumen zugute kommt, die ihrer Bestimmung nach beheizt werden sollen.

In der Norm wird zwischen Oberputz- und Unterputzinstallation unterschieden. Bei der Unterputzinstallation werden bedingt durch den stärkeren Wärmefluss in der Wand die Isolierstärken nach ÖNORM M7580 mit 2/3 des Rohraußendurchmessers, mindestens jedoch 9 mm angegeben, wobei ein Wärmedurchgangskoeffizient von $\geq 0,35 \text{ W/(mK)}$ nicht überschritten werden darf.

Bei Oberputzinstallationen, sprich der Freiverlegung sowie der Vorwand- und Schachtinstallation, wird als Zielvorstellung ein längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient von $\geq 0,35 \text{ W/(mK)}$ zugrunde gelegt. Dieser Wert ist abhängig von der tatsächlichen Wärmeleitfähigkeit des Isolierstoffes bei 60 °C ($\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$).

Die Oö. Energiespar-Verordnung 2008 sieht keine zwingenden Maßnahmen zur nachträglichen Dämmung von Rohrleitungen vor. In der Verordnung wird die Förderung von Energiegewinnungsanlagen, die erneuerbare Energieträger nutzen, für das Land Oberösterreich festgelegt. [167]

In Oberösterreich erfolgt die Förderung von derartigen Sanierungsmaßnahmen nach der OÖ

Wohnhaussanierungs-Verordnung 2008. Die Sanierungsförderung besteht in der Gewährung von Annuitätenzuschüssen von 25% gemäß dem OÖ Wohnbauförderungsgesetz wobei energetische Mindeststandards der Bauteile eingehalten werden müssen, sowie ein Beratungsgespräch mit dem OÖ Energiesparverband zu führen ist. Als Mindeststandard wird festgehalten, dass *die frei zugänglichen Heizungs-/Warmwasserleitungen in unbeheizten Räumen eine Mindest-Dämmstärke von 2/3 des Rohrdurchmessers aufweisen müssen.* [168]

In der OiB – Richtlinie 6 zur Energieeinsparung und Wärmeverteilung werden im Bereich der Wärmeverteilung (Punkt 6.1) Anforderungen an die Mindestdämmstärke der Leitungen und Armaturen vorgeschrieben. Im Regelfall ist eine Dämmung mit der vorgeschriebenen Qualität aus ökonomischen Gründen sinnvoll. Nachfolgend ist der Originaltext der OiB – Richtlinie 6, Punkt 6.1 wiedergegeben [226]:

Bei erstmaligem Einbau, bei Erneuerung oder überwiegender Instandsetzung von Wärmeverteilungssystemen und Warmwasserleitungen einschließlich Armaturen ist deren Wärmeabgabe durch die folgenden technischen Maßnahmen zu begrenzen:

Art der Leitungen bzw. Armaturen	Mindestdämmdicke bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK)
Leitungen / Armaturen in nicht konditionierten Räumen	2/3 des Rohrdurchmessers, jedoch höchstens 100 mm
Bei Leitungen/Armaturen in Wand und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/3 des Rohrdurchmessers, jedoch höchstens 50 mm
Leitungen / Armaturen in konditionierten Räumen	1/3 des Rohrdurchmessers, jedoch höchstens 50 mm
Leitungen im Fußbodenaufbau	6 mm (kann entfallen bei Verlegung in der Trittschalldämmung bei Decken gegen konditionierte Räume)
Stichleitungen	keine Anforderungen

Bei Materialien mit anderen Wärmeleitfähigkeiten als 0,035 W/(mK) sind die Mindestdämmstärken mit Hilfe von in den Regeln der Technik enthaltenen Rechenverfahren umzurechnen.

Die Anforderungen der OiB – Richtlinie 6 hinsichtlich Anforderungen an die Mindestdämmstärken entsprechen im Wesentlichen den Vorgaben der deutschen EnEV.

In Deutschland schreibt die EnEV [50] im §9 Abs. 2 vor, dass „ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, bis zum 31.12.2006 nach Anhang 5 zur Begrenzung der Wärmeabgabe gedämmt (werden) müssen“.

Von Rohrleitungen für erwärmtes Trinkwasser und Heizungsleitungen zu differenzieren sind kalte Trinkwasserleitungen, welche gedämmt werden, um die Wasserqualität durch Erwärmung nicht zu beeinflussen.

3.1.1.12.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Aus dem vorangegangenen Abschnitt wird deutlich, dass es im Bereich der Rohrleitungsdämmung besonders schwierig ist, pauschale Anleitungen für die Bestimmung der möglichen Einsparungen abzuleiten. Sämtliche Formeln des vorangegangenen Abschnitts basieren auf teilweise sehr genauen Informationen über das zu evaluierende Objekt bzw. über die einzelnen Rohrleitungen. Bewertungen auf das einzelne gedämmte Rohr erscheinen deshalb nicht mit einem vertretbaren Aufwand realisierbar. Als Konsequenz werden im Folgenden einige Beispiele für Rohrleitungsdämmungen dargestellt, die jedoch auf Grund der möglichen großen Heterogenität der sanierten Objekte nicht als allgemein anwendbare Einsparwerte für Rohrsanierungen verstanden werden können.

Als vorrangiges Sanierungsziel im Bereich der Rohrleitungsdämmungen werden in der Literatur Altbauten angesehen. Exemplarisch dafür werden die folgenden Berechnungen für Gebäude der Bauperiode 1958-1968 durchgeführt. Laudenbach und Koch (2003) [143] berechnen für diese Bauperiode 56% des Heizwärmebedarfs als Rohrleitungsverluste. Dies bedeutet etwa, dass bei einem Heizwärmebedarf von 177 kWh/m^2 etwa 100 kWh/m^2 über Rohrleitungsverluste verlorengehen. Die Werte in Tabelle 3.1-88 können unter diesen Prämissen interpretiert werden.

Tabelle 3.1-88: Einsparungen durch die Dämmung von Rohrleitungen im Wohnbau bei zuvor vollständig unisolierten Rohren

Gebäude	Gebäude-nutzfläche in m^2	Länge (in m) zugänglicher Rohrleitungen	Einsparung Wärmeenergie in %	Einsparung in kWh
Zweifamilienhaus	289	90,3	69	21.970
Kleines Mehrfamilienhaus (6 Wohneinheiten)	621	97,9	56	37.490
Großes Mehrfamilienhaus (42 Wohneinheiten)	3.327	257,4	54	134.760

Quelle: [230]²⁹.

Tabelle 3.1-88 zeigt die hohen Einsparungen durch Rohrleitungsdämmungen auf. Dies ist insbesondere bemerkenswert, da sich diese Werte nur durch die Dämmung zugänglicher (also nicht eingemauerter) Rohre erreichen lassen. Als Basis für diese Berechnungen wurde des Weiteren angenommen, dass die Rohre vor dieser Dämmmaßnahme völlig ungedämmt waren. Waren die Rohre vor der umfassenden Dämmung bereits mit einer 2 mm Dämmschicht versehen, reduziert sich die mögliche Einsparung um etwa 50%.

3.1.1.12.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Im Folgenden sollen die Kosten einer Rohrleistungsdämmung mit der monetären Ersparnis verglichen werden, um Aussagen über die Rentabilität dieser Investition treffen zu können.

²⁹ Berechnungen wurden exemplarisch für den Raum Braunschweig durchgeführt. Dieser ist klimatisch jedoch im vergleichbaren Bereich mit Österreich.

Eine Recherche in diversen Baumärkten zeigte, dass die meisten Rohrschalen aus Polyurethan-Schaum bzw. Polyethylen gefertigt sind. Die beobachtete Preisspanne erstreckt sich von ungefähr einem Euro bis drei Euro pro Laufmeter Rohrschalenisolierung. Gerade bei den sehr günstigen Materialien war auffallend, dass keine Angaben über Wärmeleitzahlen verfügbar waren – die Effizienz derartiger Produkte wird seitens der Autoren angezweifelt. Wird die Isolation von Handwerksbetrieben durchgeführt, sind vor allem die Montagekosten erheblich.

In Tabelle 3.1-89 sind die von Armacell (Dämmstoffhersteller) im Jahr 2003 im Rahmen einer in Auftrag gegebenen Studie veröffentlichten Kosten für eine nachträgliche Rohrleitungsdämmung angegeben. Dabei handelt es sich um Kosten für den Endverbraucher einschließlich Dämmstoffmaterial, die Arbeitszeit und die An- und Abfahrt des Handwerkers. Die Ermittlung dieser Preise wurde im Jahr 2002 durchgeführt und die dort dargestellten Preise werden deshalb um eine Teuerungsrate von 5%/a für das Jahr 2008 korrigiert.

Tabelle 3.1-89: Kosten für nachträgliche Rohrleitungsdämmmaßnahmen (Armacell)

	Kosten bis DN 28 [€/m]	Kosten bis DN 42 [€/m]	Kosten bis DN 60 [€/m]
100%-Niveau	7,15	18,43	27,22
200%-Niveau	15,89	52,31	80,01

Quelle: [143], Werte inflationsangeglichen durch die Autoren.

Werden wie oben beschrieben 33,7 m Rohrleitung in einem Objekt der Bauperiode 1945 bis 1980 gedämmt, und wird eine 100% Dämmung eingesetzt, bleibt für eine Abschätzung der Kosten noch eine Aufteilung nach Rohrdurchmessern anzunehmen. Für die exemplarische Darstellung wird hier eine Drittelung, also jeweils 11,2 m pro Rohrdurchmesser angenommen. Dies ergibt Investitionskosten pro Objekt von 591 €. Werden diesen 591 € jährliche Einsparungen von 7.300 kWh bei einem Heizenergiepreis von 8,10 Cent gegenübergestellt, ergibt sich die Barwertberechnung in Tabelle 3.1-90.

Tabelle 3.1-90: Kosten für nachträgliche Rohrleitungsdämmmaßnahmen (Armacell)

	Investition	angenommene Preissteigerung	Barwert der Einsparung in den ersten 10 Jahren
100%-Niveau	591 €	0%	4.680 €
	591 €	3%	5.306 €
	591 €	10%	7.205 €

Tabelle 3.1-90 zeigt deutlich das enorme monetäre Einsparpotential von Rohrleitungsdämmungen. Die Amortisation der Anfangsinvestition ist bereits nach der ersten Heizperiode gegeben. (Zu diesem Schluss kommen auch Laudenbach und Koch (2003) [143] bzw. Störkmann 2006/2007 [230]).

Auf Basis der durchgeführten Berechnungen wird der nachträglichen Dämmung von Heizungs- bzw. Warmwasserrohren seitens der Autoren ein interessantes Einsparpotential beigemessen. Durch die einfache Installation bei frei liegenden Rohrleitungen und die relativ geringen Investitionskosten ist vor allem die Dämmung von Heizungs- und Warmwasserrohren einschließlich Armaturen in unbeheizten Räumen (Heizungskeller) sinnvoll. Energiesparberatungen können auf Grundlage eines Fragebogens zur Ist-Situation plakativ die mit der Maßnahme verbundene Reduktion des Heizwärmebedarfs für den Kunden darstellen.

Für eine optimale Dokumentation und Maximierung des Nutzens der Maßnahme aus Sicht des Kunden und aus Sicht des Energieversorgers wird die Ermittlung möglichst vieler der folgenden Daten für den spezifischen Einzelfall vorgeschlagen:

- Rohrleitungsdimension
- ungefähre Vor- und Rücklauftemperatur
- Art der Rohrleitung
- Angabe über Leitungszirkulation
- Rohrleitungsmaterial
- Rohrleitungslänge des betroffenen Abschnittes
- Material- und Dämmstärke der bestehenden Dämmung

3.1.2 Maßnahmen im Bereich Weißwaren

3.1.2.1 Kühlschränke und Gefrierschränke

3.1.2.1.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Kühlschränke werden in verschiedenen Ausführungen angeboten, wobei zwischen Einzelgeräten in Form von Tisch- oder Einbaugeräten, Standgeräten und Kombinationsgeräten mit einem Gefrierfach unterschieden werden kann. Auch Gefrierschränke können entweder als Einzelgerät aber auch in Kombination mit einem Kühlschrank erworben werden. Im Folgenden wird der Austausch ineffizienter Kühlschränke, Kühlschränke in Kombination mit einem Gefrierfach (*/*/*/*) und Gefrierschränke gegen effiziente Neugeräte als Maßnahme beschrieben und bewertet.

Kühl- und Gefrierschränke als Einzelgerät

Die Hauptfunktion von Kühl- und Gefrierschränken besteht in der Kühlung des Inhaltes wie Lebensmittel oder Getränke. Dabei wird aus dem Kühlschrankinneren mittels Wärmeübertragern Wärme entzogen und nach außen abgegeben. Kühlschränke, die in Haushalten eingesetzt werden, arbeiten meist nach dem Kompressorprinzip, wobei vor allem bei Altgeräten FCKW als Kühlmittel eingesetzt wird. Dessen Einsatz ist seit den 1990er Jahren aufgrund seiner ökologischen Bedenklichkeit verboten, und wurde durch andere Kühlmittel wie bspw. Butan ersetzt. Kühlschränke und Gefrierschränke haben im Gegensatz zu anderen Weißwaren keinen Standby-Betrieb und müssen daher dauernd im Normalbetrieb ihre Leistung erbringen. Das Gehäuse der Geräte ist wärmegeklämt, um die Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur bei möglichst geringen Energieaufwand aufrecht zu erhalten. Die Betriebstemperatur eines Kühlschranks liegt meist zwischen 2°C und 8°C. Modelle ohne Gefrierfach weisen ein Kühlvolumen von 120 bis 144 Liter auf, wobei das tatsächliche Gebrauchsvolumen oder Nutzvolumen (ohne Einschübe und Ablagen) rund 5-10% geringer ist.

Kühl- und Gefrierschränke als Kombigerät

Kombinierte Kühlschränke beinhalten ein Gefrierfach, welches wiederum in verschiedene Klassen eingeteilt wird. Hier können zwischen 4-Sterne (*/*/*/*) bis 1-Sterne-Fächer (*) unterschieden werden, die je nach Sternanzahl eine bestimmte Kühlleistung bringen. Während sich (*)- und (**)-Fächer lediglich für eine kurzfristige Lagerung von bereits gefrorenem Gut eignen, sind für eine längere Lagerung von Gefriergut bzw. zum Einfrieren von frischen Speisen ein (***) oder (*/*/*) erforderlich. Drei-Sterne (***) oder 4-Sterne Fächer (*/*/*) sind somit zur langfristigen Lagerung von gefrorenen Lebensmitteln geeignet und kühlen mit rund -18°C.

Durch das Öffnen der Kühl- oder Gefrierschränke oder durch Einlagerung von feuchten Speisen kann sich Eis im Inneren der Geräte bilden. Eine dicke Eisschicht führt zu einem erhöhten Stromverbrauch, weshalb ein regelmäßiges Abtauen der Kühlgeräte notwendig ist. Bei sogenannten „No-Frost“ Geräten wird mittels einem kleinem Gebläse ein permanenter

Luftstrom erzeugt, der die Eisbildung verhindert soll. Durch den Ventilator wird dadurch 10–30% mehr Strom verbraucht. Im Gegensatz dazu können zwar „Low-Frost“ Geräte die eingesaugte Luft ohne zusätzlichen Stromverbrauch reduzieren, jedoch gelangt dennoch ein Feuchte-Eintrag durch das Öffnen der Türen in das Geräteinnere. Dieser kann verringert werden, indem man die Kühlgeräte möglichst zügig be- und entlädt.

Klimaklassen

Vor allem Kombigeräte (Kühlschrank inklusive Gefrierfach) werden in Klimaklassen eingeteilt. Diese geben Auskunft, in welcher Umgebungstemperatur ein Kühlschrank optimal kühlt. Diese können in die Klassifizierung SN (Subnormal, Raumtemperatur 10-32°C), N (normal, Raumtemperatur 16-32°C), ST (subtropisch, Raumtemperatur 16-38°C) und T (tropisch, Raumtemperatur 16-43°C) eingeteilt werden. Beispielsweise ist ein Gerät der Klimaklasse „N“, welches im Keller aufgestellt wird (< 16°C), nicht ausreichend, um den Thermostat anzusprechen. Hier wäre ein Gerät der Klasse „SN“ zu bevorzugen.

Effizienzklasse

Kühlschränke aber auch Gefrierschränke zählen zu den meist verbreitesten Haushaltsgeräten und tragen deshalb einen wesentlichen Teil zum Stromverbrauch eines Haushaltes bei. Um dem Verbraucher mehr Transparenz bezüglich des Strom- bzw. Wasserverbrauchs von Geräten geben zu können, wurde im Rahmen der Energieverbrauchskennzeichens-Verordnung (EnVKV) das EURO Label eingeführt. Hier wird auf einer Energieetikette der Energieverbrauch unter standardisierten Bedingungen in kWh pro Jahr des jeweiligen Gerätes ausgewiesen. Des Weiteren gibt die Plakette Aufschluss sowohl über den Nutzinhalt in Liter des Kühl- und Gefrierteils als auch teilweise über die Geräuscentwicklung in Dezibel. Effiziente Kühl- und Gefriergeräte fallen in die Effizienzklasse A++ und A+, hingegen weisen A oder B-Geräte schon eine erhebliche Effizienzverminderung auf. Kühl- und Gefriergeräte der Energieeffizienz-Klasse A+ verbrauchen rund 25% und A++ Geräte rund 45% weniger Energie gegenüber einem Gerät der Klasse A, welches im Volumen und in der Ausstattung vergleichbar ist. Der Energieverbrauch der Kühlschränke differiert je nach Nutzvolumen, Ausstattung mit einem Gefrierfach und dem Stromverbrauch pro Jahr.

Im Zeitraum zwischen 1980-2000 wurden etliche technologische Verbesserungen im Bereich Kühlschränke und Gefriergeräte vorgenommen. Diese sind sowohl eine effizientere Wärmedämmung des Gerätes, der Einsatz von besseren Kompressoren als auch der Verzicht auf das Kühlmittel FCKW. Der Trend geht dabei deutlich in Richtung Vakuum-Wärmedämmung. [43] Diesen Entwicklungen hin zur Effizienz steht jedoch eine intensivere Nutzung bzw. eine Zunahme an Geräten in den Haushalten gegenüber.

Um den Energieverbrauch in diesem Bereich zu reduzieren, sind einerseits Maßnahmen im Bereich Effizienzsteigerung wie Erneuerung der Haushaltsgeräte relevant und andererseits die Schaffung von Anreizen für Verbraucher, um deren Gewohnheiten zu ändern. [40] Hier können Kampagnen zum Tausch von Haushaltsgeräten (Weißwaren) maßgeblich sein, welche Förderungen zum Umstieg auf ein effizienteres Gerät bieten. Im Rahmen der Weißwarentausch-Kampagne der Energie AG im Jahr 2006 konnten dadurch nachweislich rund 374 alte Kühlgeräte und 325 alte Gefriergeräte entsorgt und durch neue Geräte der Energieeffizienz-Klasse A++ ersetzt werden. Diese Maßnahme resultierte insgesamt in einer

jährlichen Ersparnis von 94 MWh (Kühlgeräte) und 89 MWh (Gefriergeräte) je nach Gerätetyp. [183]

Empfehlungen zum effizienten Verbrauch von Kühl- und Gefrierschränken

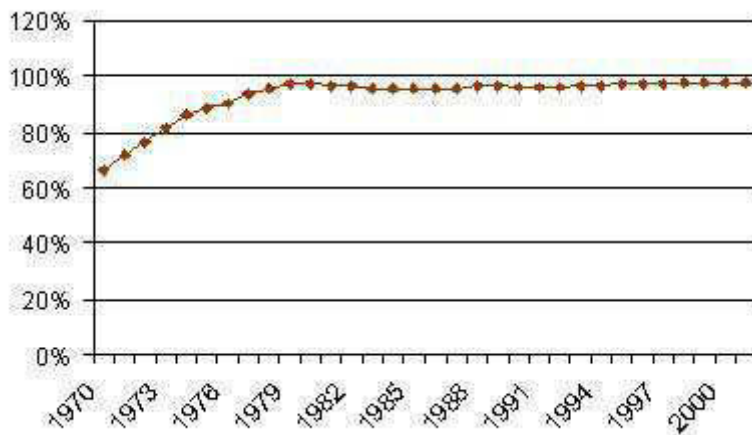
Zusammenfassend können folgende Parameter identifiziert werden, die den Einsatz von Kühl- und Gefrierschränken effizienter gestalten und den Stromverbrauch senken:

- Um den Stromverbrauch zu minimieren, ist die Umgebungstemperatur maßgeblich. Es sollte ein Kühlgerät niemals neben einer Heizung, einem Herd, einer Spülmaschine oder einem Ort mit direkter Sonnenbestrahlung aufgestellt werden, sondern an einem kühlen, trockenen und gut belüfteten Raum.
- Beim Kauf eines neuen Gerätes soll auf einen geringen Stromverbrauch geachtet werden (siehe Energieeffizienz-Klasse).
- „Low-Frost“-Geräte sind verglichen mit „No-Frost“ Geräte sparsamer im Verbrauch.
- Die Rückenwand des Kühl- bzw. Gefriergerätes sollte sich in einem Abstand von 5-10 cm weg von der Wand befinden. Des Weiteren ist es notwendig, die Lüftungsschlitze freihalten.
- Regelmäßiges Abtauen der Gefrierfächer beeinflusst den Energieverbrauch, da dicke Eisschichten an der Oberfläche des Wärmetauschers den Verbrauch erhöhen.
- Die Nutzung ist ein weiterer wichtiger Indikator, der sich auf den Gesamtverbrauch des Gerätes auswirkt. Deshalb ist es notwendig, auf optimale Lagertemperaturen (Kühlschrank +5 bis +7 °C, Gefrierschrank -18 °C) zu achten und nur abgekühlte bzw. verpackte Speisen in das Gerät zu geben.

3.1.2.1.1 Aktuelle Situation in Österreich

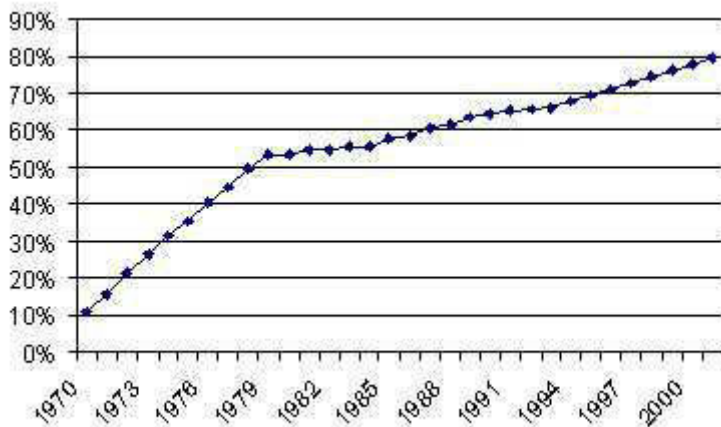
Laut Statistik Austria waren im Jahr 1999/2000 die privaten Haushalte zu 78% mit Gefrierschränken und 98% mit Kühlschränken ausgestattet. Dies bedeutet, dass zu diesem Zeitpunkt rund 3,2 Mio. Kühlschränke und rund 2,5 Mio. Gefrierschränke im Einsatz waren. Abbildung 3.1-21 und Abbildung 3.1-22 geben die Verbreitung von Kühlschränken in österreichischen Haushalten wieder, welche im Zeitraum von 1970 bis 2001 gemessen wurde.

Abbildung 3.1-21: Verbreitung von Kühlschränken in österreichischen Haushalten in % im Zeitraum 1970-2001



Quelle: eurostat crossdatenbank (2004) auf [225]

Abbildung 3.1-22: Verbreitung von Gefrierschränken in österreichischen Haushalten in % im Zeitraum 1970-2001



Quelle: eurostat crossdatenbank (2004) auf [225]

Brauner (2006) geht im Vergleich dazu von einer Durchdringungsrate der Kühlschränke in österreichischen Haushalten von 115% aus, was eine absolute Anzahl von rund 3,75 Mio. Geräten ergibt. [40] Dies entspricht der Annahme, dass jeder 6. Haushalt ein Zweitgerät besitzt. Die Lebensdauer von Kühl- und Gefriergeräten liegt im Durchschnitt zwischen 15 und 25 Jahre, die Norm CEN (2007) [51] weist eine Lebensdauer von 15 Jahren aus. Laut Statistik Austria beträgt der durchschnittliche Stromverbrauch eines Haushaltes im Jahr 2008 rund 4.417 kWh ausgehend davon wurde ein mittlerer Verbrauch von rund 310 kWh für Kühlgeräte und 232 kWh für Gefriergeräte angenommen. Gefrier- und Kühlschränke machen somit insgesamt einen Anteil von rund 12% am gesamten Stromverbrauch eines Haushaltes aus. [220]

Aufgrund der langen Lebensdauer dieser Geräte und des hohen Verbrauchs von Kühl- und Gefriergeräten kann davon ausgegangen werden, dass relativ viele alte ineffiziente Geräte im Einsatz sind. Dies birgt ein wesentliches Potential zur Effizienzsteigerung in diesem Bereich, weshalb eine energetische Gegenüberstellung von effizienten und ineffizienten

Geräten erfolgen soll.

3.1.2.1.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Die angeführten Tabellen geben den durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauch moderner und ineffizienter Kühl- und Gefriergeräte wieder. Es werden für die Bewertung im speziellen Kühlschränke ohne Gefrierfach, Kühlschränke mit (*/**) Gefrierfach und Gefrierschränke betrachtet. Dazu wurden ausgewählte Modelle der Energieeffizienz-Klasse A++ bzw. teilweise A+ und ein anonymisiertes ineffizientes Geräte der Klasse B herangezogen, um diese bezüglich deren Nutzvolumen, Stromverbrauch in kWh pro Jahr und Listenpreise in € gegenüberzustellen. Die angeführten Daten beziehen sich auf aktuelle Recherchen von unverbindlichen Preisempfehlungen verschiedener Hersteller und Stromverbräuche über das unabhängige Verbraucherportal www.topprodukte.at [225]. Aufgrund von Recherchen der Autoren wurden durchschnittliche Listenpreise für ineffiziente Geräte angenommen.

Tabelle 3.1-91: Vergleich Kühlschränke ohne Gefrierfach³⁰

Gerät	Energieeffizienzklasse	Nutzvolumen [l]	Stromverbrauch (kWh/Jahr)	Unverbindliche Preisempfehlung des Herstellers [€]
Miele K9252 i-1	A++	152	89	500
Liebherr IKP 1760-20	A++	155	88	799
Siemens KI 24RA50	A+	153	88	716
Durchschnitt Ineffizientes Gerät	B	153	88	672
		155	201	329

Quelle: eigene Darstellung nach [225]

³⁰ Anmerkung: Einbaukühlschränke bis 1100 mm

Tabelle 3.1-92: Vergleich Kühlschrank mit Gefrierfach (*/***)

Gerät	Energieeffizienzklasse	Nutzvolumen gesamt [l]	Kühlfach (+5°C) [l]	Gefrierfach (-18°C) [l]	Stromverbrauch [kWh/Jahr]	Unverbindliche Preisempfehlung des Herstellers [€]
AEG-Electrolux Santo K 988 43-6i	A++	134	117	17	137	925
Miele K 9254 iF	A++	134	118	16	135	704
Privileg 74350 i	A++	134	117	17	138	479
Mittel aus AEG/ Miele/ Privileg	A++	134	117	17	137	703
Ineffizientes Gerät	B	132	117	15	245	435

Quelle: eigene Darstellung nach [225]

Tabelle 3.1-93: Vergleich Gefrierschrank

Gerät	Energieeffizienzklasse	Nutzvolumen in [l]	Stromverbrauch [kWh/Jahr]	Unverbindliche Preisempfehlung des Herstellers in [€]
AEG Electrolux Arctis C 98853-5i	A++	94	141	995
Privileg 75210 I	A+	70	175	499
Miele F 9252 i	A+	104	204	736
Durchschnitt Ineffizientes Gerät	B	104	292	500

Quelle: eigene Darstellung nach [225]

Tabelle 3.1-94 gibt den durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauch von modernen effizienten und ineffizienten Kühlschränken mit bzw. ohne Gefrierfach und Gefrierschränken wieder. Zusätzlich ist in dieser Tabelle die erwartete durchschnittliche Stromeinsparung pro Jahr bei einem angenommenen Tausch der Weißwaren angeführt. Je nach den herangezogenen Vergleichsdaten differiert die durchschnittliche jährliche Stromeinsparung. Es kann festgehalten werden, dass die Einsparung hinsichtlich des Ersatzes eines ineffizienten durch ein effizientes Gerät bei Kühlschränken durchschnittlich 113 kWh, bei Kühlschränken mit Gefrierfach rund 108 kWh und bei Gefrierschränken etwa 119 kWh beträgt. Es ist offensichtlich, dass im Bereich der Kühl- und Gefriergeräte ein erhebliches Einsparungspotential existiert, das vor allem durch einen Austausch der ineffizienten Altgeräte (Klasse B) durch moderne Hocheffizienzgeräte (Klasse A++) realisierbar ist.

Tabelle 3.1-94: Stromverbrauch und Einsparpotential in kWh eines Kühlschranks mit/ohne Gefrierfach und Gefrierschrank

Gerät	durchschnittl. Verbrauch ineffizientes Gerätes Klasse B [kWh]	durchschnittl. Verbrauch effizientes Gerät Klasse A++ [kWh]	Einsparpotential [kWh]
Einbaukühlschrank ohne Gefrierfach	201	88	113
Einbaukühlschrank mit Gefrierfach	245	137	108
Einbau-Gefrierschrank	292	173	119

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 3.1-95 zeigt den durchschnittlichen monetären Stromverbrauch der Kühlschränke mit/ohne Gefrierfach und der Gefrierschränke und das jeweilige Einsparpotential in €. Es wurde zur Berechnung der durchschnittlichen Kosten für effiziente und ineffiziente Geräte ein Energiepreis von 0,18 € pro kWh zugrunde gelegt.

Tabelle 3.1-95: Durchschnittliche jährliche Betriebskosten und Einsparpotentiale in € von Kühlschrank mit/ohne Gefrierfach und Gefrierschrank

Gerät	durchschnittl. Verbrauch ineffizientes Gerätes Klasse B [€]	durchschnittl. Verbrauch effizientes Gerät Klasse A++ [€]	Einsparpotential [€]
Kühlschrank ohne Gefrierfach	36,70	16,07	20,63
Kühlschrank mit Gefrierfach	44,74	25,02	19,72
Gefrierschrank	53,32	31,59	21,73

Quelle: eigene Darstellung

3.1.2.1.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Für die Bewertung der Kosten der Maßnahme sind zwei Berechnungen relevant: 1.) die Gesamtkosten der Anschaffung der hocheffizienten Kühl- und Gefriergeräte vor Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts (entspricht den „Investitionskosten“, wobei gemäß volkswirtschaftlicher Theorie im Haushaltsbereich von Konsum zu sprechen ist) sowie 2.) die reinen Mehrkosten der hocheffizienten Kühlschränke und Gefrierschränke im Vergleich zu ineffizienten Geräten.

Die Kosten für den Austausch ineffizienter auf effiziente Kühl- und Gefrierschränke setzen sich aus den Listenpreisen der Hersteller zusammen. Weitere Nebenkosten sind nicht zu veranschlagen, da die Entsorgung der Altgeräte seit dem Inkrafttreten der Elektroaltgeräte-Verordnung im Jahr 2005 kostenlos ist. Die durchschnittlichen Listenpreise effizienter Kühl- und Gefriergeräte wurden ermittelt. Diese setzen sich jeweils für Einbaukühlschränke ohne

Gefrierfach, Kühlschränke mit Gefrierfach und Gefrierschränke aus drei unterschiedlichen effizienten Geräten der Effizienzklasse A++ bzw. A+ zusammen. Diese drei abgeschätzten durchschnittlichen Listenpreise werden jenen von ineffizienten Geräten der Klasse B gegenübergestellt und somit die Mehrkosten zur Anschaffung eines effizienten Gerätes errechnet. Die verwendeten Listenpreise nach Angaben des jeweiligen Herstellers wurden auf Basis der Angaben von www.topprodukte.at herangezogen.

Die mittleren Kosten entsprechen den Listenpreisen laut Hersteller und belaufen sich bei Kühlschränke ohne Gefrierfach auf rund € 686, Kühlschränke inklusive Gefrierfach auf € 703 und bei Gefrierschränke auf € 743. Die reinen zusätzlichen Kosten für die Installation der hocheffizienten Weißgeräte (nach Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts) errechnen sich aus dem höheren Preis für hocheffiziente Kühl- und Gefrierschränke im Vergleich zu ineffizienten Geräten. Die Mehrkosten für eine hocheffiziente Kühlschränke (ohne Gefrierfach) betragen etwa 343 € und für effiziente Kühlschränke kombiniert mit einem (*/**) Gefrierfach rund € 268. Die zusätzlichen Anschaffungskosten, die durch ein effizientes Gefriergerät anfallen, belaufen sich auf € 243.

Im Folgenden wird deshalb die Wirtschaftlichkeit sowohl eines vorzeitigen Gerätetausches als auch die Wirtschaftlichkeit der Mehrinvestition in ein hocheffizientes Kühl- bzw. Gefriergerät bei notwendiger Neuanschaffung nach Ablauf der Lebensdauer des Altgeräts dargestellt.

Tabelle 3.1-96: Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Kühlschranks ohne Gefrierfach

Jährliche Teuerung von elektrischer Energie [%]	Zusätzliche Anschaffungskosten eines Kühlschranks [€]	Monetäre Ersparnis durch Kühlschrank [€]	Barwert der Einsparung [€]
0	343	221,6	-121,4
3	343	268,19	-74,81
10	343	434,61	91,61

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 3.1-97: Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Kühlschranks mit Gefrierfach

Jährliche Teuerung von elektrischer Energie [%]	Zusätzliche Anschaffungskosten eines Kühlschranks [€]	Monetäre Ersparnis durch Kühlschrank [€]	Barwert der Einsparung [€]
0	268	211,79	-56,21
3	268	256,33	-11,67
10	268	415,38	147,38

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 3.1-98: Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Gefrierschranks

Jährliche Teuerung von elektrischer Energie [%]	Zusätzliche Anschaffungskosten eines Gefrierschranks [€]	Monetäre Ersparnis durch Gefrierschrank[€]	Barwert der Einsparung [€]
0	243	233,36	-9,64
3	243	282,43	39,43
10	243	457,69	214,69

Quelle: eigene Darstellung

Der Barwert der Einsparung durch die Verbrauchsverringerung bei elektrischer Energie wird gemäß der Lebensdauer von Kühlschränken und Gefrierschränken von 15 Jahren berechnet. Dieser wurde getrennt nach dem jeweiligen Modell (Einbau-Kühlschrank, Einbau-Kühlschrank inklusive Gefrierfach und Einbau-Gefrierschrank) unter Berücksichtigung einer jährlichen Teuerung der elektrischen Energie von 0%, 3% und 10% berechnet.

Die mittleren Kosten pro vorzeitigem Wechsel eines ineffizienten Gerätes auf ein effizientes Gerät betragen bei einem Kühlschrank ohne Gefrierfach rund € 686, wobei die Mehrkosten bei ca. € 343 liegen.

Aus Tabelle 3.1-98 wird ersichtlich, dass während der angenommen Lebensdauer von 15 Jahren ein Kühlgerät ohne Gefrierfach unter Berücksichtigung einer jährlichen Teuerung von 0% bzw. 3% der Energie keine Ersparnis erzielen wird. Der vorzeitige Austausch eines ineffizienten durch ein hocheffizientes Kühlgerät innerhalb der Lebensdauer kann somit erst bei einer Teuerungsrate von 10% kostenneutral erfolgen. Hier beläuft sich der Barwert der Einsparung auf rund € 92.

Hinsichtlich der Kühlschränke mit Gefrierfach kann bei einer 0%-igen bzw. 3%-igen Teuerungsrate für elektrische Energie keiner monetären Ersparnis während der Lebensdauer des Gerätes ausgegangen werden. Hier betragen die zusätzlichen Anschaffungskosten rund € 268. Unter der Annahme von einer jährlichen Teuerung von 10% beträgt die monetäre Ersparnis rund € 415, nach Ablauf der Lebensdauer kann nach Abzug der zusätzlich Kosten ein Barwert von € 147 erzielt werden.

Im Hinblick auf die Gefrierschränke kann während der Lebenszeit eine monetäre Ersparnis von rund € 233, € 282 (unter Berücksichtigung einer 3%igen Teuerungsrate) und von € 457 (unter Berücksichtigung einer 10%igen Teuerungsrate) erzielt werden. Hinsichtlich einer Neuanschaffung nach Ablauf der Lebensdauer werden nach Abzug der zusätzlichen Anschaffungskosten (€ 243) bei einer 10%-igen Energieteuerungsrate rund € 215 gespart. Hingegen kann im ersten Szenarion (0%-ige Teuerungsrate) keine Ersparnis erreicht werden (vgl. Tabelle 3.1-98).

3.1.2.2 Einsatz energieeffizienter Waschmaschinen

Waschmaschinen werden je nach Bauweise als Toplader oder Frontlader bezeichnet. In Mitteleuropa nutzen 88% der Haushalte den Frontlader. Der Stromverbrauch beim Frontlader ist etwas höher als beim Toplader (etwa 0,01 kWh pro kg Wäsche), die Bauweise hat somit keine nennenswerte Auswirkung. Deswegen wird im Weiteren auf die Unterscheidung der Fabrikate verzichtet und der allgemeine Begriff „Waschmaschine“ für beide Typen benutzt. Die Füllmenge liegt bei gängigen Waschmaschinen für den privaten Gebrauch zwischen 3 und 7 kg. Momentan weisen 96% der Waschmaschinen in den Haushalten ein Fassungsvermögen zwischen 4,5 und 5 kg auf. Zunehmend werden am europäischen Markt Waschmaschinen mit der Ladekapazität von 6 kg angeboten [180].

Nach der Energieverbrauchskennzeichnungs-Verordnung (EnVKV) müssen die Energieverbrauchs-Werte des genormten Standard-Waschprogramms für den Verbraucher auf einem Etikett sichtbar gemacht werden. Somit findet je nach Energieverbrauch (kWh) pro kg Wäsche im Standardprogramm (60°C Baumwolle) bei Waschmaschinen eine Einteilung in die Klassen A bis G statt. Diese Klasseneinteilung wird auch bei der Wasch- und Schleuderwirkung angewendet. Die Waschmaschinen von heute verbrauchen rund 40% weniger Strom als die Geräte vor 10-15 Jahren. Verbrauchte eine Waschmaschine pro Waschgang im Jahre 1990 ca. 1,35 kWh, so verbraucht eine Waschmaschine gegenwärtig nur 0,85 kWh, was zu einer Einsparung von 36% führt. In den letzten Jahren sind Waschmaschinen energieeffizienter geworden, allerdings weicht der Stromverbrauch verschiedener Modelle immer noch stark voneinander ab. Derzeit werden am Markt sowohl sehr sparsame Modelle, aber auch gleichzeitig sogenannte „Stromfresser“ angeboten. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Energieklassifizierung und geltende Grenzwerte für Waschmaschinen auf:

Tabelle 3.1-99: Durchschnittlicher Energieverbrauch von Waschmaschinen nach Energieeffizienz-Klassen

Effizienzklasse	A	B	C	D	E	F	G
Energie (pro kg Wäsche in kWh)	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35	0,39	> 0,39

Quelle: [225], Eigene Darstellung

Geräte der Energieklassen „A“ bis „C“ gewährleisten einen niedrigen Energieverbrauch. Der Großteil der verursachten Stromkosten geht auf das Konto der Wassererwärmung. Deshalb soll Wäsche bei niedrigeren Temperaturen mit reduziertem Wasserverbrauch gewaschen werden. Die Möglichkeit, eine Waschmaschine mit Warmwasseranschluss ausrüsten zu können, sollte in Betracht gezogen werden.

Zusammenfassend sind für den effizienten Gebrauch von Waschmaschinen folgende Punkte zu empfehlen:

- Füllmenge der Waschtrommel mit Haushaltsgröße abstimmen (Einfamilienhaus: bis 5 kg; Mehrfamilienhaus: größer als 5 kg).
- Füllmenge der Wäschetrommel voll ausnützen und bei voller Beladung waschen. Energieeffizienz steigt mit dem Grad der Befüllung.

- Vorwaschprogramme grundsätzlich vermeiden, da diese unnötig Energie (bis zu 20% mehr) verbrauchen. Stattdessen wird empfohlen, bei besonders hartnäckigen Flecken als Alternative Einweichen oder Fleckenlöser in Betracht zu ziehen.
- Bei normaler Verschmutzung soll weiße Wäsche mit 60°C und bunte mit 30-40°C gewaschen werden. Nur stark verschmutzte Wäsche, bzw. solche deren Anwendung maximale Hygiene veranlasst, soll mit dem Programm „Kochwäsche“ (95 °C) gewaschen werden.
- Die Nutzung der Energiesparprogramme bringt eine Reduktion des Stromverbrauchs um bis zu 40%.
- Niedrigere Waschtemperatur und kürzere Waschzeit schonen nicht nur die Wäsche, sondern steigern die Energieeffizienz. Bei einer Temperatursenkung von 60 °C auf 40°C kann bis zu 50% an Strom eingespart werden. Wird eine Temperatur von 20°C statt 40°C gewählt, steigt die Stromersparnis sogar auf 70%.
- Stammt das Warmwasser im Haushalt nicht aus einem Elektroboiler, ist es empfehlenswert, eine neue Waschmaschine mit Warmwasseranschluss anzuschaffen.

Die Anschaffung von Geräten ausschließlich der Energieeffizienz-Klasse A wird als Energieeffizienz-Maßnahme eingestuft. Diese zeichnet sich durch folgende Werte ab: maximaler Verbrauch von 0,95 kWh bei einem Fassungsvermögen von 5 kg, bzw. 1,12 kWh bei einem Fassungsvermögen von 6 kg (0,19 kWh/kg Wäsche). In folgender Tabelle werden effiziente, am österreichischen Markt erhältliche Geräte mit einem handelsüblichen, ineffizienten Gerät verglichen. Die Anschaffungspreise für eine effiziente Waschmaschine sind um ca. 30% höher als für ein vergleichbares ineffizientes Gerät.

Tabelle 3.1-100: Vergleich effiziente-ineffiziente Waschmaschinen mit Füllmenge < 6 kg

Gerät	Privileg Pro Com 922 S	Elektra Bregenz WAF 5340	Miele W 604	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / Miele	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	699,99	499	1104	767	570
Füllmenge [kg]	5	5	5,5	5,16	5
Energieverbrauch/Waschgang [kWh]	0,85	0,95	0,93	0,91	1,1
Energieverbrauch Wäsche [kWh /kg]	0,17	0,19	0,17	0,176	0,22

Quelle: [225] ; eigene Darstellung

Tabelle 3.1-101: Vergleich effiziente-ineffiziente Waschmaschinen mit Füllmenge = 6 kg

Gerät	Privileg Dynamic 78618	Elektra Bregenz WT 4530 W	Miele W 1734 WPS	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / Miele	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	720	929	1.104	917	600
Füllmenge [kg]	6	6	6	6	6
Energieverbrauch/Waschgang [kWh]	0,9	1,02	1,02	0,98	1,1
Energieverbrauch Wäsche [kWh /kg]	0,15	0,17	0,17	0,163	0,18

Quelle: [225], eigene Darstellung

Tabelle 3.1-102: Vergleich effiziente-ineffiziente Waschmaschinen mit Füllmenge > 6 kg

Gerät	Privileg Classic 30714	Elektra Bregenz WAF 7260 W	AEG-Electrolux ÖKO_Lavamat ÖKO Plus 1400	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / AEG-Electrolux	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	550	769	849	722	650
Füllmenge [kg]	7	7	7	7	7
Energieverbrauch/Waschgang [kWh]	1,19	1,19	1,05	1,143	1,33
Energieverbrauch Wäsche [kWh /kg]	0,17	0,17	0,15	0,163	0,19

Quelle: [225]; eigene Darstellung

Nach Angaben von www.topprodukte.at und eigenen Recherchen der Autoren müssen Konsumenten für den Erwerb einer effizienten Waschmaschine um 80 bis 300 € mehr investieren als beim Kauf eines ineffizientes Gerätes.

Für die weiteren Berechnungen wird ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 0,167 kWh/kg für effiziente Geräte und 0,197 kWh/kg für ineffiziente Geräte angenommen.

Die Preise für Waschmaschinen sind von vielen Faktoren (z.B. Marke, zusätzliche Funktionen, intelligente Programme wie Beladungs- und Dosierungserkennung, Verschmutzungsgradbestimmung) abhängig. Somit gibt es starke Abweichungen sowohl innerhalb einer Effizienzklasse als auch zwischen den Effizienzklassen. Viele Geschäfte bieten Sonder- und Aktionspreise an, wobei diese sogar unter dem Listenpreis liegen können (um bis zu 200,- € Unterschied). Recherchen bezüglich der Preise für Waschmaschinen ergab, dass in der gleichen Effizienzklasse ein preislicher Unterschied zwischen 600,- € und 900,- € liegen kann. Die Autoren haben für die Berechnungen durchschnittliche Werte für die am österreichischen Markt gängigsten Geräte verwendet. Präzise Angaben sind an dieser Stelle nur bedingt möglich, da die Preise sehr stark differieren.

Eine Studie der GfK im Jahre 2007 ergab, dass mehrere Kriterien eine ausschlaggebende Rolle bei der Kaufentscheidung spielen. Am wichtigsten wurde Bedienungsfreundlichkeit (mit 81%) empfunden. Als zweitwichtigstes Kriterium für die Produktauswahl wurde mit 75% der Preis genannt. Preis-Leistungsverhältnis (74%), fortschrittliche Technik (mit 67%) und Umweltfreundlichkeit (mit 68%) wurden an die dritte Stelle gereiht. Als weiterer wichtiger Grund für die Auswahl eines bestimmten Produktes erwies sich mit 61% die solide Verarbeitung.[10]

3.1.2.2.1.1 Aktuelle Situation in Österreich

Die aktuelle Durchdringungsrate österreichischer Haushalte mit Waschmaschinen beträgt

derzeit rund 95%, das bedeutet, dass umgerechnet ungefähr 3 Mio. Geräte im Einsatz sind. [41] In 93% österreichischen Haushalte befindet sich mindestens eine Waschmaschine, 2% der Haushalte besitzen sogar ein zweites Gerät. Somit wird der Waschmaschinen-Bestand in Österreich auf knapp 3,29 Mio. Waschmaschinen geschätzt. Für das Jahr 2008 entfallen 4,052% der konsumierten Elektrizität aller Haushalte auf Waschmaschinen.

Für die Lebensdauer von Waschmaschinen gibt es viele unterschiedliche Werte (zwischen 10 und 15 Jahren). In den folgenden Berechnungen wird eine durchschnittliche Lebensdauer von 12 Jahren (laut CEN 2007 [51]) angenommen.

Folgende Tabelle zeigt Stromkosten in Abhängigkeit vom Haushaltstyp an:

Tabelle 3.1-103: Stromkosten in Abhängigkeit vom Haushaltstyp

	1- Personen -Haushalt	2- Personen -Haushalt	3- Personen -Haushalt	4- Personen -Haushalt	Für jede weitere Person
=Jahresstromverbrauch einer Waschmaschine (kWh) [245]	90-140	170-230	250-300	320-360	70
Jahresstromverbrauch einer Waschmaschine im Jahr 2008 (kWh) [216]	96	171	265	251	70
Stromkosten (Euro/Jahr)³¹	17,52 €	31,22 €	48,39 €	45,83 €	12,78 €
Stromkosten bei durchschnittlicher Lebensdauer von 12 Jahren (in Euro)	210,24 €	374,64 €	580,68 €	549,96 €	153,36 €

Quelle: Eigene Darstellung

Der durchschnittliche Stromjahresverbrauch pro Haushalt durch ein Neugerät liegt bei 180 kWh. Bei einem typischen jährlichen Haushaltsstromverbrauch von 3500 kWh durch ein Altgerät entfallen 7% (245 kWh) auf die Waschmaschine. [245] Das ergibt 32,87 Euro im Jahr für das Neugerät und 44,73 Euro für das Altgerät (gerechnet mit einem Strompreis von 18,26 Cent pro kWh). Die jährliche Ersparnis pro Haushalt beläuft sich auf 11,86 Euro und beträgt somit 26%. Realistisch gesehen könnte je nach Haushaltsgröße und Menge der gewaschenen Wäsche 10 bis 15% des Haushaltsstroms mittels Ersatz der alten durch neue energieeffiziente Geräte eingespart werden. Gerechnet auf die durchschnittliche Lebensdauer von 12 Jahren kann durch den Einsatz eines effizienten Neugeräts von 140 bis 180 Euro pro Haushalt eingespart werden. Für die weiteren Berechnungen wird angenommen, dass die durchschnittliche Ersparnis über die gesamte Lebensdauer bei 160 Euro liegt.

In Österreich verursachen Altgeräte rund 120 Mio. Euro (rund 657 Mio. kWh/Jahr) Stromkosten, auf Neugeräte entfallen um die 98 Mio. Euro (rund 537 Mio. kWh/Jahr). Werden alte Waschmaschinen durch neue energieeffiziente ersetzt, könnte der Energieverbrauch in diesem Bereich um 26% reduziert werden. Dabei wird für private Haushalte eine Ersparnis von jährlich rund 30 Mio. Euro erwartet. [220]

³¹ Gerechnet: Jahresstromverbrauch im Jahr 2008 * Stromkosten von 18,26 pro kWh

Laut Statistik Austria [221] lag der durchschnittliche Stromverbrauch einer Waschmaschine bei einem einzelnen Haushalt im Jahr 2008 bei 179 kWh. Rund 35% der Waschmaschinen sind noch keine 5 Jahre alt.

Haushalte in Südbösterreich verbrauchen jährlich den meisten Strom beim Waschen (etwa 190 kWh). Westösterreich liegt mit 185 kWh im Mittelfeld. Dagegen verbrauchen Haushalte in Ostösterreich mit 165 kWh rund 13% weniger Strom beim Waschen. Der Jahresstromverbrauch von Ein-/Zweifamilienhäusern unterscheidet sich mit 223 kWh deutlich von dem des verdichteten Wohnbaus mit 135 kWh.

Laut Studien der Statistik Austria beträgt der durchschnittliche Jahresstromverbrauch aller österreichischen Haushalte (3,54 Mio. Hauptwohnsitze) rund 4.390 kWh.

Die durchschnittliche Waschmaschinengröße stieg in den letzten Jahren an. Bereits 21% der jüngeren Geräte haben ein Fassungsvermögen von mindestens 6 kg, während weniger als 5% der mittleren und älteren Waschmaschinen in dieser Größenklasse enthalten sind. Gleichzeitig sinkt der Anteil der kleineren Waschmaschinen (unter 4,5 kg Fassungsvermögen) ab. [221]

Tabelle 3.1-104: Altersstruktur der Waschmaschinen in österreichischen Haushalten

	Altersstruktur der Waschmaschinen	Fassungs- vermögen < 4,5 kg	Fassungs- vermögen von 4,5-5,5 kg	Fassungs- vermögen ab 6 kg
Anteil der Waschmaschinen nach Fassungsvermögen	100%	knapp 11%	rund 80%	10%
Jüngere Waschmaschinen (max. 5 Jahre im Gebrauch)	35%	7%	72%	21%
Mittlere Waschmaschinen (5-10 Jahre alt)	38%	11,9%	83,1%	5%
Ältere Waschmaschinen (älter als 10 Jahre)	26%	13,6%	81,4%	5%
Keine Angaben zum Alter	1%	-	-	-

Quelle: Eigene Darstellung [221]

Szenario 1: Es wird die Hälfte der älteren Waschmaschinen (älter als 10 Jahre) durch moderne Waschmaschinen ausgetauscht.

Szenario 2: Es werden alle Waschmaschinen, die älter sind als 10 Jahre, ausgetauscht.

Szenario 3: Die Hälfte der „mittelalten“ (von 5 bis 10 Jahre alt) und alle älteren Waschmaschinen werden durch effizientere ersetzt.

Szenario 4: „Best-worse-case“: Alle Waschmaschinen, die älter als 5 Jahre sind, werden ausgetauscht.

Tabelle 3.1-105: Stromesparnispotential durch Ersatz von alten Geräten gegen neuen effizienten

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Anzahl ausgetauschte Waschmaschinen	427.700	855.400	1.480.500	2.105.600
Stromverbrauch Altgeräte	245 kWh/Jahr pro Gerät 515,872 Mio. kWh/Jahr insgesamt			
Stromverbrauch Neugeräte derzeit	180 kWh/Jahr pro Gerät 207,27 Mio. kWh/Jahr insgesamt			
Stromverbrauch Waschmaschinen aktuell – Österreich weit	723,142 Mio. kWh/Jahr			
Jährliche Kosten für Haushalte derzeit	132 Mio.			
Mögliche jährliche Stromersparnis beim Ersatz altes Gerätes durch neues	65 kWh/Jahr			
Reduktionspotential in kWh/Jahr	27,8 Mio. kWh/Jahr	55,6 Mio. kWh/Jahr	96,23 Mio. kWh	136,86 Mio. kWh
Reduktionspotential in €/Jahr	5,1 Mio. €	10,15 Mio. €	17,57 Mio. €	25 Mio. €
dadurch mögliche Reduktion des Stromverbrauches	3,84%	7,68%	13,31%	18,92%
Stromverbrauch Neugeräte 2020 (Annahme: 70% von derzeit)	126 kWh/Jahr			
Stromverbrauch bei Umstellung auf Neugeräte bis 2020, Österreich weit	414,54 Mio. kWh/Jahr			
Dadurch mögliche Reduktion des Stromverbrauchs bis 2020	42,67%			

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Der Energieverbrauch eines Haushaltes hängt nicht nur von der Menge der gewaschenen Wäsche und der Häufigkeit des Waschens, sondern auch vom Waschverhalten ab. Die Programmauswahl beeinflusst den Energieverbrauch direkt. Durch die richtige Wahl des Waschganges können Energiekosten reduziert werden. Wird mit 90 °C gewaschen, verbraucht die Waschmaschine rund die zehnfache Energiemenge als mit 30 °C. Auf mögliche Energiesparmaßnahmen durch Verbraucher wird später im Kapitel 3.1.2.2.3.1 eingegangen.

3.1.2.2.2 Bewertung der Maßnahme hinsichtlich ihrer anrechenbaren Einsparung

Die aktuelle Durchdringungsrate österreichischer Haushalte mit Waschmaschinen liegt bei 95%, wobei 64% der Geräte älter sind als 5 Jahre. Deshalb kann eine Förderung von effizienten modernen Geräten potentiell zur Verringerung des Anteils der ineffizienten Waschmaschinen führen und somit österreichweit zu enormen Stromeinsparungen. Die Förderung von effizienten energiesparenden Geräten erscheint somit relevant und absolut

notwendig. Aufgrund der möglichen Energieersparnis von 42,67% erscheinen Forcierung und Förderung von neuen Waschmaschinen gerechtfertigt.

Zur Berechnung der anrechenbaren Einsparung durch die Anschaffung einer effizienten Waschmaschine wird zunächst eine Annahme über die jährlich gewaschene Wäschemenge getroffen. Es wird angenommen, dass in Haushalten 4 mal wöchentlich 52 Wochen im Jahr eine Waschmaschine mit Fassungsvermögen von 5 kg eingeschaltet wird, wobei anzumerken ist, dass die Trommelkapazität selten voll ausgeschöpft wird.

Beispiel: Kostenberechnung für 1 Jahr

Ergänzend zu Ausführungen auf der Seite 157 wird hier konkretes Beispiel für einen exemplarischen Haushalt dargestellt.

Annahmen: 4 Waschgänge pro Woche bei einer Temperatur von 60°C (= 4 * 52 Wochen = 208 Waschgänge pro Jahr); der Strompreis liegt derzeit bei 18,26 Cent; Fassungsvermögen 5 kg.

Gerät Klasse A: $0,19 \text{ kWh/kg} * 5 \text{ kg} * 208 = 197,6 \text{ kWh}$ oder Energiekosten 36,08 Euro/Jahr

Gerät Klasse B: $0,23 \text{ kWh/kg} * 5 \text{ kg} * 208 = 239,6 \text{ kWh}$ oder Energiekosten 43,61 Euro/Jahr

Gerät Klasse C: $0,27 \text{ kWh/kg} * 5 \text{ kg} * 208 = 280,8 \text{ kWh}$ oder Energiekosten 51,27 Euro/Jahr

Daraus ergibt sich eine jährliche Differenz von 15,19 Euro (Steigerung von 42,1%) zwischen Geräten der Klasse A und Geräten der Klasse C. Während einer Lebensdauer von 12 Jahren beläuft sich die Differenz auf 182,28 Euro. Von Klasse zu Klasse ändert sich die Effizienz und die Differenzbeträge steigen dementsprechend an. Die sich daraus ergebenden zu erwartenden jährlichen Energieeinsparungen sind in Tabelle 3-8 dargestellt.

Tabelle 3.1-106: Stromverbrauch von Waschmaschinen, Vergleich

	Verbrauch eines ineffizienten Gerätes Klasse C [kWh/Jahr] bzw. [€]	durchschnittlicher Verbrauch effizientes Gerät Klasse A [kWh/Jahr] bzw. [€]	Einsparpotential bei Tausch eines ineffizienten Gerätes auf ein effizientes [kWh/Jahr] bzw. [€]
Waschmaschine	280,8 kWh	197,6 kWh	83,2 kWh
	51,27 €	36,08 €	15,19 €

3.1.2.2.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme aus Sicht des Kunden und des Energieversorgers

Im Folgenden wird mit einer erwarteten jährlichen Einsparung von 83,2 kWh gerechnet. Dies entspricht einer ungefähren jährlichen monetären Ersparnis von 15,19 €. Somit ergibt sich eine monetäres Ersparnis ohne jährliche Energiesteuerung in 12 Jahren von 138,53 €. Die zusätzlichen Anschaffungskosten für ein neues Gerät werden mit 150 € angesetzt. Tabelle 3.1-107 zeigt die Gegenüberstellung von Investitionskosten und Betriebskostensparnis bei unterschiedlichen Teuerungsraten für elektrische Energie.

Tabelle 3.1-107: Rentabilität höherer Anschaffungskosten einer hocheffizienten Waschmaschine

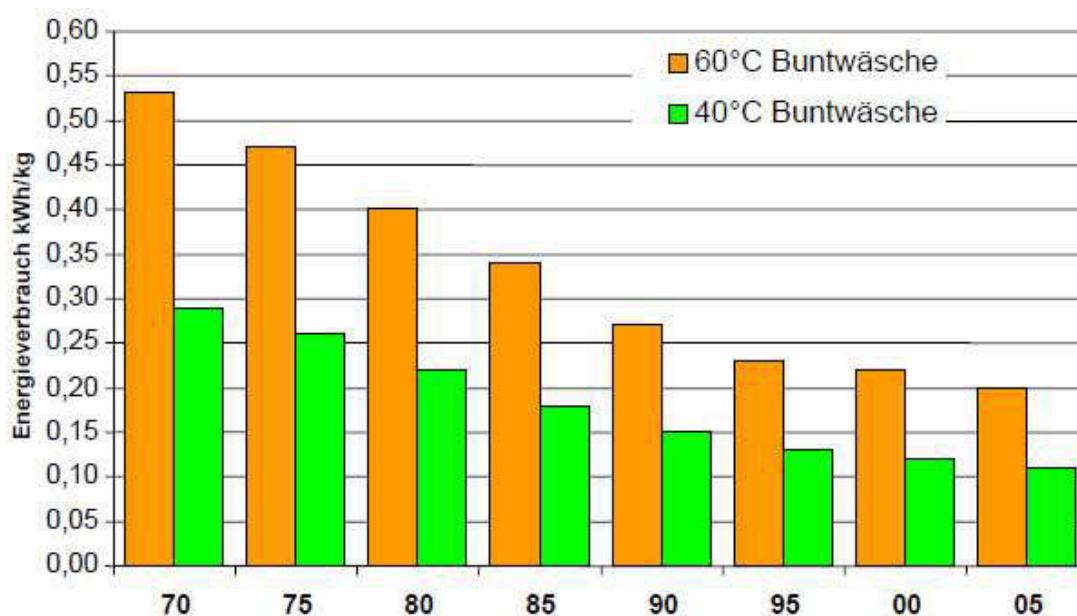
Jährliche Teuerung von elektrischer Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten einer Waschmaschine [€]	Monetäre Ersparnis durch Waschmaschine [€]	Barwert der Einsparung [€]
0%	150	138,53	-11,47
3%	150	161,32	11,32
10%	150	234,96	84,96

Die Tabelle zeigt, dass die Anschaffungskosten von Waschmaschinen unabhängig von einem möglichen bzw. üblichen Strompreisanstieg innerhalb von 12 Jahren durch die niedrigeren Betriebskosten wettgemacht werden. Da die reale Lebensdauer der Geräte häufig höher als 12 Jahre ist, kann auch von einer monetären Ersparnis ausgegangen werden.

3.1.2.2.3.1 Einsparungspotentiale durch energiegerechtes Verhalten der Verbraucher

Folgende Grafik zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs der siebziger Jahre bis in die heutigen Tage. Daraus ist ersichtlich, dass beim Waschen mit der neuen Waschmaschine bei 60 °C (Buntwäsche) und mit 40 °C (Buntwäsche) die Hälfte der Energie eingespart werden kann.

Abbildung 3.1-23: Entwicklung des Energieverbrauchs für das Waschen von Wäsche in Haushalten



Quelle: [189]

Die nächste Grafik verdeutlicht die Entwicklung der Energieeinsparung beim Waschen im Standardprogramm (60°C, Baumwolle). Laut CECED konnte mit neuen effizienten Geräten eine Einsparung von rund 24,6% im Jahre 2005 in Vergleich zur Basisjahr 1996 erreicht werden.

Abbildung 3.1-24: Energieeinsparung



Quelle: [189]

Laut einer Studie von Stamminger & Goerdeler (2007) [213] zeigten Haushalte im Jahre 2005 unabhängig von der Haushaltsgröße folgendes Waschverhalten:

Waschtemperatur	Anteil der gewaschenen Wäsche
90 °C / 95 °C	8%
60 °C	29%
40 °C	37%
30 °C	26%
20 °C / kalt	

Quelle: Eigene Darstellung [122]

Aus dieser Studie geht hervor, dass die durchschnittliche Waschtemperatur ungefähr bei 46,3 °C liegt.

Eine weitere Einsparungsmaßnahme ist die Optimierung der Beladung der Waschmaschine. Die durchschnittlich berechnete Beladung bei verschiedenen Waschprogrammen liegt bei knapp 2,525 kg pro Waschgang. [122]

Der Energieverbrauch wird unmittelbar durch den Nutzer bestimmt. Nicht nur die Kaufentscheidung für eine energieeffiziente Waschmaschine ist von Bedeutung, sondern auch nachhaltiges Waschverhalten (Beladung der Trommel, richtige Programmwahl und Waschen bei niedrigeren Temperaturen). Je nach Alter und Ausstattung einer Waschmaschine kann durch Reduzierung der Waschtemperatur bis zu 45% Strom gespart werden. So spart eine Reduktion der Temperatur von 60°C auf 40°C knapp die Hälfte des konsumierten Stroms (zwischen 43% und 47%). Waschen mit 60°C statt 90°C spart rund 45% Strom. Bei einem Temperaturwechsel von 40°C auf 30°C liegt die Stromersparnis zwischen 30% und 40%. [122]

Waschmaschinen der Effizienzklasse A mit Fassungsvermögen von 5 kg verbrauchen während eines Waschganges 0,95 kWh. Wird nur die Hälfte der Wäsche gewaschen (2,5 kg), wird pro Waschgang statt der Hälfte nur 21% der Energie gespart. So belaufen sich die Kosten für 1 kg Wäsche bei vollgeladener Waschmaschine auf 0,19 kWh (3,47 Cent), bei zur Hälfte gefüllter Trommel auf 0,3 kWh (5,48 Cent), was eine Steigerung der laufenden Kosten von 58% bedeutet. Wird nur 1 kg Wäsche gewaschen, steigt der Energieverbrauch auf 0,55 kWh (um 189% mehr Kosten als bei optimaler Beladung) und kostet somit dem Haushalt rund 10 Cent pro Kilo Wäsche. [217]

Aufgrund der Vielzahl der auf dem Markt befindlichen Geräte ist es nahezu unmöglich, eine fundierte preisliche Differenzierung zu treffen. Die Preisspanne wird nicht nur durch die Marke bestimmt, sondern auch durch Ausstattungsmerkmale. So sind Waschmaschinen mit Schleuderraten ab 1600 U/min teurer, sparen dabei aber keinen Strom. Die weiteren Stromeinsparungen beim allfälligen Trocknen im elektrischen Wäschetrockner werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

Für die Käufer resultieren reale Kosten nicht nur aus dem Kaufpreis, sondern zusätzlich aus Energie-, Wasser-, und Waschmittelkosten. Für die Entsorgung der alten Geräte werden seit

März 2006 keine zusätzlichen Kosten mehr berechnet. Die Rückgabe von Waschmaschinen ist kostenfrei.

Durch technischen Fortschritt und Entwicklung neuer, moderner Waschprogramme, müssen verschiedene Wäschearten (Koch-, Bunt- oder pflegeleichte Wäsche) nicht mehr getrennt gewaschen werden, was wiederum für optimale Nutzung des Trommelvolumens sorgt und die Anzahl der notwendigen Waschvorgänge pro Jahr in einem Haushalt beträchtlich reduziert.

Durch das neue Direkt-Einspül-System und die „Vollflut“-Waschtrommel mit gelochter Rückwand wird die Waschkraft effektiver genutzt, was zu Einsparungen im Strombereich führt.

3.1.2.2.3.2 Schlussfolgerungen

Folgende Schlussfolgerungen können gezogen und Empfehlungen ausgesprochen werden:

Das Einsparungspotential in Österreich ist hoch. Es resultiert aus der Möglichkeit, alte ineffiziente Geräte gegen moderne, energieeffiziente Waschmaschinen austauschen zu können sowie das erlernbaren Waschverhaltensweisen in Haushalten. Durch eine konsequente Nutzung niedrigerer Washtemperaturen kann eine enorme Stromeinsparung erreicht werden.

Das Öko-Institut fand während einer Studie heraus, dass der Stromverbrauch für das Waschen um 37% reduziert werden kann, wenn bei jedem Waschgang eine Temperaturstufe niedriger als die bisher genutzte gewählt wird. [179]

Dies entspricht etwa einer Reduktion des gesamten Stromverbrauchs eines Haushalts von 1,2%.

Somit entspricht die reale Reduzierung des Haushaltsstromverbrauchs von rund 1,2% dem Stromverbrauch von über 42.000 Einwohner von rund 18.000 Haushalten. [179]

Wie die Recherche zeigt, kann das Einsparungspotential durch Austausch von alten Waschmaschinen, durch Optimierung der Beladung und durch eine Reduktion der Betriebstemperatur erhöht werden.

Es ist empfehlenswert, den Konsumenten eine bessere Beratung anzubieten und sie über energieeffiziente Technologien zu informieren. Beim Austausch von alten Geräten gegen neue Waschmaschinen kann eine Förderung als Anreiz genutzt werden.

3.1.2.3 Einsatz energieeffizienter Wäschetrockner

3.1.2.3.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Bei Wäschetrocknern wird grundsätzlich zwischen zwei Gerätetypen unterschieden: Kondensations- und Ablufttrocknern. Ablufttrockner leiten die Abluft direkt ins Freie, Kondensationstrockner hingegen geben die Abwärme in den Raum ab. Ablufttrockner arbeiten im Allgemeinen energieeffizienter als Kondensationstrockner, weshalb die beiden Gerätetypen nach unterschiedlichen Werten klassifiziert werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung dieser unterschiedlichen Energieeffizienz-Klassifizierungen:

Tabelle 3.1-108: Energieeffizienz-Klassen Wäschetrockner

Effizienzklasse	A	B	C	D	E	F	G
Kondensationstrockner in kWh/kg Wäsche	0,55	0,64	0,73	0,82	0,91	1,00	> 1,00
Ablufttrockner in kWh/kg Wäsche	0,51	0,59	0,67	0,75	0,83	0,91	> 0,91

Quelle: [225]

Wäschetrockner sind stromintensiv, weshalb viele Geräte nach dem EU-Label nur die Stufe C erreichen. Lediglich neuere Wäschetrockner, die das Prinzip der Wärmepumpe in Kondensationstrocknern integrieren, unterschreiten die geforderten Werte des A-Labels noch deutlich. Bei diesen Geräten wird die Wärme der Abluft der zu trocknenden Wäsche wieder zugeführt.

Bei einem Wärmepumpentrockner wird kein Heizelement verwendet, sondern ein Kompressor im Inneren des Gerätes, eine Verflüssigereinheit und ein Verdampfer. Der Luftstrom wird ununterbrochen über die Wäsche befördert und anschließend am Verdampfer abgeladen. Aufgrund des Wärmepumpenprinzips arbeitet diese Art von Wäschetrocknern weniger energieintensiv als Kondensations- oder Ablufttrockner.

Zusammenfassend gesagt, sind für den effizienten Gebrauch von Trocknern folgende Punkte zu empfehlen:

- Nur gut geschleuderte Wäsche (mind. 1.200 U/min) zum Trocknen in das Gerät geben, das verkürzt die Trockenzeit. Folgendes Beispiel zeigt wie ausschlaggebend die Schleuderzahl für die Dauer des Trocknungsvorgangs ist: Für das Trocknen von 5 kg Wäsche, die mit 1.200 U/min geschleudert wurde, benötigt der Trockner 75 min um diese schranktrocken zu machen. 5 kg Wäsche mit 1.600 U/min geschleudert benötigen aber nur mehr 65 min um schranktrocken aus dem Trockner zu kommen.
- Regelmäßiges Säubern des Flusensiebes. Bei verschmutztem Sieb verlängert sich die Trockenzeit.
- Füllmenge des Trockner voll ausnützen.
- Falls das Gerät über keinen Restfeuchtemesser verfügt, muss auf ein Vermeiden des Übertrocknens der Wäsche geachtet werden.

Im Folgenden wird ausschließlich die Anschaffung von Geräten der Energieeffizienz-Klasse A als Energieeffizienz-Maßnahme eingestuft. Dies sind (nach Recherche der Autoren) derzeit lediglich Wärmepumpen-Wäschetrockner. Im Folgenden werden die Eigenschaften dieser Geräte anhand zweier charakteristischer, am österreichischen Markt erhältlicher Geräte dargestellt. Die Anschaffungspreise der beiden Wärmepumpen-Wäschetrockner sind um etwa 200% höher als jene für ein ineffizientes Gerät (UVP der Hersteller).

Tabelle 3.1-109: Vergleich effizienter-ineffizienter Wäschetrockner

Gerät	Elektra Bregenz TKF 7500	AEG Electrolux Lavatherm 59800	Mittelwert Elektra Bregenz / AEG Electrolux	Ineffizientes Gerät der EE-Klasse C
Preisempfehlung des Herstellers [€]	700	870,00 €	780	300
Füllmenge [kg]	7	6	6,5	6
Energieverbrauch in kWh / kg Wäsche	0,321	0,35	0,3355	0,73

Quelle: [225]; eigene Darstellung

Die Investition in einen energieeffizienten Wäschetrockner ist gemäß den Angaben von [225] somit um 480 € höher als in einen ineffizienten Wäschetrockner.

3.1.2.3.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Grundsätzlich möchten die Autoren anmerken, dass sie der Anerkennung von Neuanschaffungen von Wäschetrocknern im Haushaltsbereich als Energieeffizienz-Maßnahme kritisch gegenüberstehen. Die aktuelle Durchdringungsrate österreichischer Haushalte mit Wäschetrocknern beträgt derzeit etwa 30-40% [182] [40]. Deshalb kann eine Förderung von effizienten Wäschetrocknern potentiell nicht ausschließlich zur Verringerung des Anteils ineffizienter Wäschetrockner führen, sondern auch zu einer weiteren Erhöhung der Durchdringungsrate. Trotzdem kann eine Förderung von höchsteffizienten Wäschetrocknern, nämlich jenen mit Wärmepumpen-Technologie, entscheidend zu einer Verbesserung der Energieeffizienz in diesem Bereich führen, da der Anteil hocheffizienter Wäschetrockner an allen Wäschetrocknern weniger als 5% [162] ausmacht (Wert: Schweiz 2005). Aufgrund der mehr als 50%-igen Energieersparnis dieser hocheffizienten Wärmepumpen-Wäschetrockner gegenüber herkömmlichen Kondensationstrocknern erscheint eine Forcierung dieser Geräte als absolut notwendig und deren Förderung somit gerechtfertigt.

Zur Berechnung der anrechenbaren Einsparung durch die Anschaffung eines WP-Wäschetrockners wird zunächst eine Annahme über die jährlich getrocknete Wäschemenge getroffen. Hierzu wird die von Geräteherstellern und Händlern häufig verwendete Menge von 580 kg jährlich angenommen. Als Gerät im Baseline-Szenario wird ein Wäschetrockner der Energieeffizienz-Klasse C herangezogen. Diese Geräte haben einen Marktanteil von knapp 90%. und werden damit von den Autoren als „bestandsüblich“ klassifiziert.

Die sich draus ergebenden erwarteten jährlichen Energieeinsparungen sind in Tabelle 3.1-110 dargestellt.

Tabelle 3.1-110: Stromverbrauch von Wäschetrocknern, Vergleich

	Verbrauch eines ineffizienten Gerätes [kWh/Jahr]	durchschnittlicher Verbrauch effizientes Gerät [kWh/Jahr]	Einsparpotential bei Tausch eines ineffizienten Gerätes auf ein effizientes [kWh/Jahr]
Kondensationstrockner	425	200	225
Ablufttrockner	390	200	190

Für die nachfolgenden Betrachtungen wird mit einer mittleren jährlichen Einsparung von 210 kWh gerechnet.

3.1.2.3.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Im Folgenden wird mit einer mittleren erwarteten jährlichen Einsparung von 210 kWh gerechnet. Dies entspricht einer ungefähren jährlichen monetären Ersparnis von 38 €. Tabelle 3.1-111 zeigt die Gegenüberstellung von Investitionskosten und Betriebskostenersparnis bei unterschiedlichen Teuerungsraten für elektrische Energie.

Tabelle 3.1-111: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für hocheffiziente Wäschetrockner

Jährliche Teuerung von elek. Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten eines WP-Trockner [€]	Monetäre Ersparnis durch WP-Trockner [€]	Barwert der Einsparung [€]
0%	480	350	-130
3%	480	408	-72
10%	480	590	110

Quelle: Lebensdauer mit 12 Jahren angenommen, siehe CWA 27.

Tabelle 3.1-111 zeigt, dass die hohen Anschaffungskosten von WP-Wäschetrocknern selbst bei einem nur moderaten Preisanstieg von elektrischer Energie innerhalb von 12 Jahren durch die niedrigeren Betriebskosten wettgemacht werden. Da die reale Lebensdauer der Geräte häufig höher als 12 Jahre ist, kann in den meisten Fällen nicht nur von einer energetischen, sondern auch von einer monetären Ersparnis ausgegangen werden.

3.1.2.3.3.1 Marketingstrategien

Aus Sicht der Autoren gelten für die Promotion von WP-Wäschetrocknern kaum geänderte Bedingungen, wie für andere Weißwaren auch. Als zusätzlich Marketingmöglichkeit bietet sich der direkte Kontakt mit Hausverwaltungen und Genossenschaften an. In Mehrfamilienhäusern finden sich oft Waschküchen, die teilweise auch mit Trocknern ausgestattet sind. Hier könnte durch geeignete Kooperationen erreicht werden, dass die Durchdringungsrate von WP-Trocknern bei Neuanschaffungen gesteigert wird. Erneut soll

jedoch darauf hingewiesen werden, dass für eine gesicherte Anerkennung durch die österreichische Monitoringstelle für Energieeffizienz belegbare Einzelgerätetäusche vorzuweisen sind. Schulungsmaßnahmen bei den Hausverwaltungen und Genossenschaften scheinen deshalb nicht als ausreichend, um die Anrechenbarkeit zu gewährleisten.

3.1.2.4 Einsatz energieeffizienter Geschirrspüler

Auf dem europäischen Haushaltswarenmarkt sind Geschirrspüler in zwei Kategorien, als Stand- oder Einbaugeräte, erhältlich. Die Geräte gibt es mit der Standardbreite von 60 cm, Nischenbreite von 55 cm (Schweizer Mass-System - Küchennorm) oder als kleinere Variante mit der Breite von 45 cm. Die Höhe beträgt 81 oder 86 cm. Die Kosten für ein 45 cm breites Gerät unterscheiden sich fast nicht von denen des 60 cm breiten Gerätes. Der Strom- und Wasserverbrauch beim Geschirrspüler mit 60 cm Breite ist aber niedriger als das des Gerätes mit 45 cm Breite. Deswegen ist es für Haushalte ab 2 Personen empfehlenswert, unter Berücksichtigung des Kochverhaltens und der Raumgegebenheiten, eine größere Geschirrspülmaschine anzuschaffen. Der Energieverbrauch eines Geschirrspülers wird in Abhängigkeit von der Anzahl der Maßgedecke³² angegeben. Die Füllmenge wird genauso durch die Anzahl Maßgedecke angegeben. In einer Geschirrspülmaschine mit 12 Maßgedecken passen beispielsweise 12 Suppenteller, 12 flache Teller, 12 Dessertteller, 12 Kaffeetassen, 12 Untertassen, 12 Gläser, 12 Bestecke, 2 Schlüsseln, 1 Platte, 1 Schale und 3 Servierbestecke (so um die 140 Geschirrtteile). [74]

Nach der Energieverbrauchskennzeichnungs-Verordnung (EnVKV) müssen die Energieverbrauchswerte des genormten Standardwaschprogramms für Geschirrspüler für den Verbraucher auf einem Etikett sichtbar gemacht werden. Die Einteilung in die Energieklassen geschieht auf Basis des Energieverbrauchs einer Geschirrspülmaschine für 12 Maßgedecke. Somit findet eine Einteilung in die Klassen A bis G je nach Energieverbrauch (kWh) pro Waschgang und Anzahl der Gedecke statt. Diese Klasseneinteilung wird auch bei der Reinigungs- und Trocknungswirkung angewendet. Der Geschirrspüler von heute verbraucht rund 36% weniger Strom als die Geräte vor 10-15 Jahren.[203] Verbraucht ein 60 cm breiter Geschirrspüler pro Spülgang im Jahre 1990 ca. 1,73 kWh und im Jahr 1995 ca. 1,4 kWh, so verbraucht ein Geschirrspüler gegenwärtig nur 1,05 kWh.[255] Die nachfolgende Tabelle zeigt die Energieklassifizierung und geltende Grenzwerte für Geschirrspüler auf:

³² 1 Maßgedeck besteht aus: 1 Essteller, 1 Dessertteller, 1 Suppenteller, 1 Tasse und 1 Untertasse, 1 Glas und 1 Besteck

Tabelle 3.1-112: Durchschnittlicher Energieverbrauch von Geschirrspülern nach Energieeffizienz-Klassen

Effizienzklasse		A	B	C	D	E	F	G
Energie (pro Waschgang in kWh)								
Maßgedeck	8	0,749	0,889	1,030	1,170	1,310	1,451	unbegrenzt
	10	1,024	1,216	1,408	1,600	1,792	1,984	unbegrenzt
	12	1,056	1,254	1,452	1,650	1,848	2,046	unbegrenzt
	14	1,088	1,292	1,496	1,700	1,904	2,108	unbegrenzt

Quelle: [225], Eigene Darstellung

Geräte der Energieklassen „A“ bis „C“ gewährleisten einen niedrigen Energieverbrauch. So benötigt eine Geschirrspülmaschine der Energieeffizienz-Klasse A pro Standardwaschgang ungefähr die Hälfte der Energie eines Geschirrspülers der Klasse F. Zum größten Teil werden Stromkosten durch Wassererwärmung verursacht. Deshalb ist es empfehlenswert, Geschirr bei niedrigeren Temperaturen zu waschen und einen Warmwasseranschluß in Betracht zu ziehen.

Zusammenfassend sind für den effizienten Gebrauch von Geschirrspülern folgende Punkte zu empfehlen:

- Grobe Speisereste sollen nicht im Geschirrspüler abgespült, sondern entfernt werden.
- Hohe Waschttemperaturen sollen vermieden werden. Daher soll ein Programm mit Waschttemperature nicht mehr als 60°C ausgewählt werden.
- Die Energieeffizienz steigt mit dem Grad der Befüllung. Geschirrspüler sollen möglichst bei voller Auslastung gestartet werden.
- Durch die Wahl von „Eco-Programm“ kann höhere Energieeinsparung erzielt werden, da dieses am wenigsten Energie verbraucht.
- Bei normaler Verschmutzung reicht es aus, das „Sparprogramm“ einzuschalten.
- Spülprogramm und Temperatur sollen nach dem Verschmutzungsgrad gewählt werden.
- Beim Beladen ist darauf zu achten, dass alle Geschirrfächen von Wasserstrahlen getroffen werden können.
- Es ist empfehlenswert, eine neue Geschirrspülmaschine mit Warm- und Kaltwasseranschluss auszustatten.

Der ausschließliche Erwerb von Geräten der Energieeffizienz-Klasse A wird als Energieeffizienz-Maßnahme betrachtet. Diese zeichnet sich durch folgende Werte aus: maximaler Verbrauch von 0,749 kWh bei Anzahl der Maßgedecke von 8; maximaler Verbrauch von 1,024 kWh bei Anzahl der Maßgedecke von 10; maximaler Verbrauch von 1,056 kWh bei Anzahl der Maßgedecke von 12 und von 1,088 kWh bei Anzahl der Maßgedecke von 14. In folgenden Tabellen werden effiziente, am österreichischen Markt erhältliche Geräte mit einem handelsüblichen, ineffizienten Gerät verglichen. Die Anschaffungspreise für einen effizienten Geschirrspüler sind um ca. 60-80% höher als für ein

vergleichbares ineffizientes Gerät.

Tabelle 3.1-113: Vergleich effiziente-ineffiziente Einbaugeschirrspülern mit der Breite von 45 cm

Gerät	Privileg 44450 i 44500 i 64550 i	Elektra Bregenz GI 3455 W	Miele W 604	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / Miele	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	679	710	1073	821	479 €
Anzahl Maßgedecke	9	10	9	9	9
Energieverbrauch/Waschgang Standardprogramm [kWh]	0,8	1,01	0,8	0,87	1,24
Energieverbrauch in kWh/Waschgang/Maßgedeck	0,09	0,1	0,09	0,093	0,14

Quelle: [225], [233]; eigene Darstellung

Tabelle 3.1-114: Vergleich effiziente-ineffiziente Einbaugeschirrspülern mit der Breite von 60 cm

Gerät	Privileg 86660 i, 8660 XLi, 98675 vi	Elektra Bregenz GI 6260 W, GI 6260, GIV 6480 W	Miele G 1022 i	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / Miele	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	99	782	736	772	379 €
Anzahl Maßgedecke	12	12	12	12	12
Energieverbrauch/Waschgang Standardprogramm [kWh]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,4
Energieverbrauch in kWh/Waschgang/Maßgedeck	0,09	0,09	0,09	0,09	0,12

Quelle: [225], [233]; eigene Darstellung

Tabelle 3.1-115: Vergleich effiziente-ineffiziente Standgeschirrspülern mit der Breite von 45 cm

Gerät	Privileg 94000, 64600	Elektra Bregenz GS 3455 W	Miele G 1102 SC	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / Miele	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	649	514	820	661	609
Anzahl Maßgedecke	9	10	9	9	9
Energieverbrauch/Waschgang Standardprogramm [kWh]	0,8	1,01	0,8	0,87	1,1
Energieverbrauch in kWh/Waschgang/Maßgedeck	0,09	0,1	0,09	0,093	0,12

Quelle: [225]; eigene Darstellung

Tabelle 3.1-116: Vergleich effiziente-ineffiziente Standgeschirrspülern mit der Breite von 60 cm

Gerät	Privileg 56550, 66550, 86650, 86655,96000, 96100	Elektra Bregenz GS 7250	Miele G 1022, G 1022 Sc	Mittelwert Privileg/ Elektra Bregenz / Miele	Ineffizientes Gerät
Preisempfehlung des Herstellers [€]	449	545	631	542	299
Anzahl Maßgedecke	12	12	12	12	12
Energieverbrauch/Waschgang Standardprogramm [kWh]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,24
Energieverbrauch in kWh/Waschgang/Maßgedeck	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10

Quelle: [225], [233]; eigene Darstellung

Nach Angaben von [225] und eigenen Recherchen der Autoren müssen Konsumenten für den Erwerb einer effizienten Geschirrspülmaschine um 60 bis 400 € mehr investieren als beim Kauf eines ineffizientes Gerätes.

Für die weiteren Berechnungen wird ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 1,05 kWh/Wasch(spül)gang (12 Maßgedecke) für effiziente Geräte und 1,4 kWh/Waschgang für ineffiziente Geräte angenommen.

Die Preise für Geschirrspüler weichen sowohl innerhalb einer Effizienzklasse als auch zwischen den Effizienzklassen stark voneinander ab. In der gleichen Effizienzklasse könnte ein preislicher Unterschied bis zu 850,- € je nach Marke und Ausstattung beobachtet werden. Für die Berechnungen wurden durchschnittliche Werte für die gängigsten Geräte am österreichischen Markt verwendet. Genauere Angaben sind an dieser Stelle nur bedingt möglich, da eine hohe preisliche Schwankungsbreite vorliegt.

3.1.2.4.1.1 Aktuelle Situation in Österreich

Eine Sättigung des Geschirrspülmaschinenmarktes kann noch nicht beobachtet werden. Die aktuelle Durchdringungsrate österreichischer Haushalte mit Geschirrspülern beträgt derzeit zumindest 71%. Somit wird der Geschirrspülmaschinen-Bestand in Österreich auf knapp 2,5 Mio. geschätzt. In 3% der österreichischen Haushalte befindet sich eine zweite Geschirrwaschmaschine. Rund 75% der Geräte haben die Standardbreite von 60 cm, die restlichen 15% sind schmalere Geräte mit der Breite von 45 cm. Laut Statistik Austria wissen 59% der österreichischen Haushalte nicht Bescheid über die Energieeffizienz-Klasse ihres Geschirrspülers, 33,1% der in Privathaushalten stehenden Geräte weisen die Klasse A auf und die restlichen 8% gehören zu der Klasse B oder schlechter. Ungefähr 16% der Geräte verfügen über einen getrennten Warmwasseranschluß. [220] Für das Jahr 2008 entfallen 3,98% (176 kWh) der konsumierten Elektrizität aller Haushalte auf Geschirrspüler. [221]

In den folgenden Berechnungen wird für die Geschirrspüler eine durchschnittliche Lebensdauer von 12 Jahren (laut CEN 2007) angenommen.

Folgende Tabelle zeigt Stromkosten in Abhängigkeit vom Haushaltstyp an:

Tabelle 3.1-117: Stromkosten in Abhängigkeit vom Haushaltstyp

	1-Personen-Haushalt	2-Personen-Haushalt	3-Personen-Haushalt	4-Personen-Haushalt	Für jede weitere Person
Jahresstromverbrauch einer Geschirrspülmaschine (kWh) [245]	150-180	220-250	350-400	390-430	70
Jahresstromverbrauch einer Geschirrspülmaschine im Jahr 2008 [kWh] [221]	57	166	238	324	70
Stromkosten [€/Jahr]³³	10,41	30,31	43,46	59,16	12,78
Stromkosten bei durchschnittlicher Lebensdauer von 12 Jahren (in €)	124,89	363,74	521,51	709,95	153,38

Quelle: Eigene Darstellung

Laut Studien der Statistik Austria betrug der durchschnittliche Jahresstromverbrauch aller österreichischen Haushalte im Jahre 2008 (3,54 Mio. Hauptwohnsitze) rund 4.390 kWh. Somit lag der durchschnittliche Jahresstromverbrauch pro Haushalt durch einen Geschirrspüler bei 176 kWh (4%). [221]

³³ Gerechnet: Jahresstromverbrauch im Jahr 2008 * Stromkosten von 18,26 Cent pro kWh

Derzeit sind in Österreich 63% der Geschirrspüler älter als drei Jahre. Rund 36% der Geschirrspülmaschinen sind noch keine 5 Jahre alt. Ganze 43% sind mehr als 5 und weniger als 10 Jahre in Gebrauch. Knapp 20% der Geschirrspüler sind älter als 10 Jahre. [220]

Tabelle 3.1-118: Altersstruktur von Geschirrspülern in österreichischen Haushalten

Altersstruktur der Geschirrspüler	
Jüngere Geschirrspüler (max. 5 Jahre im Gebrauch)	36%
Mittlere Geschirrspüler (5-10 Jahre alt)	43%
Ältere Geschirrspüler (älter als 10 Jahre)	20%
Keine Angaben zum Alter	1%
Summe	100%

Quelle:[220], Eigene Darstellung

Die Haushalte in Westösterreich verursachen den meisten Verbrauch durch den Einsatz von Geschirrspülern verbrauchten Strom (196 kWh) pro Jahr. Westösterreich liegt mit 174 kWh im Mittelfeld. Dagegen verbrauchen Haushalte in Ostösterreich mit 155 kWh rund 12% weniger Strom als ein durchschnittlicher Haushalt. Der Jahresstromverbrauch von Ein-/Zweifamilienhäusern liegt mit 222 kWh deutlich - um 92 kWh - höher als der von verdichtetem Wohnbau (130 kWh).

3.1.2.4.2 Bewertung der Maßnahme hinsichtlich ihrer anrechenbaren Einsparung

Die aktuelle Durchdringungsrate österreichischer Haushalte mit Geschirrspülern liegt bei 71%, wobei 63% der Geräte älter als 5 Jahre und nur 20% älter als 10 Jahre sind. Deshalb kann von Energieeffizienz-Erhöhung durch einen Umtausch von alten auf neuere, modernere Geräte ausgegangen werden. Dabei sollen Konsumenten beim Kauf eines neuen Geschirrspülers eigentlich dazu bewegt werden, ein Gerät der Energieeffizienz-Klasse A auszuwählen.

Zur Berechnung der anrechenbaren Einsparung durch die Anschaffung einer effizienten Geschirrspülmaschine wird zunächst eine Annahme über die jährliche Anzahl der Inbetriebnahme des Gerätes getroffen. Es wird angenommen, dass in durchschnittlichen Haushalten 5 Mal wöchentlich ein Geschirrspüler mit einem Fassungsvermögen von 12 Maßgedecken eingeschaltet wird.

Beispiel: Kostenberechnung für 1 Jahr

Hier wird ein konkretes Beispiel für einen exemplarischen Haushalt dargestellt.

Annahmen: Einbaugeschirrspüler 60 cm breit; 5 Waschgänge pro Woche (= 5 * 52 Wochen = 260 Waschgänge pro Jahr); der Strompreis liegt derzeit bei 18,26 Cent; 12 Gedecke Normkapazität.

Gerät Klasse A: $1,05 \text{ kWh/Waschgang} * 260 = 273 \text{ kWh}$ oder Energiekosten 49,85 Euro/Jahr

Gerät Klasse B, C: $1,4 \text{ kWh/Waschgang} * 260 = 364 \text{ kWh}$ oder Energiekosten 66,47 Euro/Jahr Gerät

Daraus ergibt sich eine jährliche Differenz von 16,62 Euro (Steigerung von 33,3%) zwischen Geräten der Klasse A und Geräten der Klassen B oder C. Während einer Lebensdauer von 12 Jahren beläuft sich die Differenz auf fast 200 Euro. Von Klasse zu Klasse ändert sich die Energieeffizienz. Bei dem Vergleich mit Geräten der Energieklassen D, E, F oder G ergeben sich höhere Differenzbeträge, die dementsprechend ansteigen. Die sich daraus ergebenden zu erwartenden jährlichen Energieeinsparungen sind in Tabelle 3.1-119 dargestellt.

Tabelle 3.1-119: Stromverbrauch von Geschirrspülern, Vergleich

	durchschnittlicher Verbrauch effizientes Gerät Klasse A	Verbrauch eines ineffizienten Gerätes Klasse C	Einsparpotential bei Tausch eines ineffizienten Gerätes auf ein effizientes in kWh/Jahr bzw. in €
Geschirrspüler	273 kWh	364 kWh	91 kWh
	49,85 €	66,47 €	16,62 €

Wie aus der Tabelle 3.1-119 sichtbar ist, belaufen sich die jährlichen Kosten bei einem Neugerät auf 49,85 Euro und auf 66,47 Euro für das Altgerät (gerechnet mit einem Strompreis von 18,26 Cent pro kWh). Die jährliche Ersparnis pro Haushalt beträgt somit 33%. Realistisch gesehen könnte je nach Haushaltsgröße und Menge des gewaschenen Geschirrs 2 bis 5% des Haushaltsstroms mittels Ersatz von alten durch neue, energieeffiziente Geräte eingespart werden.

3.1.2.4.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme aus Sicht des Kunden

Im Folgenden wird mit einer erwarteten jährlichen Einsparung von 91 kWh gerechnet. Dies entspricht einer ungefähren jährlichen monetären Ersparnis von 16,62 €. Somit ergibt sich eine monetäres Ersparnis ohne jährliche Energiesteuerung in 12 Jahren von 151,52 €. Die

zusätzlichen Anschaffungskosten für ein neues Gerät werden mit 200 € angesetzt. Die folgende Tabelle 3.1-120 zeigt die Gegenüberstellung von Investitionskosten und Betriebskostensparnis bei unterschiedlichen Teuerungsraten für elektrische Energie.

Tabelle 3.1-120: Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Geschirrspülers

Jährliche Teuerung von elektrischer Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten eines Geschirrspülers [€]	Monetäre Ersparnis durch neuem Geschirrspüler [€]	Barwert der Einsparung [€]
0%	200	151,52	-48,48
3%	200	176,45	-23,55
10%	200	256,99	56,99

Tabelle 3.1-120 zeigt, dass die zusätzlichen Anschaffungskosten eines Geschirrspülers bei einem jährlichen Strompreisanstieg bis zu 3% nicht innerhalb von 12 Jahren wettgemacht werden können. Erst nach 18 Jahren (ohne Energiesteuerung) beginnt das neue Gerät, sich zu rentieren. Im Fall einer jährlichen Energiesteuerung von 10% kann von einer monetären Ersparnis von rd. 257 € ausgegangen werden, was bedeutet, der Haushalt kann sich tatsächlich 57 € innerhalb von 12 Jahren sparen. Somit kann die Aussage getroffen werden, dass sich die Anschaffung eines neuen Gerätes aus energetischer Sicht in jedem Fall rentiert, jedoch aus monetärer Sicht kein unmittelbarer Bedarf besteht, ein neues, hocheffizientes Gerät anzuschaffen.

3.1.2.4.3.1 Schlussfolgerungen

Aus Sicht der Autoren gelten für die Promotion von Geschirrspülern die gleichen Bedingungen wie für andere Weißwaren auch. Es ist empfehlenswert, den Konsumenten eine bessere Beratung anzubieten und sie über energieeffiziente Technologien zu informieren. Durch Aufklärungskampagnen können Konsumenten dazu bewegt werden, sich eine Geschirrspülmaschine anzuschaffen bzw. nicht händisch abzuwaschen, da Energie- und Wasserverbrauch beim Abwaschen im Geschirrspüler wesentlich geringer sind.

3.1.2.5 Einsatz energieeffizienter E-Herde

3.1.2.5.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Ein Elektroherd (E-Herd) besteht aus einer Kombination eines Kochfeldes (oben gelegen in Form der Kochplatten) und eines Backofens (unten gelegen in Form der Backröhre). Festzuhalten ist, dass die Funktionen des Kochens und des Backens in getrennter Weise aufgeteilt sind und Backofen und Kochplatten getrennt voneinander installiert werden können.

In dieser Untersuchung wird folgende grobe Kategorieneinteilung von Geräten vorgenommen:

- **Einbau-Herde:** Backöfen mit Kochplattensteuerung, welche in feste, vorgegebene Küchenmöbel installiert werden;
- **Stand-Herde:** Systeme, bestehend aus einem Backofen und Kochfeldern, welche nicht in vorgegebene, feste Einrichtungen integriert werden können;
- **Einbau-Backöfen:** Backöfen, welche keine Kochplattensteuerung aufweisen und in einen Küchenschrank integriert werden müssen;
- **Autarke Kochfelder:** Kochfelder mit einer individuellen Steuerung, welche eine Kombination zu Einbau-Backöfen darstellen;
- **Kochfelder:** Systeme von Kochfeldern, welche durch Stand- und Einbauherde gesteuert werden können.

Seit Juli 2003 gibt es das EU-Label für Energieeffizienz für Elektrobacköfen. Für Kochstellen erfolgt keine Klassifizierung der Energieeffizienz mit dem EU-Label.

Aufgrund der im Rahmen dieser Untersuchung vorhandenen Datenlage werden im Folgenden *Einbau-Herde*, *Stand-Herde* und *Einbau-Backöfen* unter dem Begriff E-Herd zusammengefasst. Die Betrachtung erfolgt jedoch für Backöfen und Kochfelder getrennt. Im Bereich der Kochfelder wird die Nutzung von Induktionskochplatten als Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz in Haushalten hervorgehoben. Des Weiteren ist festzuhalten, dass für die Berechnungen ein Strompreis von 0,18 €/kWh zu Grunde gelegt wird und, dass sich die Analyse aufgrund der Vielzahl der am Markt vorhandenen Geräte hauptsächlich auf Durchschnittswerte bezieht. Aufgrund der Komplexität der einzelnen Faktoren und Möglichkeiten der einzelnen Geräte zur Energieeinsparung kann kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. Vor den Abschätzungen der Energieeinsparung durch den Einsatz energieeffizienter E-Herde und Induktionskochplatten erfolgt eine Übersicht über den energiesparenden Gebrauch von Backöfen und Kochfeldern.

Energieeffizienter Gebrauch von Backöfen und Kochfeldern

Im Folgenden werden Maßnahmen, welche zu einem energiesparenden Gebrauch von Backöfen und Kochfeldern führen, separat dargestellt.³⁴

Für den effizienten Gebrauch von **Backöfen** sind folgende Maßnahmen zu nennen:

- Während des Backvorgangs ist der Backofen nur bei absoluter Notwendigkeit zu öffnen.
- Das Backen mit Heißluft ist effizienter, als das Backen mit Ober- und Unterhitze. Um das gleiche Ergebnis wie beim Backen mit Ober- und Unterhitze zu erhalten, kann bei Betrieb des Backrohres mit Heißluft die Temperatur um 20 bis 30 °C niedriger gewählt werden.
- Beim Gebrauch des Backrohrs sollte die Nachwärme genutzt werden, wobei der Backofen 10 bis 15 Minuten vor der Garzeit ausgeschaltet werden kann. Die Nutzung von Zeitschaltuhren kann in diesem Bereich eine Hilfestellung geben.

Für den effizienten Gebrauch von **Kochfeldern** sind folgende Maßnahmen zu nennen:

- Das Kochen mit Deckel ist zu empfehlen. Weiters sollte der Deckel auf den verwendeten Topf passen, denn das Verwenden eines ungeeigneten Deckels kann den Strombedarf für den Kochvorgang um 300% erhöhen.
- Werden die Kochplatten des Elektroherdes zu Beginn auf der maximalen Stufe erhitzt, kochen diese effizienter. Natürlich sollten die Platten im Laufe des Kochvorgangs zurückgedreht werden.
- Die Verwendung eines Schnellkochtopfes trägt zur energieeffizienten Nutzung des Elektroherdes bei. Bei Speisen die länger als 20 Minuten gegart werden müssen, spart der Schnellkochtopf bis zu 50% an Strom ein.
- Eine weitere wichtige Voraussetzung ist der Gebrauch des geeigneten Kochgeschirrs. Der Boden der verwendeten Töpfe sollte im nicht erwärmten Zustand leicht nach innen gewölbt sein. Der gewölbte Boden dehnt sich in Folge der Erwärmung auf der Kochplatte nach außen auf und somit entsteht ein idealer Kontakt zwischen Kochtopf und Herdplatte. Durch die optimale Anpassung des Kochtopfes an die Herdplatte wird die Dauer der Wärmeübertragung und des Kochvorgangs minimiert und damit kann Energie eingespart werden. Weiters ist es sinnvoll um einen energieeffizienten Kochvorgang zu gewährleisten, die Kochtopfgröße an die Herdplattengröße anzupassen. Wird ein Kochtopf mit kleinem Durchmesser auf eine Kochplatte mit großem Durchmesser gestellt, steigt der Stromverbrauch unnötig an. Ein zu großer Kochtopf auf zu kleinem Kochfeld verzögert den Kochvorgang und der Stromverbrauch steigt ebenfalls an. Als Faustregel gilt, dass ein Kochtopf maximal 5 mm größer und maximal 10 mm kleiner sein darf als die verwendete Herdplatte.
- Wasser z.B. für die Tee-Zubereitung etc. sollte im Wasserkocher aufgekocht werden, da dieser für das Erhitzen des Wassers deutlich weniger Energie benötigt als der Herd.

³⁴ Dieser Maßnahmenkatalog ist als Zusammenfassung verschiedener Energieeinspar-Tipps aus Verbraucherportalen im Internet (zuletzt abgerufen September 2008) zu verstehen.

3.1.2.5.2 Energetische Maßnahmenbewertung

3.1.2.5.2.1 Backöfen

Ein Backofen kann auf unterschiedlichste Art beheizt werden. Die wichtigsten Beheizungsarten sind:

- Konventionell mit *Ober- und Unterhitze*.
- *Umluft*: Ein Ventilator im Backofen sorgt für die gleichmäßige Verteilung der Wärme im Inneren des Backrohrs. Bei dieser Methode ist das Backen auf zwei Ebenen möglich.
- *Heißluft*: Die Erhitzung des Backrohrs erfolgt mit Hilfe des Ventilators durch heiße Luft. Das Backen ist auf bis zu drei Ebenen möglich.
- *Heißluft-Kombi*: Hier werden die Beheizungsarten Ober- und Unterhitze mit Heißluft kombiniert.
- *Steamer*: Diese Funktion ermöglicht das Dampfgaren von Speisen auf bis zu drei Ebenen.

Viele moderne Backöfen verfügen bereits über eine Reinigungsfunktion. Auch hier gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren hinsichtlich des Energieverbrauchs. So ist beispielsweise die pyrolytische Reinigung sehr energieaufwändig. Im Gegensatz dazu kann die katalytische Reinigung des Backrohrs ohne Energie-Mehraufwand erfolgen.

Die folgende Tabelle gibt Auskunft über den Stromverbrauch von E-Herden bei konventioneller Beheizung. Dabei wird eine Unterteilung in Einbau- und Stand-Herde und Einbaubacköfen vorgenommen, deren durchschnittlichen Werte dann schließlich für den Vergleich von effizienten und ineffizienten Geräten genutzt werden können.

Tabelle 3.1-121: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Elektroherden pro Backgang, konventionelle Beheizung, Vergleich

E-Herd	durchschnittlicher Verbrauch ineffizientes Gerätes in kWh	durchschnittliche r Verbrauch effizientes Gerät in kWh	Einsparungspotential durch Tausch - ineffizienten für effizientes Gerät in kWh
Einbau-Herd	1,24	0,84	0,40
Stand-Herd	1,24	0,87	0,37
Einbau-Backofen	1,39	0,78	0,61
Gesamt	1,30	0,83	0,47

Quelle: [225], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

Die Tabelle 3.1-121 zeigt, dass beim Tausch eines ineffizienten E-Herdes auf einen energieeffizienten in der Gruppe der Einbau-Herde bis zu 0,40 kWh und in der Gruppe der Stand-Herde bis zu 0,37 kWh pro Backgang eingespart werden können.

In folgender Tabelle werden die Unterschiede der verschiedenen Systeme bei der Nutzung

von Umluft- und Heizluftsystem verdeutlicht.

Tabelle 3.1-122: Durchschnittlicher Stromverbrauch Elektroherde, pro Backgang, Umluft/Heizluft, Vergleich

E-Herd	durchschnittlicher Verbrauch ineffizientes Gerätes [kWh]	durchschnittlicher Verbrauch effizientes Gerät [kWh]	Einsparungspotential durch Tausch - ineffizientes für effizientes Gerät [kWh]
Einbau-Herd	0,79	0,79	0
Stand-Herd	0,79	0,79	0
Einbau-Backofen	0,99	0,83	0,16
Gesamt	0,90	0,82	0,08

Quelle: [225], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

Wird der Stromverbrauch bei Nutzung von Umluft- und Heizluftsystemen betrachtet, so ist erkennbar, dass ausschließlich der Einbau-Backofen ein positives Einsparpotential hinsichtlich des ineffizienten Gerätes aufweist. Die oben erwähnte Tatsache, dass die Beheizung anhand von Heizluft energieeffizienter als die konventionelle Methode mit Unter- und Oberhitze ist, wird somit durch die geringen Einspargewinne bestätigt.

Folgende Tabelle bietet eine Übersicht über die jährlichen Einsparpotentiale bei E-Herden (Einbau- und Stand-Herde sowie Einbaubacköfen), wobei zwischen energieeffizienten und nicht energieeffizienten Geräten unterschieden wird.

Tabelle 3.1-123: Energieeinsparung pro Jahr, Vergleich effiziente / ineffiziente Geräte

	Ø - effiziente Geräte	Ø - ineffiziente Geräte	Ø - effiziente / ineffiziente Geräte	Differenz – ineffiziente / effiziente Geräte
Preisempfehlung des Herstellers [€]	~800	~800	~800	0
Stromkosten pro Jahr [€]	24,8	32,2	28,5	7,4
Jährlicher Energieverbrauch bei 150 Backgängen [kWh]*	124	161	142,5	37
Nettovolumen [l]	56	50,7	53,35	-5,3
kWh jährlich je Liter Volumen [kWh/l]	2,22	3,2	2,71	0,98

Quelle: [225], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

* Die 150 Backgänge setzen sich aus 75 Backgängen mit konventioneller Backtechnologie und 75 Backgängen mit Umluft / Heizluft zusammen.

Aufgrund einer Durchdringungsrate von 85% von E-Herden in österreichischen Haushalten [40] kann aus Sicht der Autoren eine Förderung von effizienten E-Herden zur Verringerung des Anteils ineffizienter Geräte führen. Die Höhe der Durchdringungsrate kann gegebenenfalls durch eine Förderung noch optimiert werden.

Die Einsparpotentiale werden durch die Ergebnisse in der obigen Tabelle aufgezeigt. Dabei ist besonders die jährliche Einsparung von 37 kWh zu nennen, die einer Energieeinsparung von mehr als 20% im Gegensatz zur Nutzung eines ineffizienten Gerätes gleichsteht.

3.1.2.5.2.2 Kochfelder

Hinsichtlich der Kochfelder von E-Herden sind

- *gusseiserne Kochfelder,*
- *Kochfelder aus Glaskeramik sowie*
- *Induktionskochfelder*

als mögliche Ausgestaltungsvarianten zu erwähnen.³⁵

Im Gegensatz zu herkömmlichen Glaskeramikkochfeldern, bei denen die Kochwärme direkt unter der Glaskeramikplatte entsteht, entwickelt sich die Wärme bei Induktionskochfeldern direkt im Topfboden. Das hat den Vorteil, dass Wärmeverluste nach unten vermieden werden und die Wärme direkt in das Kochgut übergeht. Durch induktive Energieübertragung erwärmt sich der Topfboden. Die elektrische Induktionsspule wird von einem Langwellengenerator gespeist und befindet sich unter der Glaskeramikplatte. Diese kann als Primärseite eines Transformators bezeichnet werden, wobei der Topfboden die Sekundärseite des Transformators darstellt. Der Topfboden muss magnetisch sein, damit er eine sogenannte Kurzschlusswindung bildet, welche die elektrische Energie in Wärme umwandelt.

Aufgrund dieser Technologie kann beim Ankochen ein Zeitgewinn von 40% gegenüber der Nutzung von gusseisernen Kochplatten erreicht werden. Die Programmiermöglichkeiten und die Tatsache, dass die Technologie von Induktionskochplatten es erlaubt, dass die Kochzone ohne Verzögerung auf eine Veränderung der Heizleistung reagiert, führen dazu, dass eine schnellere und feinere Regulierung der Heizleistung gewährleistet ist. Der Gebrauch von Induktionskochplatten gegenüber gewöhnlichen Glaskeramikkochfeldern führt zu einer Stromeinsparung von bis zu 30%.

Als Nachteil der Induktionstechnologie ist auf Seiten der Kunden vor allem der hohe Anschaffungspreis (minimale Anschaffungskosten = 1.200 €) und ein zum Teil hoher Stand-by-Stromverbrauch zu erwähnen.³⁶ Des Weiteren ist auf die mit der Beschaffung der notwendigen (mit Eisenboden bzw. –einlage) Töpfe verbundenen Zusatzkosten sowie die durch die Induktionstechnologie entstehenden elektromagnetischen Felder zu verweisen.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Funktionsweise der verschiedenen Kategorien von Kochfeldern, deren Energieverbrauch bei Erhitzung von 1,5 Liter Wasser und den minimalen Anschaffungskosten.³⁷

³⁵ Die folgende Systembeschreibung der Induktionskochplatten orientiert sich an Ratgebern aus Verbraucherportalen im Internet, (zuletzt abgerufen September 2008)

³⁶ Nach dem Verbraucherportal topten.ch beläuft sich der maximal tolerierbare Strom-Stand-by-Verlust auf maximal 2 Watt.

³⁷ Es wurden 1,5 Liter Wasser in einem 20 cm Topf ohne Deckel von 15 auf 90 °Celsius erhitzt.

Tabelle 3.1-124: Funktionsbetrieb verschiedener Kochfelder, Energiebedarf bei Erhitzen von Wasser

	Funktionsprinzip	Energiebedarf [kWh]	minimale Anschaffungskosten [€]
klassische Kochplatten	Heizspiralen in metallischer Kochplatte	0,26	110
Glaskeramik Infrarot	Heizwendeln unter Glaskeramik	0,22	390
Glaskeramik Halogen	Wolframdraht in gasgefülltem Glaskörper unter Glaskeramik	0,23	260
Glaskeramik Induktion	Elektromagnetische Spule unter Glaskeramik	0,18	1.200

Quelle: [44], [227], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

Es ist ersichtlich, dass die Anschaffung klassischer Kochplatten zwar die günstigste ist, jedoch hinsichtlich des Energieverbrauchs die meisten Kosten generiert. Zusammengefasst lässt sich die Aussage tätigen, dass mit Höhe des Anschaffungspreises (in steigender Reihenfolge: klassische Kochplatten, Glaskeramik Infrarot, Glaskeramik Halogen, Glaskeramik Induktion) der Energiebedarf zur Erhitzung von 1,5 Liter Wasser sinkt.

In den folgenden Tabellen werden die Einsparmöglichkeiten, welche durch die Nutzung von Induktionskochplatten im Gegensatz zum Gebrauch von (klassischen) gusseisernen Kochplatten und Kochfeldern der Glaskeramik-Technologie generiert werden, aufgezeigt.

Tabelle 3.1-125: Einsparpotential beim Tausch von Kochfeldern in einem Jahr

	Stromverbrauch in kWh/Jahr	Einsparpotential bei Tausch mit ...		
		Induktions- kochplatte in kWh	Glaskeramik in kWh	mit gusseisernen Kochplatte in kWh
Induktion mit Deckel	200	--	-60	-100
Glaskeramik klassisch mit Deckel	260	60	--	-40
gusseiserne Kochplatte mit Deckel	300	100	40	--

Quelle: [233], eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Dabei wird ersichtlich, dass der Gebrauch der Induktions-Technologie unabhängig von der anderen Technologie zu Einsparungen im Stromverbrauch führt. Weiters sind die jährlichen Einsparungen im Vergleich zum Gebrauch von gusseisernen Kochplatten mit 100 kWh höher

als die Einsparungen Kochfeldern der Glaskeramik-Technologie.

Die Glaskeramik-Technologie ist gegenüber der traditionellen Kochtechnologie, den gusseisernen Kochfeldern, vorzuziehen, da eine Einsparung von 40 kWh im Jahr generiert werden kann.

Tabelle 3.1-126: Einsparpotential beim Tausch von Kochfeldern in 15 Jahren

	Stromverbrauch in 15 Jahren in kWh	Einsparpotential bei Tausch mit		
		Induktions- kochplatte [kWh]	Glaskeramik [kWh]	gusseiserne Kochplatte [kWh]
Induktion mit Deckel	3.000	--	-900	-1.500
Glaskeramik klassisch mit Deckel	3.900	900	--	-6.00
gusseiserne Kochplatte Platte mit Deckel	4.500	1.500	600	--

Quelle: [233], eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Die Betrachtung der Einsparpotentiale über 15 Jahre verdeutlicht die vorherigen Ergebnisse. Die klare Überlegenheit von Induktionskochplatten zu gusseisernen Kochfeldern bzw. Kochplatten der klassischen Glaskeramik-Technologie hinsichtlich der Energieeffizienz, äußert sich in Einsparungen von 900 bzw. 1.500 kWh.

Tabelle 3.1-127: Monetäre Einsparung durch Nutzung einer Induktionskochplatte im Vergleich zu konventionellen Technologien

	Monetäre Stromersparnis pro Jahr [€]	Monetäre Stromersparnis in 15 Jahren [€]
zu Glaskeramik, klassisch	10,8	162
zu gusseiserner Kochplatte	18	270

Quelle: [233], eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Die monetären Einsparungen belaufen sich demnach jährlich auf 10,8 € im Gegensatz zur Nutzung der Glaskeramik-Technologie und auf 18 € im Vergleich zum Gebrauch von gusseisernen Kochplatten. Wie im folgenden Abschnitt gezeigt werden wird, steht dieser monetären Einsparung ein relativ hoher Anschaffungswert gegenüber, so dass die Sicherstellung der Rentabilität nicht gewährleistet ist.

In diesem Zusammenhang ist jedoch ebenfalls auf den Zeitgewinn durch Nutzung von Induktionskochplatten hinzuweisen. Bezogen auf das vorherige Beispiel der Erhitzung von 1,5 Liter Wasser von 15 auf 90 °Celsius in einem Topf mit einem Durchmesser von 20 cm und ohne Deckel ergibt sich für klassische Kochplatten eine Kochzeit von 10,5 Minuten, für die Glaskeramik mit Infrarot eine Kochzeit von 8 Minuten, für die Glaskeramik mit Halogen eine Kochzeit von 7,5 Minuten, wobei Induktionskochplatten eine Kochzeit von 6,5 Minuten benötigen. [227], [44]. Ist die zeitliche Einsparung von über 40% mit einem hohen Nutzen für den Anwender verbunden, so wird neben der monetären Einsparung noch etlicher Nutzen

durch den Zeitgewinn generiert.

3.1.2.5.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

3.1.2.5.3.1 Backöfen

In den folgenden Berechnungen wird von einer mittleren erwarteten jährlichen Einsparung von 37 kWh ausgegangen. Bei Annahme eines Strompreises von 18,26 Cent/kWh kann mit einer jährlichen monetären Ersparnis von 7 € gerechnet werden. In der folgenden Tabelle wird die Gegenüberstellung von Investitionskosten und Betriebskostensparnis bei unterschiedlichen Teuerungsraten für elektrische Energie vorgenommen, wobei von einer Lebensdauer von 17 Jahren und einem Zinssatz von 4,5% ausgegangen wird.

Tabelle 3.1-128: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für hocheffiziente Elektroherde

Jährliche Teuerung von elek. Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten eines energieeffizienten E-Herdes in €	Monetäre Ersparnis durch energieeffizienten E-Herd in €	Barwert der Einsparung in €
0%	0	80	80
3%	0	99	99
10%	0	170	170

Quelle: [225], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

Die Tabelle zeigt, dass die monetäre Ersparnis durch die Energieeinsparung für eine Anschaffung eines hocheffizienten Elektroherdes spricht. Bei einer höheren realen Lebensdauer erhöht sich dementsprechend ebenfalls die energetische und monetäre Ersparnis.

3.1.2.5.3.2 Kochfelder

In den folgenden Hochrechnungen wird von einer jährlichen Ersparnis von 60 kWh gegenüber der Nutzung der konventionellen Glaskeramiktechnologie (Halogen, Infrarot) und einer Ersparnis von 100 kWh gegenüber dem Gebrauch von gusseisernen Kochplatten durch die Nutzung von Induktionskochplatten ausgegangen. Des Weiteren wird ein Strompreis von 18,26 Cent/kWh angenommen, so dass sich die monetäre jährliche Ersparnis im Vergleich zur Glaskeramik-Technologie auf 12 € und im Vergleich zur Nutzung gusseiserner Kochplatten auf 20 € beläuft. Analog zu vorherigen Maßnahmen wird nun die Gegenüberstellung von Investitionskosten und Betriebskostensparnis bei unterschiedlichen Teuerungsraten für elektrische Energie vorgenommen, wobei von einer Lebensdauer von 15 Jahren und einem Zinssatz von 4,5% ausgegangen wird. Dabei wird zuerst ein Vergleich zwischen Induktionskochplatten und den konventionellen Glaskeramiktechnologien und danach zwischen Induktionskochplatten und gusseisernen Kochplatten durchgeführt.

Tabelle 3.1-129: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Induktionskochplatten, konventionelle Glaskeramik

Jährliche Teuerung von elektrischer Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten von Induktionskochplatten [€]	Monetäre Ersparnis durch Induktionskochplatten [€]	Barwert der Einsparung [€]
0%	875	117	-785
3%	875	142	-733
10%	875	230	-645

Quelle: [44], [227], [233], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

Tabelle 3.1-130: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Induktionskochplatten, gusseiserne Kochplatten

Jährliche Teuerung von elektrischer Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten von Induktionskochplatten [€]	Monetäre Ersparnis durch Induktionskochplatten [€]	Barwert der Einsparung [€]
0%	1.090	196	-894
3%	1.090	237	-853
10%	1.090	385	-705

Quelle: [44], [233], [227], eigene Berechnungen, eigene Darstellung.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich aufgrund der hohen Anschaffungskosten die Nutzung von Induktionskochplatten weder gegenüber dem Gebrauch der konventionellen Glaskeramiktechnologie noch gegenüber der Anwendung der traditionellen gusseisernen Kochplatten im Hinblick auf den Barwert der monetären Energieeinsparung empfiehlt. Damit die Anschaffung für Induktionskochplatten rentabel erscheint, müsste von einer jährlichen Steigerung des Strompreises von ca. 25 bzw. 30% ausgegangen werden. Der vorher erwähnte Nachteil von Induktionskochplatten, die Tatsache, dass die hohen Energieeinsparungskosten nicht durch Energieeinsparungen amortisierbar sind, werden durch diese Ergebnisse bestätigt.

3.1.3 Maßnahmen im Bereich Verkehr

3.1.3.1 Intensivierung des öffentlichen Verkehrsnetzes: Schiene, Autobus, elektrifizierter Stadtverkehr

3.1.3.1.1 Beschreibung der Systeme und der Literaturwerte

Der Individualverkehr ist einer der Hauptverursacher von Luftverschmutzung und erhöhter Konzentration von bodennahem Ozon. Im Rahmen der Energieeffizienz-Debatte ist es aber von weit größerer Bedeutung, dass die Beförderung von Einzelpersonen in PKW, sowohl auf kurzen Strecken als auch auf der Langstrecke, in hohem Maße ineffizient ist. So muss bei einer durchschnittlichen Fahrgastzahl bei PKW-Fahrten von 1,5 Personen mit einem Energieverbrauch von etwa 0,61 kWh pro Kilometer und Person (Personenkilometer) gerechnet werden. Bei den energieeffizientesten öffentlichen Verkehrsmitteln Straßenbahn und Obus liegt der Verbrauch bei nur etwa einem Fünftel im Vergleich zum Individualverkehr, bei guter Auslastung nochmals deutlich niedriger.

Zwar ist das enorme Potential zur Einsparung von Endenergie durch eine vermehrte Nutzung des öffentlichen Verkehrs bekannt, die Evaluierung von Projekten zur Forcierung der Benützung öffentlicher Verkehrsmittel gestaltet sich jedoch als äußerst schwierig.

So muss unter Anderem eine Annahme darüber getroffen werden, welches Verkehrsmittel durch die Fahrt mit einem öffentlichen Verkehrsmittel ersetzt wurde. Im Rahmen der vorliegenden Bewertungssystematik wird die Annahme getroffen, dass jede Fahrt mit dem öffentlichen Verkehrsmittel eine Fahrt mit einem PKW ersetzt. Die Autoren sind sich bewusst, dass dies eine mäßig realistische Annahme ist. Weiters muss bestimmt werden, was genau eine Energieeffizienz-Maßnahme im öffentlichen Verkehr sein kann. Die Autoren sehen zwei wesentliche Bereiche, in denen Effizienzsteigerungen zu erzielen sind:

- 1) Einsatz energieeffizienter Fahrzeuge
- 2) Intensivierung des öffentlichen Verkehrs

Bezüglich Punkt 1) ist festzuhalten, dass eine Reihe öffentlicher Verkehrsbetriebe derzeit Teile ihrer Fahrzeugflotte von Diesel- auf Erdgasbetrieb umstellen. Die tatsächliche Energieeinsparung eines umgerüsteten Fahrzeugs fällt zwar gering aus, in Summe werden durch diese Maßnahmen jedoch beachtliche Einsparungen erzielt.

Punkt 2) umfasst eine weite Palette an Maßnahmen, die vom Ausbau des Streckennetzes (Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs, größere Zielgruppe) hin zu finanziellen Anreizen (günstige Tickets etc.) reichen können. Einige Beispiele für Faktoren, die eine höhere oder geringere Inanspruchnahme von öffentlichen Verkehrsmitteln verursachen können, wären vor allem die in Tabelle 3.1-131 angeführten:

Tabelle 3.1-131: Faktoren, welche die Inanspruchnahme öffentlicher Verkehrsmittel beeinflussen

Die Inanspruchnahme öffentlicher Verkehrsmittel beeinflussende Faktoren	
1	Ein geburtenstarker Jahrgang beginnt in die Schule zu gehen
2	Eine neue Verkehrslinie nimmt ihren Betrieb auf
3	Großangelegte Bauprojekte behindern den privaten, jedoch nicht den öffentlichen Verkehr
4	Die Einrichtung von Busspuren, die die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel in Relation zu anderen Verkehrsmitteln interessanter machen
5	Optimierung der Fahrplangestaltung (z.B. Abstimmung einzelner Verkehrsmittel aufeinander)
6	Erhöhte Attraktivität der öffentlichen Verkehrsmittel (z.B. durch bessere Ausstattung oder durch Intervallerhöhung, um Überfüllungen zu vermeiden)
7	Preisänderungen bei Substituten
8	Ausbau des Straßennetzes für den privaten Verkehr
9	Steigendes Umweltbewusstsein
10	etc.

Eine akkurate Bestimmung der tatsächlichen Effizienzsteigerung von einer wachsenden Fahrgastzahl im öffentlichen Verkehr bringt somit eine ganze Reihe komplexer Fragen mit sich.

3.1.3.1.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Im Folgenden soll die Maßnahme „Intensivierung des öffentlichen Verkehrs“ einer Bewertung unterzogen werden. Zur Analyse müssen vorab generelle Annahmen getroffen werden. In der Folge wird aus einer ausführlichen Literaturrecherche der durchschnittliche Energieverbrauch jedes zu bewertenden Verkehrsmittels geschätzt.

3.1.3.1.2.1 Annahmen

Aufgrund der komplizierten Strukturen des öffentlichen und individuellen Verkehrs sind zur Berechnung der Einsparungen generalisierende Annahmen nötig. Um realitätsnahe Ergebnisse zu gewährleisten stützen sich die Autoren auf national und international anerkannte Durchschnittswerte und Vorgehensweisen:

- a) Der Individualverkehr wird mit dem Verkehrsmittel PKW betrieben. Ein Einschließen von Motorrädern würde angesichts des geringen Anteils nur geringe Abweichungen mit sich bringen.
- b) Unterschiedlichen Studien [160], [223], [249], [141], [124] folgend liegt die

durchschnittliche Besetzung eines PKW zwischen 1,1 und 1,9, je nach Verwendungszweck des Fahrzeugs. Generelle Durchschnittszahlen tendieren eher zu dem niedrigeren der beiden Werte. Auch um Unterschätzungen der Energieeffizienz des PKW zu vermeiden, wird im Weiteren eine mittlere Besetzung von 1,5 Personen pro PKW angenommen.

- c) Alle Fahrten, die bisher mit dem PKW unternommen wurden und nun durch den öffentlichen Verkehr substituiert werden, weisen die gleiche Streckenlänge in Kilometer auf.
- d) Ein „Rebound-Effekt“ ist per Annahme ausgeschlossen. D.h. einem kosteneffizienten oder auch umweltbewussten Umstieg auf ein öffentliches Verkehrsmittel folgt kein Plus an individuellen Fahrten mit dem PKW, weil das Individuum nun mehr Geld zur Verfügung hat (Einkommenseffekt) bzw. „die Umwelt ja sonst immer schont“.

3.1.3.1.2.2 Relativer Energieverbrauch

Der relative Energieverbrauch eines Verkehrsmittels wird zur Vergleichbarkeit in kWh pro Personenkilometer angegeben. Die Werte ergeben sich aus recherchierten Durchschnittswerten ([133], [29], [188], [206], [64], [19]) oder Berechnungen auf Basis oben getroffener Annahmen: Im Folgenden soll erläutert werden, wie die im Weiteren verwendeten Werte zustande kommen, da sich die Literaturangaben teils deutlich unterscheiden.

Der wichtigste Vergleichswert ist der durchschnittliche Verbrauch eines PKW. Die Angaben zum Verbrauch unterscheiden sich je nach verwendeter Quelle teilweise markant und liegen zwischen 0,42 und 0,87 kWh pro Personenkilometer. Der Minimalwert 0,42 kWh errechnet sich aus einem Durchschnittsverbrauch eines PKW von 7 Litern auf 100 km und einer Wagenbesetzung von 1,5 Personen. Bei einer höheren durchschnittlichen Wagenbesetzung könnte der Wert also noch geringer sein, da es sich aber bei einem Durchschnittswert von 7 um eine Minimalangabe handeln dürfte, ist von einem höheren Wert auszugehen. Der Maximalwert entstammt einer Schweizer Quelle und ist sogar für eine Wagenbesetzung von 1,92 berechnet. Als realitätsnaher Durchschnittswert soll daher ein Energieverbrauch für den individuellen Verkehr (PKW) von 0,61 kWh/pkm angenommen werden, dieser entspricht in etwa den Ergebnissen einer Studie der International Association of Public Transport (UITP) am Beispiel der Region Ile-de-France.

Auf der Schiene wird der überwiegende Teil der Personentransporte von den ÖBB durchgeführt, nur ein Bruchteil entfällt auf Privatbahnen. Bezüglich des Stromverbrauchs schlägt die Literatur stark unterschiedliche Werte zwischen 0,04 und 0,55 kWh/pkm vor. Eine Schweizer Studie weist auf die markante Verschiedenheit von Regional- und Schnellzugverkehr hin (sie gibt an, dass der Regionalzugverkehr doppelt so viel Energie pro Personenkilometer verbraucht) [206]. Als für weitere Berechnungen passender Wert wird der Quotient aus dem Gesamtenergieverbrauch der österreichischen Bundesbahnen und den Fahrgastkilometern (beide Werte 2006) herangezogen: 0,23 kWh/pkm.

Auch bei den Autobussen ist zwischen regionalen und städtischen Bussen zu unterscheiden. Die recherchierten Werte reichen von 0,11 kWh bis 0,39 kWh. Für Stadtbusse soll ein Wert von 0,16 kWh pro Personenkilometer angenommen werden, wie ihn der Verkehrsclub Österreich und das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung vorschlagen. Regionalbusse weisen aufgrund der durchschnittlich geringeren Wagenbesetzung einen höheren Wert auf. Die im überregionalen Verkehr schwer zu erfassenden Durchschnittspassagierzahlen dürften

der Grund für die weit auseinander liegenden Angaben in der Literatur sein. Von den Autoren wird ein Wert für Überlandbusse von 0,27 kWh/pkm definiert, dieser entspricht dem ungewichteten Mittelwert der höchsten und niedrigsten Angabe.

Der elektrifizierte Stadtverkehr teilt sich in U-Bahnen, Straßenbahnen und Oberleitungsbusse. Auch hier finden sich bei den recherchierten Energieverbräuchen Schwankungen in gleicher Relation wie bei zuvor beschriebenen Verkehrsmitteln, allerdings driften die Absolutwerte weniger weit auseinander und liegen zwischen 0,04 und 0,17. Vor allem U-Bahnen werden als besonders energieeffizient angeführt. Ein allgemeiner Durchschnittswert für elektrifizierten Stadtverkehr von 0,11 kWh/km erscheint passend.

Tabelle 3.1-132: Durchschnittlicher Energieverbrauch für Arten individuellen und öffentlichen Verkehrs

Durchschnittlicher Energieverbrauch für Arten individuellen und öffentlichen Verkehrs	
Verkehrsmittel	kWh/pkm
Individualverkehr (PKW)	0,61*
Autobus (Regionalverkehr)	0,27**
Bahn („Schiene“)	0,23
Bus (ungewichteter Durchschnittswert)	0,22
Stadtbusse	0,16
Elektrifizierter Stadtverkehr (O-Bus, U-Bahn, Straßenbahn)	0,11
* Die recherchierten Verbrauchswerte des Individualverkehrs schwanken beträchtlich, doch auch die Minimalangaben liegen deutlich über den am wenigsten energieeffizienten öffentlichen Verkehrsmitteln. ** Wahrscheinlich aufgrund höchst unterschiedlicher Durchschnittspassagierzahlen bei Überlandstrecken schwankt der recherchierte Verbrauchswert je nach Quelle beträchtlich. 0,27 ist der ungewichtete Mittelwert aus den recherchierten Minimal- und Maximalangaben.	

3.1.3.1.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens der Maßnahme

3.1.3.1.3.1 Potential einer höheren durchschnittlichen Auslastung

Die Auslastung der öffentlichen Verkehrsmittel stellt eine weitere Schwierigkeit der Berechnung der Kosten-Nutzen-Relation dar: Nimmt man eine durchschnittliche Auslastung öffentlicher Verkehrsmittel von unter 50% an, so vermittelt dies den Eindruck, dass eine verstärkte Nutzung dieser Fortbewegungsmittel keinen zusätzlichen Aufwand seitens der anbietenden Unternehmen nötig macht. Dies würde bedeuten, dass sich die zusätzlich anfallenden kWh pro Personenkilometer auf das zusätzlich zum Gesamtgewicht (z.B. eines Zuges) zu befördernde Personengewicht beschränken, also minimal sein würden.

Entsprechend würde eine Intensivierung des öffentlichen Verkehrs grob formuliert ohne zusätzlichen Energiebedarf vonstatten gehen.

Tatsächlich mag dies für den Betrieb außerhalb der Stoßzeiten zumindest teilweise zutreffen. In den Hauptnutzungszeiten sind dagegen kaum Kapazitäten frei. So halten die Wiener Linien zur Aufrechterhaltung der Qualität ihrer U-Bahnen eine Auslastung über 65% (über mehr als 30 Minuten) bzw. über 75% (über kürzere Zeiträume) für inakzeptabel. Die derzeitigen Intervalle sind der Erfüllung dieser Kriterien angepasst. Eine Erhöhung der Fahrgastzahlen macht demnach eine Taktverkürzung und somit eine Erhöhung der eingesetzten Zuggarnituren nötig, würde also nicht durch eine höhere relative Auslastung kompensiert.[135]

Diese Aussage und die hohe Wahrscheinlichkeit, dass andere österreichische Anbieter öffentlicher Verkehrsmittel nach ähnlichen Gesichtspunkten argumentieren und wirtschaften, lässt die Autoren eine weitere Annahme treffen: Der bisherige durchschnittliche Energiebedarf in kWh pro Personenkilometer im öffentlichen Verkehr bleibt auch für zusätzliche Fahrgäste gleich. Dies bewirkt eine garantiert konservative Berechnung der Einsparmöglichkeit, die Einsparmöglichkeiten einer höheren Auslastung werden gleich Null gesetzt.

3.1.3.1.3.2 Energieeinsparung durch Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel

In der folgenden Tabelle 3.1-133 wird aufgelistet, wie viel kWh pro Personenkilometer durch einen Umstieg vom Individual- zum öffentlichen Verkehr eingespart werden können.

Tabelle 3.1-133: Einsparmöglichkeit durch Intensivierung des öffentlichen Verkehrs in kWh pro Personenkilometer

Einsparmöglichkeit durch Intensivierung des öffentlichen Verkehrs					
	[kWh/Pkm]	[kWh/Pkm]	[kWh/Pkm]	[kWh/Pkm]	[kWh/Pkm]
Öffentliches Verkehrsmittel	Schiene (Bahn)	Bus (regional)	Bus (Stadt)	Bus (Schnitt)	Elektrifizierter Stadtverkehr
Verbrauch	0,23	0,27	0,16	0,22	0,11
Verbrauch PKW	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Einsparung / Differenz	0,38	0,34	0,45	0,39	0,50

Der Individualverkehr verzeichnet im Fernverkehr durchschnittlich einen geringeren Energieverbrauch als im städtischen Verkehr, wo dieser durch viele Beschleunigungsvorgänge charakterisiert ist. Dies ist jedoch ebenso für die öffentlichen Verkehrsmittel zutreffend, die Differenz der Durchschnittswerte erscheint daher für weiterführende Berechnungen ausreichend.

Die größten Einsparungen lassen sich im Bereich des elektrifizierten Stadtverkehrs erzielen. Gerade angesichts einer häufig unvorteilhaften Stau- und Parkplatzsituation ist davon auszugehen, dass zum Umstieg auf die städtischen öffentlichen Verkehrsmittel viele Konsumenten am einfachsten zu motivieren sind. Entsprechende Benutzerfreundlichkeit,

Schnelligkeit und Anschlussmöglichkeiten (u.a. Park and Ride) sind Voraussetzungen, um den öffentlichen Stadtverkehr attraktiver machen zu können und das enorme Einsparpotential von 0,5 kWh pro Personenkilometer zu nutzen.

Durch die hohe Kilometerzahl birgt aber auch der Fernverkehr mit der Bahn ein enormes Einsparpotential. Die durchschnittliche Fahrzeugbesetzung eines PKW ist im Fernverkehr höher als im Nahverkehr, was dessen Energieeffizienz steigert. Jedoch sind allem voran Züge ebenfalls deutlich effizienter als im Nahverkehr, wodurch das oben berechnete Ausmaß der Einsparung etwa konstant bleiben dürfte. Ein Einsparwert von 0,38 kWh pro Personenkilometer ist zwar niedriger als der im Stadtverkehr erzielte, jedoch immer noch sehr hoch und vor allem kumuliert ausschlaggebend, da sich immerhin der Energieverbrauch auf ein Drittel reduziert.

Beim Regionalzugverkehr sinkt der Wert der Einsparung ab, oben zitierter Schweizer Studie folgend auf etwa ein Drittel, jedoch gehen die meisten anderen recherchierten Quellen von einem geringeren Verbrauch der Regionalzüge und damit einer höheren Einsparung pro zurückgelegtem Personenkilometer aus.

Busse sind mit der entsprechenden Auslastung hocheffiziente Verkehrsmittel. Vor allem in städtischen Gegenden lassen sich durch ihren Einsatz Energieeinsparungen erzielen, die mit 0,45 kWh pro Personenkilometer nahe an die im elektrifizierten Straßenverkehr erzielten Werte heranreichen.

3.1.3.1.3.3 Motive der Verkehrsmittelwahl

Ein besonderes Augenmerk soll im Folgenden auf den tatsächlich bestehenden Anreiz eines Umstiegs für den Konsumenten gelegt werden, denn eine Motivation zum Umstieg allein aus Gründen der Umweltmoral lässt sich nur kaum feststellen. In Tabelle 3.1-134 werden die wichtigsten Motive für die Wahl des Verkehrsmittels festgehalten:

Tabelle 3.1-134: Motive der Verkehrsmittelwahl nach gewähltem Verkehrsmittel, in Prozent, mit Rang. Die Angaben der PKW-Nutzer ergeben stellen Angaben von Fahrern und Mitfahrern dar.

Motive der Verkehrsmittelwahl (in Prozent)		
Motiv der Verkehrsmittelwahl	... bei Benützern öffentlicher Verkehrsmittel	... bei Benützern von PKW
Keine andere Möglichkeit	31,9 (1)	26,8 (2)
Passt zur Entfernung	18,7 (4)	12,0 (4)
Geringster Zeitaufwand	28,7 (2)	31,8 (1)
Bequemlichkeit	20,5 (3)	22,4 (3)
flexibel	2,1 (6)	11,1 (5)
kostengünstig	14,6 (5)	4,5 (6)

In Tabelle 3.1-134 ist ersichtlich, dass geringer Zeitaufwand und die Unmöglichkeit, ein anderes Verkehrsmittel zu benutzen, die Hauptgründe für die Wahl darstellen. Es ist anzunehmen, dass bei PKW-Lenkern ein zu hoher Zeitaufwand der Nutzung des öffentlichen Verkehrsmittels zur Antwort „keine andere Möglichkeit“ führt.

Im Folgenden soll das Motiv „keine andere Möglichkeit“ ausgeklammert werden. Je nach Situation sind Netzausbau und höhere Taktung Möglichkeiten, diesem Beweggrund von rund einem Viertel der Autofahrer zu begegnen.

Steht die Wahl zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln frei, so ist der zeitliche Aufwand das wichtigste Entscheidungsmotiv, deutlich vor den anderen Beweggründen. Diese Feststellung ist für Netz- und Intervallentscheidungen äußerst bedeutend, denn es geht den Nutzern vor allem um das rasche Erreichen des Ziels, die Kosten sind nur halb so bedeutend.

Bequemlichkeit steht bei der freien Entscheidung für ein Verkehrsmittel an zweiter Stelle. Gerade bei Autofahrern ist anzunehmen, dass diese Antwort eng mit der Antwort „Flexibilität“ korreliert, die bei den Nutzern öffentlicher Verkehrsmittel kein Entscheidungsgrund zu sein scheint. Diese Tatsache scheint, wie oben bereits angesprochen, von den öffentlichen Betrieben beachtet zu werden. So wird versucht, Überfüllungen mittels ausreichender Taktung zu vermeiden. Die Bequemlichkeit in öffentlichen Verkehrsmitteln erstreckt sich aber auch auf andere Bereiche, wie z.B. die Qualität der Sitze etc.

„Kostengünstig“ unterwegs zu sein, ist nur für 4,5% der PKW-Nutzer ein Entscheidungsmotiv. Für 19 von 20 PKW-Nutzern sind demnach andere Beweggründe für die Wahl ihres Verkehrsmittels ausschlaggebend bzw. scheint demnach ein Bewusstsein dafür zu bestehen, dass ihre Wahl nicht die kosteneffizienteste darstellt. Für Nutzer öffentlicher Verkehrsmittel ist das Motiv „kostengünstig“ drei Mal so wichtig.

Rüger (2005) [184] unterteilt in Grundvoraussetzungen, harte und weiche Komponenten als Entscheidungsmotive für oder wider ein Verkehrsmittel. Während Sicherheit und Pünktlichkeit selbstverständlich unter die Grundvoraussetzungen fallen, bezeichnet er Zeit,

Geld und Verbindungsgüter als harte, unter anderem den Komfort aber nur als weiche Komponenten.

3.1.3.1.3.4 Anreize für den Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel

Neben den im nächsten Punkt behandelten Kosten finden sich viele weitere Anreizmöglichkeiten, um eine Präferenz für öffentliche Verkehrsmittel herzustellen. Die wichtigsten sind wohl die beiden im letzten Punkt behandelten Punkte „Zeitaufwand“ und „Bequemlichkeit“. Die Verkehrsbetriebe sind angehalten, in diesem Bereich entsprechende Verbesserungen zu gewährleisten. Die Kursführung, die Taktung und das Zusammenspiel der eingesetzten Verkehrsmittel sind ebenso wichtig wie deren Ausstattung.

Politisch zur Diskussion stehende Thematiken neben den zu schaffenden erweiterten Anreizen des öffentlichen Verkehrs sind auch Negativanreize für die PKW-Nutzung. Beispielhaft seien folgende Möglichkeiten erwähnt:

1. So könnten (auch private) Parkflächen besteuert werden. Die Shopping City Süd verursacht alleine 300 Mio. Autokilometer jährlich, generell werden pro Jahr zu Einkaufszentren und Supermärkten 5,4 Mrd. Kilometer mit dem PKW zurückgelegt. [238] In australischen Städten ist die Besteuerung geschäftlicher Parkflächen bereits Realität, die Einnahmen gehen zweckgebunden in den öffentlichen Verkehr.
2. Die Einführung bzw. der Bau von Busspuren senkt den benötigten Zeitaufwand deutlich und bevorzugt energieeffiziente Verkehrsmittel, denn auch (fast oder zumindest halb) voll besetzte PKW sind auf diesen Spuren zugelassen und energieeffizient(er).
3. Eine Ausweitung des Kilometergeldes auf dienstliche Reisen in öffentlichen Verkehrsmitteln brächte diesen mehr Zustrom und Einnahmen. Der Verkehrsclub Österreich schlägt daher ein Kilometergeld für öffentliche Verkehrsmittel in Höhe von 0,29 Euro vor. [239]

3.1.3.1.3.5 Individuelle Kosteneffizienz

Vorab soll die Einsparung durch einen Verzicht auf den motorisierten Individualverkehr (PKW) berechnet werden. Da laut www.help.gv.at [45]³⁸ in das amtliche Kilometergeld sämtliche möglichen Kosten mit eingerechnet sind (siehe Fußnote), stellt der derzeitige Betrag von 0,42 Euro pro Kilometer für PKW den besten verfügbaren Referenzwert dar. Für zusätzlich zu befördernde Personen dürfen 0,05 Euro pro Kilometer aufgeschlagen werden, bei 1,5 Personen im PKW ergibt dies gerundet 0,45 Euro pro Autokilometer und somit 0,3 Euro pro Personenkilometer für PKW.

Während in diesen Wert alle durchschnittlichen PKW-Investitionskosten mit einfließen, ist die

³⁸ Ad Kilometergeld:

Mit dem amtlichen Kilometersatz sind folgende Punkte abgedeckt: Abschreibung/Wertverlust, Benzin und Öl, Wartung und Reparaturen aufgrund des laufenden Betriebes, Zusatzausrüstungen (z.B. Winterreifen, Schneeketten etc.), Autoradio, Navigationsgerät, Steuern und Gebühren, Alle Versicherungen (inklusive Kasko-, Insassen-, Rechtsschutzversicherung), Mitgliedsbeiträge diverser Autofahrerclubs, Finanzierungskosten (Kredit- oder Leasingraten), Parkgebühren und in- sowie ausländische Mautgebühren

Berechnung von Investitionskosten für den öffentlichen Verkehr überflüssig, da diese den Nutzer nicht direkt betreffen. Es ist zur Berechnung der individuellen Entscheidung für ein Verkehrsmittel auch nicht weiters bedeutend, ob durch den Fahrpreis alle Kosten gedeckt sind oder ob die öffentliche Hand das Verkehrsmittel mitfinanziert.

Es gilt als erwiesen, dass innerhalb von Städten ein PKW bezüglich seiner Kosten im Verhältnis zum öffentlichen Verkehr nicht kosteneffizient ist. Ein Vergleich der Fortbewegungsmittel ist angesichts der Österreich-weit unterschiedlichen Ticketpreise kaum möglich. Der markante Unterschied lässt sich aber am Beispiel Linz zeigen: Rechnet man Schülerfreifahrten heraus, so ergeben sich für das Geschäftsjahr 2006 Werte für Fahrgäste (72,83 Mio.) und Einnahmen aus dem Fahrscheinverkauf [148] (28,56 Mio.) und die durchschnittliche Kilometerzahl pro Fahrgast (3,8 km) [149]. Der durchschnittliche Fahrgast hat somit einen Ticketpreis von durchschnittlich 0,38 Euro bezahlt und ist durchschnittlich 3,8 Kilometer gefahren. Das ergibt einen Fahrpreis in Stadtgebieten von 0,10 €/pkm. Selbst bei Fahrpreisschwankungen zwischen den österreichischen Anbietern von bis zu +200% bleibt in der Stadt der öffentliche Verkehr am kosteneffizientesten. Eine Miteinbeziehung der Schülerfreifahrt würde die Kosten pro Personenkilometer weiter senken.

Die Evaluierung des Fernverkehrs gestaltet sich als problematisch, weil es keine bestimmte Kilometerzahl gibt, denn die Annahme einer durchschnittlichen Kilometerzahl pro Fahrgast gestaltet sich angesichts unterschiedlicher Preise für Kurz-, Mittel- und Langstrecke als schwierig. Deswegen seien durchschnittliche Werte herangezogen, wie in Tabelle 3.1-135 berechnet:

Tabelle 3.1-135: durchschnittlicher Bahnkilometer-Tarif (ÖBB, lt. Homepage am 5.3.2009)

Durchschnittlicher Kilometertarif der ÖBB in der 2. Klasse			
Kilometer	Tarif mit Vorteilscard*	Tarif ohne Vorteilscard*	Preis pro Kilometer
[km]	[Euro]	[Euro]	[Euro]
11	1,80	4,50	0,16 / 0,41
56	5,20	11,30	0,09 / 0,20
94	8,50	17,90	0,09 / 0,19
152	12,20	24,30	0,08 / 0,16
190	14,60	29,10	0,08 / 0,15
317	22,10	44,20	0,07 / 0,14
572	27,20	54,30	0,05 / 0,09
* Die Vorteilscard kostet je nach Variante zwischen 19,90 und 99,90 Euro.			

Auf der Kurzstrecke sind die Preise der ÖBB deutlich höher als über längeren Strecken, mit einer Vorteilscard jedoch trotzdem nur die Hälfte des Kilometergeldes für einen mit 1,5 Personen besetzten PKW. Mit der Kilometerzahl sinkt der Fahrpreis deutlich ab, die Vorteile der Bahn liegen also in der Mittel- und Langstrecke. Auf der Mittelstrecke zwischen etwa 30 und 200 Kilometer liegen die Bahnpreise mit Vorteilscard zwei Drittel unter den Kosten des PKW. Nochmals deutlich günstiger ist die Bahn auf der Langstrecke über 500 Kilometer, wo der Grund der Kostenreduktion sich wohl aus der Konkurrenz zum Flugzeug begründet,

gegenüber dem die Bahn einen zeitlichen Nachteil hat. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Kosten einer Bahnfahrt durchschnittlich bei einem Drittel der PKW-Kosten mit 1,5 Personen liegen.

Busse werden vorrangig im Regionalverkehr für Kurz- und Mittelstrecken eingesetzt. Auch hier gestaltet sich wegen der verschiedenen Tarife und Berechnungsmethoden die Ermittlung eines für ganz Österreich gültigen Durchschnittswerts als schwierig. In Deutschland lagen der Durchschnitt der Fahrleistung bei 9 Kilometern pro Fahrgast und der des Preises bei 0,10 Euro pro Personenkilometer (im Nahverkehr). [99]

Die ÖBB-Postbus GmbH hatte 2005 einen Anteil von 70% am österreichischen Regionalbusverkehr. Folgende Angaben stammen aus diesem Geschäftsjahr: 321 Mio. Euro Umsatz, 235 Mio. Fahrgäste und 3,16 Mrd. Personenkilometer. Daraus ergibt sich, dass der durchschnittliche Fahrgast 13,5 Kilometer fuhr und 0,10 €/pkm zahlte. [101]

Tabelle 3.1-136: Kosten- und Energieersparnis durch den Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel

Kosten- und Energieersparnis durch den Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel		
Einheit	Kosten pro Personen-km [Euro]	Energie pro Personen-km [kWh]
PKW mit 1,5 Personen	0,30	0,61
Öffentlicher Nahverkehr	0,10	~ 0,12
Öffentlicher Fernverkehr	0,10	~ 0,24
Relation Öffentlicher Verkehr zu individuellem Verkehr (PKW), ca.	1/3	1/3

Wie in Tabelle 3.1-136 abzulesen ist, verursachen öffentliche Verkehrsmittel für den Nutzer nur rund ein Drittel der Kosten des individuellen motorisierten Verkehrs mit dem PKW. Auch die energetische Ersparnis beträgt rund zwei Drittel des Referenzwertes. Daraus wird ersichtlich, dass sowohl auf kurzen als auch auf langen Strecken der öffentliche Verkehr kosten- und energieeffizienter ist, und dies bis inklusive einer Autobesetzung von 4 Personen.

3.1.3.1.3.6 Gesamteinsparung

Etwa 71 Mrd. Autokilometer werden in Österreich jährlich gefahren.[240] Bei einer angenommen Besetzung von 1,5 Personen pro PKW ergeben sich daraus 106,5 Mrd. Personenkilometer und bei einem Energieverbrauch von 0,61 kWh pro Personenkilometer ein Gesamtenergiebedarf von 65 Mrd. kWh. Der VCÖ meint, dass der Anteil des Autoverkehrs an den „Alltagswegen“ bis 2020 durch Maßnahmen, die in anderen Ländern „gang und gäbe sind, von 58 auf 48 Prozent verringert werden kann“, also etwa um 17,3%. [241] Nimmt man bei einem Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel eine Einsparung von etwa

zwei Drittel des Verbrauchs pro Personenkilometer (entsprechend Tabelle 3.1-136) an, so ergäbe sich (unter der Annahme der Richtigkeit der Prognose des VCÖ) eine nationale jährliche Endenergieeinsparung von mindestens 7 Mrd. kWh.³⁹ (Eine Beschreibung bzw. Nennung der „Maßnahmen anderer Länder“ macht der VCÖ nicht.)

Nimmt man für die Kosten eines PKW den oben festgestellten Wert 0,30 und für öffentliche Verkehrsmittel einen Wert von 0,10 Euro pro Personenkilometer an, so ergibt sich eine Ersparnis von 0,20 Euro pro Personenkilometer, was nach obigen Zahlen (minus 18,4 Mrd. Personenkilometer bei PKW) eine Ersparnis der Konsumenten von etwa 3,68 Mrd. Euro⁴⁰ pro Jahr bedeuten würde. Diese Zahl ist jedoch nicht als volkswirtschaftliche Gesamtersparnis zu betrachten, da die dem öffentlichen Verkehr zugeführten Steuergelder nicht in die Berechnung einfließen.

³⁹ 71 Mrd. Autokilometer * 1,5 Besetzung * (58%-48%)/58% * (0,61kWh – 0,20 kWh)

⁴⁰ 71 Mrd. Autokilometer * 1,5 Besetzung * (58%-48%)/58% * (0,30 Euro – 0,10 Euro)

3.1.3.2 Alternative Treibstoffmotoren

3.1.3.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Die Entwicklung des Automobilsektors schreitet rasant voran. In dieser Maßnahme werden hybride Fahrzeuge und erdgasbetriebene Fahrzeuge auf ihre Effizienz bzw. der Ersparnis analysiert und gegenübergestellt. Zudem werden Hybridfahrzeuge und Erdgasfahrzeuge mit Diesel-Benzin verglichen, um darstellen zu können inwiefern sich ein Hybrid- bzw. Erdgasfahrzeug rentiert. Des Weiteren werden Wenig- bzw. Vielfahrer (15.000 km/Jahr bzw. 50.000 km/Jahr) betrachtet und analysiert, welche Art von Kraftfahrzeugen für welchen Fahrtyp effizienter erscheinen.

3.1.3.2.1.1 Hybridfahrzeuge

Hybridfahrzeuge sind seit dem 20. Jahrhundert und insbesondere seit der Energiekrisen-Diskussion in den 70er Jahren verstärkt in der Entwicklung bzw. Forschung. [120] Der Hybridantrieb besteht aus einer Kombination zweier verschiedener Antriebssysteme. Als Hauptenergiequelle wird ein herkömmlicher Verbrennungsmotor verwendet und der hybride Antrieb wird mit einer elektrischen Maschine getrieben. Die Speicherung der elektrischen Energie wird mittels Batterien oder Brennstoffzellen durchgeführt.

Nachstehende Tabelle 3.1-137 gibt einen Überblick über hybride Fahrzeuge in Europa, die zurzeit am Markt sind bzw. serienmäßig produziert werden. Es ist klar ersichtlich, dass der Markt an hybriden Fahrzeugen in Europa noch nicht gesättigt ist. Auch der Anteil an Mittelklasse-Fahrzeuge ist noch sehr gering, lediglich Toyota und Honda entwickelten hybride Fahrzeuge auch für die Mittelklasse, die auch vom Verbrauch her sehr niedrig sind. Für diese Maßnahmenbewertung werden die hybriden Fahrzeuge der Marke Lexus ausgeschlossen, da die Werte für die Mittelklasse zu hoch sind.

Tabelle 3.1-137: Hybride Fahrzeuge in Europa

Marke	Modell	Verbrauch (l/100 km)	Preis (Euro)	Leistung (PS)	CO ₂ - Emissionen (g/km)
Toyota	Prius	4,3	24.877	113	104
Toyota	Prius Sol	4,3	25.595	113	104
Toyota	Prius Executive	4,3	28.878	113	104
Honda	Civic	4,6	23.800	91	109
Lexus	GS450h	7,9	59.850	296	186
Lexus	RX400h	8,1	51.036	211	192
Lexus	LS600h	9,3	99.850	445	219
Durchschnittswerte		6,11	44.841		
Ohne Lexus		4,38	25.787		

Quelle: [7], eigene Darstellung

3.1.3.2.1.2 Erdgasfahrzeuge

Alternativ zu den herkömmlichen Treibstoffmotoren wurden unter anderem Erdgasmotoren entwickelt. Mittlerweile gilt der Erdgasmotor als sehr umweltfreundlich, der Einsatz von Erdgasmotoren kann somit die CO₂-Emissionen drastisch reduzieren.

Erdgasfahrzeuge gibt es in zwei verschiedene Ausführungen [83]:

- Bivalente Erdgasfahrzeuge: Diese Fahrzeuge können entweder mit Erdgas betrieben werden, oder entweder mit Benzin. Auch das Umschalten während der Fahrt ist möglich.
- Monovalente Erdgasfahrzeuge: Diese Fahrzeuge werden nur mit Erdgas betrieben und verfügen über keinen bzw. über einen nicht mehr als 15 Liter Benzin Reservetank.

Nachstehende Tabelle 3.1-138 zeigt einen Überblick über ausgewählte, aktuell am Markt bestehende Erdgasfahrzeuge in Europa. Für diese Maßnahme wurden sowohl bivalente als auch monovalente Erdgasfahrzeuge recherchiert, jedoch mit der Annahme, dass nur mit Erdgas gefahren wird. So erhält man einen besseren Vergleich über Erdgas- und Diesel-/Benzinfahrzeuge.

Tabelle 3.1-138: Erdgasbetriebene Fahrzeuge in Europa

Marke	Modell	Verbrauch (kg/100 km)	Preis (Euro)	Leistung (PS)	CO ₂ - Emissionen (g/km)
Fiat	Punto Active	4,3	14.200	52	119
VW	Passat Limousine	4,5	30.250	150	123
Opel	Combo	4,9	18.351	94	133
Fiat	Multipla 1,6 16V Natural Power	5,6	23.390	92	161
VW	Touran Conceptline	5,8	26.195	109	154
Mercedes	B170	4,9	28.798	116	135
Ford	Focus	5,6	20.400	126	141
Durchschnittswerte		5,09	23.083		138

Quelle: Eigene Darstellung, [225], dl. 10.03.09

3.1.3.2.1.3 Diesel- bzw. Benzinfahrzeuge

Als Vergleichswerte für die Berechnung der Effizienz bzw. der Mehrkosten wurden die Werte aus [225] und [221] verwendet.

Tabelle 3.1-139: Diesel-/Benzinfahrzeuge in Europa

	Marke	Modell	Verbrauch (l/100 km)	Preis (Euro)	Leistung (PS)	CO2- Emissionen (g/km)
Diesel	VW	Jetta Trendline	4,6	24.267	105	122
	Renault	Laguna Limousine	4,9	25.528	177	128
	Volvo	V50	5	27.460	110	130
Benzin	Mercedes	A-Klasse 150 Blue Efficiency Coupè	5,8	20.246	95	139
	VW	Golf Plus Trendline	6,4	24.291	122	149
	Seat	Altea XL Pure	6,6	19.342	125	158
	Ford	Focus C-Max Ambiente	6,9	18.750	100	164
Durchschnittswerte			7,2⁴¹	22.841		141,43

Quelle: Eigene Darstellung, [225], [221], dl. 16.03.09

3.1.3.2.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Um realistische Ergebnisse erzielen zu können, wird für diese Maßnahme unter anderem die Amortisationsdauer, dh. nach wie vielen Jahren rentiert sich ein hybrides bzw. erdgasbetriebenes Fahrzeug im Gegenzug zum Diesel-/Benzinfahrzeug berechnet. Berechnet wird die Maßnahme für „Wenigfahrer“ und „Vielfahrer“. Für diese Maßnahmenbewertung werden die von Kapitel 3.1.3.2.1 dargestellten Fahrzeuge berücksichtigt.

3.1.3.2.2.1 Hybridfahrzeuge

Hybridfahrzeuge verbrauchen durch den Einsatz von zwei eigenständigen Antriebsmotoren weitaus weniger Treibstoff. Die herkömmlichen Hybridfahrzeuge werden mit einem elektrobetriebenen Motor und einem herkömmlichen Ottoantriebsmotor beschleunigt. Die nachstehende Tabelle 3.1-140 listet die durchschnittlichen Verbrauchswerte von Hybridfahrzeugen. Zusätzlich ist in dieser Tabelle die zu erwartende durchschnittliche Energieeinsparung pro Jahr bei einem Hybridfahrzeug angeführt. Demnach spart ein Hybridfahrzeug durchschnittlich 4.272,30 kWh/Jahr/15.000km und 14.241 kWh/Jahr/50.000km im Gegensatz zu einem Diesel-/Benzinfahrzeug, welches einen durchschnittlichen Verbrauch an Energie von 10.908 kWh/Jahr/15000km bzw. 36.360 kWh/Jahr/50.000km hat. Es ist offensichtlich, dass durch Nutzung eines Hybridfahrzeugs wesentliche Mengen an Energie eingespart werden kann.

⁴¹ Dies ist nicht der Durchschnittswert der hier angegebenen Modelle, sondern von [221] recherchierter Wert, da dieser eher dem Realwert zukommt.

Tabelle 3.1-140: Verbrauch, Kosten und Einsparungen von Hybridfahrzeuge

Durchschnittlicher Verbrauch, Kosten und Einsparungen von Hybridfahrzeugen	
Verbrauch l/100km	4,38 l/100km ¹
Kosten €/l	1,178 €/l ²
Verbrauch kWh/100km	44,24 kWh/100km ¹
Energiepreis €/kWh	0,116 €/kWh ²
Energieeinsparung für Wenigfahrer (15.000 km) ³	4.272,30 kWh/Jahr
Energieeinsparung für Vielfahrer (50.000 km) ³	14.241,00 kWh/Jahr

Quelle: 1) eigene Berechnung, [225]; 2) [232]; 3) eigene Darstellung, Berechnung im Vergleich zum Diesel-/Benzinfahrzeug

3.1.3.2.2 Erdgasfahrzeuge

Erdgasfahrzeuge werden mit komprimiertem Erdgas (CNG) betrieben und mit einem Antriebsmotor ausgestattet. Zudem sind Erdgasfahrzeuge sehr umweltschonend und wirtschaftlich im Verbrauch. Die nachstehende Tabelle 3.1-141 listet die durchschnittlichen Verbrauchsmengen von Erdgasfahrzeugen. Zusätzlich ist in dieser Tabelle die zu erwartende durchschnittliche Energieeinsparung pro Jahr bei einem Erdgasfahrzeug angeführt. Demnach spart ein Erdgasfahrzeug gegenüber einem Diesel-/Benzinfahrzeug 906,15 kWh/Jahr/15.000km bzw. 3.020 kWh/Jahr/50.000km. Diesel-/Benzinfahrzeuge verbrauchen durchschnittlich 10.908 kWh/Jahr/15.000km bzw. 36.360 kWh/Jahr/50.000km.

Tabelle 3.1-141: Verbrauch, Kosten und Einsparungen von Erdgasfahrzeugen

Durchschnittlicher Verbrauch, Kosten und Einsparungen von Erdgasfahrzeugen	
Verbrauch kg/100km	5,09 kg/100km ¹
Kosten €/kg	8,4364 €/kg ²
Verbrauch kWh/100km	66,68 kWh/100km ¹
Energiepreis €/kWh	0,0644 €/kWh ²
Energieeinsparung für Wenigfahrer (15.000 km) ³	906,15 kWh/Jahr
Energieeinsparung für Vielfahrer (50.000 km) ³	3.020,50 kWh/Jahr

Quelle: 1) eigene Berechnung, [225]; 2) [232] 3) eigene Darstellung, Berechnung im Vergleich zum Diesel-/Benzinfahrzeug

3.1.3.2.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Für die Bewertung der Kosten der Maßnahme sind zwei Berechnungen relevant: 1.) Die Anschaffungskosten der Fahrzeuge – Hybrid und Erdgas. 2.) Die reinen Mehrkosten der Erdgas- bzw. Hybridfahrzeuge im Vergleich zum Benzin-/Dieselfahrzeug. Weiteres sind für die Berechnungen die Jahreskilometerleistungen relevant. Hierbei wird für einen

„Wenigfahrer“ 15.000 km/Jahr angenommen, für einen „Vielfahrer“ werden 50.000 km/Jahr angenommen.

3.1.3.2.3.1 Hybridfahrzeuge

Die durchschnittlichen Kosten für ein Hybridfahrzeug (siehe Tabelle 3.1-142) belaufen sich auf 25.787 €, dadurch entstehen Mehrkosten, im Vergleich zu den durchschnittlichen Diesel-/Benzinfahrzeugen von rund 2.946 €. Diese werden allerdings erst nach einer 10-jährigen Nutzung (Wenigfahrer) des Hybridfahrzeuges wettgemacht. Für jene Fahrer die mehr als 50.000 km pro Jahr fahren rentiert sich allerdings ein Hybridfahrzeug sehr, da bereits nach fünf Jahren die Einsparung 7.252 € gegenüber einem Diesel-/Benzinfahrzeug ausmacht.

Tabelle 3.1-142: Einsparung durch Hybridfahrzeug

Hybridfahrzeug	Investition	angenommene Preissteigerung	Barwert der Einsparung in den ersten 5 Jahren	Barwert der Einsparung in den ersten 10 Jahren
Wenigfahrer (15.000 km/Jahr)	25.787 €	0%	2.176 €	3.922 €
	25.787 €	3%	2.304 €	4.448 €
	25.787 €	10%	2.634 €	6.039 €
Vielfahrer (50.000 km/Jahr)	25.787 €	0%	7.252 €	13.072 €
	25.787 €	3%	7.680 €	14.825 €
	25.787 €	10%	8.781 €	20.130 €

3.1.3.2.3.2 Erdgasfahrzeuge

Die durchschnittlichen Kosten für ein Erdgasfahrzeug (siehe Tabelle 3.1-138) betragen 23.083 €, dadurch entstehen Mehrkosten im Vergleich zum Diesel-/Benzinfahrzeug von lediglich 242 €⁴². Diese werden allerdings durch hohe Einsparungen wettgemacht.

Um einen besseren Vergleich der Mehrkosten in der Anschaffung erzielen zu können, werden in nachstehender Tabelle 3.1-143 Fahrzeugmodelle mit ähnlichem Verbrauch und Leistung gegenübergestellt. Es ist ersichtlich, dass Erdgasfahrzeuge im Vergleich zum Diesel- bzw. Benzinfahrzeug mittlerweile geringe Mehrkosten aufweisen.

⁴² Vergleich der Durchschnittswerte der recherchierten Kraftfahrzeuge. (siehe Tabelle 3.1-138 und Tabelle 3.1-139)

Tabelle 3.1-143: Mehrkosten Erdgasfahrzeuge zu Diesel-/Benzinfahrzeuge

Typ	Marke / Modell	Verbrauch	Preis (Euro)	Leistung (PS)	CO2-Emission
Erdgas	Citroen C3 1,4 SX Erdgas	5 kg/100km	16.890 €	49	119
Benzin	Citroen C3 1.4 16V SensoDrive	5,7 l/100km	16.810 €	65	135
Mehrkosten:			80 €		
Erdgas	Ford Focus Ambiente	5,6 kg/100km	20.400 €	126	141
Diesel	Ford Focus Ambiente	4,8 l/100km	20.820 €	90	124
Mehrkosten:			1.058€		
Erdgas	Fiat Punto Active	4,3 kg/100km	14.200 €	52	119
Diesel	Fiat Grande Active	4,5 l/100km	14.190 €	75	119
Mehrkosten			10 €		

Der Barwert der Einsparung durch die niedrigen Treibstoffkosten wird für die ersten fünf und die ersten zehn Jahre berechnet. Bereits in den ersten fünf Jahren rentiert sich die Anschaffung eines Erdgasfahrzeuges erheblich. Während diesem Zeitraum spart jener Fahrer, der durchschnittlich 15.000 km im Jahr fährt, 2.726 bzw. 4.915 € gegenüber einem Diesel-/Benzinfahrzeug durch den geringen Verbrauch. Jene Fahrer der eine durchschnittliche Jahreskilometerleistung von 50.000 km zustande bringt, kann mit einer gesamten Einsparung bereits in den ersten fünf Jahren von 9.090 € rechnen.

Nachstehende Tabelle 3.1-144 zeigt die Ersparnisse für die ersten fünf und zehn Jahre, weiteres werden angenommene Preissteigerungen aufgezeigt.

Tabelle 3.1-144: Monetäre Ersparnis durch Erdgasfahrzeug

Erdgas-fahrzeug	durchschn. Anschaffungs-Kosten	angenommene Preissteigerung	Verbrauchs-Kosten Diesel-/Benzinfahrzeug	Monetäre Ersparnis durch Erdgasfahrzeug	Barwert der Einsparung in 5 Jahren
Wenigfahrer (15.000 km/Jahr)	23.083 €	0%	5.554 €	2.828 €	2.726 €
	23.083 €	3%	5.882 €	2.995 €	2.887 €
	23.083 €	10%	6.796 €	3.424 €	3.372 €
Vielfahrer (50.000 km/Jahr)	23.083 €	0%	18.516 €	9.426 €	9.090 €
	23.083 €	3%	19.610 €	9.982 €	9.628 €
	23.083 €	10%	22.420 €	11.413 €	11.007 €
Erdgasfahrzeug	durchschn. Anschaffungs-Kosten	angenommene Preissteigerung	Verbrauchs-Kosten Diesel-/Benzinfahrzeug	Monetäre Ersparnis durch Erdgasfahrzeug	Barwert der Einsparung in 10 Jahren
Wenigfahrer (15.000 km/Jahr)	23.083 €	0%	10.012 €	5.097 €	4.915 €
	23.083 €	3%	11.355 €	5.780 €	5.575 €
	23.083 €	10%	15.419 €	7.849 €	7.570 €
Vielfahrer (50.000 km/Jahr)	23.083 €	0%	33.374 €	17.000 €	16.374 €
	23.083 €	3%	37.852 €	19.268 €	18.584 €
	23.083 €	10%	51.394 €	26.163 €	25.231 €

3.1.4 Sonstige Maßnahmen

3.1.4.1 energieeffiziente Beleuchtung

3.1.4.1.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Die Berechnung von Energieeinsparungen durch den Tausch konventioneller Leuchtmittel ist bereits möglich. Im Folgenden sollen nun weitere innovative Leuchtmittel (LED etc.) aufgenommen werden.

Wie bereits bekannt, ist der Einsatz einer herkömmlichen Glühlampe die ineffizienteste Lösung für das Erhellen von Räumen, denn sie setzt einen Großteil des ihr zugeführten Stroms in Wärme und nicht in Licht um. Die Lichtausbeute eines Beleuchtungskörpers wird in Lumen pro Watt (lm/W) gemessen. Eine herkömmliche Glühbirne weist in etwa 10-15 lm/Watt auf und verfügt über einen Wirkungsgrad von 5 bis 9%. [175] Eine Energiesparlampe ist effizienter, denn sie bietet dieselbe Lichtausbeute bei einer geringeren Menge an zugeführten Strom. Beispielsweise entspricht die Lichtausbeute einer 11 W Energiesparlampe jener einer 60 W Glühbirne. [73] Neben der Energiesparlampe als Alternative zur Glühbirne existieren noch Halogenlampen, Leuchtstofflampen und auch Licht emittierende Dioden (LEDs).

Nachfolgend werden die wesentlichen Begriffe definiert, und Einflussgrößen sowie Schritte zu einer effizienten Beleuchtung beschrieben.

Lichttechnische Begriffe: [164]

Der Lichtstrom wird in Lumen gemessen und gibt die Strahlungsleistung einer Lichtquelle an. Bewertet wird diese Größe mit der Empfindlichkeit des menschlichen Auges auf bestimmte Lichtfarben.

Die Beleuchtungsstärke gibt den Lichtstrom an, der auf eine bestimmte Fläche auftrifft und wird in Lux gemessen. Die EU-Norm EN 12 464 gibt die Anforderungen an die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit einer bestimmten Sehaufgabe wieder.

Abmessungen zur Position der Lichtquelle werden durch den Raumindex in Beziehung gesetzt.

Eine weitere wichtige Größe zur Beleuchtungsplanung ist der Planungsfaktor. Dieser gibt die Veränderung der Leuchten während ihrer Lebensdauer an. Der Lichtstrom einer T5 Leuchtstoffröhre reduziert sich beispielsweise im Laufe ihrer Lebensdauer um etwa 10%.

Wird der in der Bewertungsebene empfangene Lichtstrom durch die Summe der Lichtströme der einzelnen Leuchten im Raum dividiert, so erhält man den Raumwirkungsgrad.

Zur Abbildung des Profils der Lichtverteilung einer Leuchte existiert die Lichtverteilungskurve. Sie kann als ein sehr wichtiges Charakteristikum eines Produktes bezeichnet werden.

Die Blendung, welche als störender Lichteffect aufgrund direkten Lichteinfalls auf der Sehebene definiert werden kann, sollte auf jeden Fall vermieden werden. Das Maß der Blendung ist der UGR (united glare rating) -Wert.

Leuchten

Wie im folgenden Teil der vorliegenden Studie noch angesprochen wird, spielt auch die Wahl der passenden Leuchte für den jeweiligen Beleuchtungszweck beim energieeffizienten Betrieb von Lampen eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Bekannterweise ist eine Leuchte der Träger einer Lampe und dient im Wesentlichen der Verteilung, Umformung oder Filterung des Lichts. Obwohl die richtige Leuchtauswahl zum effizienten Betrieb von Lampen beitragen kann, ist der Verbrauch von elektrischer Energie doch zum größten Teil von der Lampe und deren Betriebsgerät abhängig. [170]

Tabelle 3.1-145: Umstiegsmöglichkeiten von herkömmlichen Lampen auf effiziente Neugeräte

Herkömmliche Lampen	Energieeffiziente Lampen
Anwendungsbereich: Privathaushalt	
Glühlampe	Energiesparlampe (direkter Austausch)
	Niedervolt-Halogenglühlampe-IRC (Leuchtentausch erforderlich)
Niedervolt-Halogen	Niedervolt-Halogenglühlampe-IRC (direkter Austausch)
Anwendungsbereich Büro	
Standard-Leuchtstofflampe	Dreibanden-Leuchtstofflampe (direkter Austausch)
Anwendungsbereich Handel, Hotels & Gastronomie	
Glühlampe	Energiesparlampe (direkter Austausch)
Niedervolt-Halogen	Niedervolt-Halogenglühlampe-IRC (direkter Austausch)
Hochvolt-Halogen	Energiesparlampe (direkter Austausch manchmal möglich)
Quarzmetail-Halogen-Dampflampen	Metall-Halogen-Dampflampe mit Keramikbrenner (direkter Austausch)
Anwendungsbereich Straßenbeleuchtung	
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	Natriumdampf-Hochdrucklampe (Leuchtentausch erforderlich)
	Metall-Halogendampflampe (Leuchtentausch erforderlich)

Quelle:[170]

Im folgenden Teil der vorliegenden Studie werden die unterschiedlichen Lampentypen kurz beschrieben und ihre Eigenschaften zusammengefasst.

Energiesparlampen (Kompaktleuchtstoffröhre)

Energiesparlampen bieten wesentliche Vorteile gegenüber den gewöhnlichen Glühbirnen, wobei bessere Energieeffizienz nur einer der Vorteile ist. In den niedrigen Leistungsstufen von 5 bis 27 W mit eingebautem meist elektronischem Vorschaltgerät und mit Sockel E 14 bzw. E 27 sind sie ein wirtschaftlicher Ersatz für Glühlampen. Wegen der rund zwölf- bis

fünffachen Lebensdauer und der in diesem Leistungsbereich rund 5-fachen Lichtausbeute gegenüber Glühlampen werden sie als Energiesparlampen bezeichnet. Energiesparlampen existieren in verschiedenen Formen und sind in allen Lichtfarben erhältlich, sodass ein Austausch von Glühlampen durch Energiesparlampen in vielen Bereichen möglich ist. Neue Modelle sind auch auf bis zu 10% ihrer Ausgangsleistung dimmbar, Notstrom geeignet und schaltfest. Moderne Energiesparlampen haben im Unterschied zu früheren Energiesparlampen auch eine wesentlich verkürzte Anlaufzeit, sie erreichen die volle Helligkeit doppelt so schnell wie frühere Modelle und die Lichtausbeute bleibt über die gesamte Lebensdauer im Wesentlichen konstant. Nachstehende Tabelle zeigt Leistungsangaben von herkömmlichen Glühlampen verglichen mit den Leistungsangaben von Energiesparlampen. [73], [170]

Tabelle 3.1-146: Leistungsangaben gleich leuchtstarker Energiesparlampen und Glühlampen

Leistungsangaben Beleuchtungskörper ^a			
Energiesparlampe (Leistung in Watt)	Glühlampe (Leistung in Watt)	Energiesparlampe (Leistung in Watt)	Glühlampe (Leistung in Watt)
3	15	15	70
4	20	17	75
5	25	20	100
6	34	21	105
7	35	23	122,5
8	40	24	135
9	42,5	30	150
10	50	40	150
11	60	52	160
12	60	60	160
14	70	72	200

^a Die Leistungsverhältnisse zwischen Energiesparlampen (Kompaktleuchtstoffröhren) und herkömmlichen Glühlampen sind die Mittelwerte der im Handel erhältlichen Geräte. Eigene Erhebung des Energieinstitutes (Herbst 2006)

Halogenlampen

Sie sind eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Glühlampen. Die Lichtausbeute ist nur leicht höher als bei normalen Glühbirnen. Der wesentliche Vorteil von Halogenlampen ist ihre lange Lebensdauer (2.000 h) im Vergleich zu herkömmlichen Glühlampen (1.000 h). Hoch-Volt-Halogenlampen werden mit einer Spannung von 230 Volt betrieben und können nicht als energieeffizient charakterisiert werden. Eine energieeffizientere Lösung im Bereich der Halogenlampen ist die Niedervolt-Halogen-Lampe. Bei dieser Art der Halogenlampen wird die Netzspannung von 230 V über einen Transformator auf 12 V gesenkt. Die neueste Generation der Niedervolt-Halogen-Glühlampen sind sogenannte Infra-Red-Coated (IRC) Niedervolt-Halogen-Glühlampen. Die infrarotreflektierende Beschichtung des

Lampenkolbens von IRC-Halogen- Glühlampen bewirkt eine Erhöhung der Lichtausbeute bis zu einer Verdoppelung der mittleren Lebensdauer gegenüber herkömmlichen Niedervolt-Halogenglühlampen. Auch die Wärmeentwicklung ist um 40% geringer. [248] Außerdem verbraucht diese Technik rund ein Drittel weniger Strom als eine gewöhnliche Niedervolt-Halogenlampe. Die weitaus effizienteren IRC-Halogenlampen unterliegen im Gegensatz zu den herkömmlichen Hoch-Volt-Halogenlampen jedoch nicht der EU-Energieklassifizierung. Hoch-Volt-Halogenlampen werden durchwegs mit dem Energieeffizienzlabel D oder E klassifiziert. [73], [170]

Tabelle 3.1-147: Leistungsangaben gleich leuchtstarker IRC-Halogenlampen und herkömmlicher Halogenlampen

Leistungsangaben Beleuchtungskörper ^a	
IRC-Halogenlampe (Leistung in Watt)	Halogenlampe (Leistung in Watt)
20	35
35	50
50	70
65	95

^a Die Leistungsverhältnisse zwischen IRC-Halogenlampen und herkömmlichen Halogenlampen sind die Mittelwerte der im Handel erhältlichen Geräte. Eigene Erhebung des Energieinstitut (Herbst 2007).

Leuchtstofflampen

Leuchtstofflampen werden in verschiedenen Varianten angeboten. Die Energiesparlampe ist beispielsweise eine Leuchtstofflampe in gefalteter kompakter Form. Es gibt aber auch Leuchtstofflampen in Stab- oder Ringform. Leuchtstofflampen sind Quecksilberdampf-Niederdrucklampen, bei denen im Entladungsraum erzeugte, für das menschliche Auge unsichtbare, UV-Strahlung mit Hilfe von Leuchtstoffen in sichtbare Strahlung umgewandelt wird. Oftmals finden auch elektronische Vorschaltgeräte (EVG) in diesen Lampen Verwendung, denn durch diese erhöht sich die Lichtausbeute und die Lebensdauer der Leuchtstofflampe. Derartige Vorschaltgeräte bieten auch den Vorteil, dass die Leuchtstofflampe ohne die übliche Verzögerung ihre volle Helligkeit erreicht, da das Vorschaltgerät eine Vorheizphase einleitet. Somit erhöhen sich Schaltfestigkeit und Lebensdauer.

Leuchtstofflampen sind besonders energieeffizient und setzen in etwa 35% des eingesetzten Stroms in Licht um. Mit einer Lebensdauer von etwa 10.000 Stunden überzeugen diese Lampen auch durch ihre Langlebigkeit. Die hohe Lebensdauer dieser Lampen ist sicherlich ein wesentlicher Vorteil wobei festgehalten werden muss, dass der Lichtstrom im Laufe der Zeit abnimmt, da der in der Lampe enthaltene Leuchtstoff altert und dadurch die UV-Strahlung zusehends weniger effizient in sichtbares Licht umgewandelt wird. [73], [170]

LEDs

Die Leuchtdiode (LED) ist ein Halbleiterkristall, der durch einen Stromfluss zum Leuchten angeregt wird. Dieser Kristall sitzt auf einem Reflektor, der das Licht punktgenau leitet. LEDs erzeugen Licht in unterschiedlichen Farben, wobei die Farbe des Lichts vom Material des

Kristalls abhängt. Weißes Licht erhält man, indem das Licht einer grünen, roten und blauen Leuchtdiode überlagert wird. Alternativ kann das Licht einer blauen LED durch einen Leuchtstoff in weißes Licht verwandelt werden. Die wichtigsten Vorteile von LEDs sind die extrem kleine Größe und die lange Lebensdauer von bis zu 100.000 h. Weiters zeichnen sie sich durch eine äußerst geringe Ausfallsrate aus. Neben den herkömmlichen, anorganischen LEDs gibt es auch organische LEDs, sogenannte OLEDs. Die wesentlichen Vorteile von organischen LEDs sind die gute Farbwiedergabe, die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten für die Allgemeinbeleuchtung und die geringe Einbautiefe. [170]

Licht emittierende Dioden wurden bisher eher zu gewerblichen Zwecken eingesetzt, beispielsweise in der Automobilindustrie oder bei Ampeln. Im privaten Bereich werden sie bis jetzt eher weniger verwendet, da sie im Vergleich zu anderen Leuchtkörpern relativ teuer sind und auch hinsichtlich ihrer Effizienz noch um einiges schlechter abschneiden als Energiesparlampen. Jedoch sollte erwähnt werden, dass moderne Hochleistungs-LEDs mit weißem Licht eine Lichtausbeute von 55 Lumen pro Watt erreichen und dabei fast so effizient sind wie Energiesparlampen. Laut der Initiative Energie Effizienz in Deutschland wird es in Zukunft, neben der Kosten- und Effizienzfrage, auch von der zukünftigen innenarchitektonischen Gestaltung der Beleuchtung abhängen, ob sich Leuchtdioden gegen die herkömmlichen Leuchtmittel durchsetzen. [73]

Folgende Tabelle zeigt einen zusammenfassenden Vergleich der unterschiedlichen Lampentypen. Weiters sind in der Darstellung die wichtigsten Eigenschaften der einzelnen Lampentypen zusammengefasst und die Einsatzbereiche werden beschrieben.

Tabelle 3.1-148: Vergleich verschiedener Lampentypen

Lampentyp	Licht- ausbeute [lm/W]	Mittlere Lebens- dauer [h]	Farb- wiedergabe	Einsatzbereiche
Glühlampe	8 – 15	1.000 – 3.000	100	Nicht empfehlenswert, nur wo Energiesparlampe nicht geeignet ist
Halogenlampe	12 – 25	2.000 – 5.000	100	Nicht empfehlenswert, nur wo Niedervolt-IRC Halogen-Glühlampe nicht geeignet ist
Niedervolt-IRC-Halogenlampe	40 – 100	5.000	100	Shopbeleuchtung, Flur, Lobby, Restaurant, Bar, Gästezimmer, Badezimmer, ...
Standard-Leuchtstofflampe T8	47 – 83	7.500	> 92	Nicht empfehlenswert, nur wo keine effizientere Lampe möglich
Leuchtstofflampe T5	67 – 104	16.000	> 80 - 90	Büro, Flur, Lobby, Küchen
Energiesparlampe	38 – 66	6.000 – 16.000	85	Je nach Typ fast überall als direkter Ersatz für Glühlampen möglich
Natriumdampf-Niederdrucklampen	120 – 200	12.000	220	Straßenbeleuchtung
Natriumdampf-hochdrucklampen	90 – 150	16.000	25	Straßenbeleuchtung, Industriehallen
Metall-Halogen-dampflampen	84 – 90	10.000	> 80	Eingangsbereiche, Flur, Shopbeleuchtung, Auslagenbeleuchtung, Industriehallen, Sportanlagen, Straßenbeleuchtung, Anstrahlungen

Quelle: [170]

Im Bereich der Beleuchtungstechnik existieren noch weitere wichtige Elemente, welche das Funktionieren der Beleuchtungsanlage garantieren sollen. Die elektronischen Vorschaltgeräte (EVG) wurden bereits im Zusammenhang mit den Leuchtstofflampen erwähnt. Für das System Vorschaltgerät-Lampe wurde eine europaweit geltende Energieklassifizierung eingeführt. Diese Energieklassifizierung unterscheidet folgende sieben Vorschaltgeräteklassen: [170]

- A1- Fördermöglichkeit der Anschlusskosten
- dimmbare elektronische Vorschaltgeräte (EVG)
- A2- elektronische Vorschaltgeräte (EVG) mit reduzierten Verlusten
- A3- elektronische Vorschaltgeräte (EVG)
- B1- magnetische Vorschaltgeräte mit sehr geringen Verlusten (VVG)
- B2- magnetische Vorschaltgeräte mit geringen Verlusten (VVG)

Die Effizienzklassen C bis D sind im Bereich der Vorschaltgeräte nicht mehr zugelassen. Leuchtstofflampen ohne elektronisches Vorschaltgerät benötigen einen so genannten Starter bzw. Zündgeräte um zu funktionieren. Diese Geräte öffnen und schließen den

Vorheizstromkreis der Leuchtstofflampen und leiten auf diese Weise den Zündvorgang ein. Es kann zwischen Universal- und Sicherungs-Schnellstartern unterschieden werden. Weiters werden derartige Zündgeräte für das Funktionieren von Hochdruck-Entladungslampen benötigt, denn diese Lampenart benötigt zum Zünden Startspannungsimpulse in der Höhe von 1 bis 5 kV. Neben den Zündgeräten gibt es noch Kompensations-Kondensatoren, die nur dann zum Einsatz kommen, wenn die induktive Blindleistung von konventionellen Vorschaltgeräten kompensiert werden soll. Für den Betrieb von Lampen mit elektronischem Vorschaltgerät werden keine Kompensations-Kondensatoren benötigt. Auch bereits erwähnt in der vorliegenden Abhandlung über Lampen wurde, dass für den Betrieb von Nieder-Volt-Halogenlampen Transformatoren benötigt werden, welche die Netzspannung auf das gewünschte Niveau drosseln. [170]

Im Bereich der energieeffizienten Beleuchtung geht es neben der Wahl des richtigen, also effizienten, Leuchtmittels auch um die Gestaltung der Beleuchtung eines Wohnraumes. Bei der Gestaltung eines Wohnraums ist es aus beleuchtungstechnischen Gesichtspunkten sinnvoll, das einfallende Tageslicht bestmöglich zu nutzen. Das bedeutet jedoch bereits bei der Planung der Räume darauf zu achten, dass in viel benutzten Räumen, wie beispielsweise dem Wohnzimmer oder der Küche, viel Tageslicht einfallen kann. Eine dem Lichteinfall nach optimierte Planung ist aber vielfach nicht möglich, deshalb sollte neben einer guten Allgemeinbeleuchtung auch auf eine der jeweiligen Tätigkeit angepasste Beleuchtung geachtet werden. Denn auch eine zu starke Beleuchtung an Orten, wo eine solche nicht benötigt wird, kostet unnötig Strom. Unbedingt zu vermeiden im Bereich des Lichteinsatzes im Wohnraum ist die Blendung. Diese ist umso unangenehmer je dunkler die Umgebung ist. Ihr kann entgegengewirkt werden, indem man auf die Abschirmung der Lichtquelle, etwa durch Lampenschirme oder Blenden, achtet. Beliebt ist auch die indirekte Beleuchtung um eine gemütliche Atmosphäre im Wohnraum zu schaffen. Bei der indirekten Beleuchtung das Licht von der Decke oder der Wand reflektiert und so in den Raum abgegeben. Dabei ist darauf zu achten, dass bei einer indirekten Beleuchtung eine zwei- bis dreimal höhere Lichtleistung nötig ist. Weiters kann auch bei der Einrichtung der Räume darauf geachtet werden, dass die benötigte Lichtleistung geringer ausfallen kann. Räume mit hellen Wänden und Böden benötigen „weniger Licht“. [170]

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Gestaltung einer energieeffizienten Beleuchtung abseits von der richtigen Lampenauswahl.

Der Einsatz von Dimmern ist eine weitere Möglichkeit zur Einsparung von Strom. Dimmbare Leuchten haben entsprechend der Verringerung des Lichtstroms auch einen geringeren Stromverbrauch. Handelsübliche Glühlampen und Halogenlampen lassen sich ohne Probleme dimmen. Im Gegensatz dazu benötigt man für das Dimmen von IRC-Halogenlampen und Niedervolt Halogenlampen spezielle Dimmer. Beim Kauf von Energiesparlampen ist darauf zu achten, dass diese dimmbar sind. [170]

Bewegungsmelder, Präsenzmelder, Dämmerungsschalter, Treppenhausautomatik und Zeitschaltuhren haben sich als geeignetes Mittel zum Stromsparen in unterschiedlich genutzten Räumen oder bei der bedarfsabhängigen Außenbeleuchtung als zweckmäßig bewiesen. Der wesentliche Vorteil beim Einsatz derartiger Technik ist, dass das Licht wirklich nur im Bedarfsfall angeht und von selbst wieder ausgeht, so dass die Brenndauer der Lampen nicht durch vergessenes Abdrehen unnötig verlängert wird. Wie zuvor bereits kurz angesprochen, hilft auch die richtige Farbauswahl in Räumen Strom zu sparen. So reflektieren beispielsweise glatte, helle Oberflächen 80% des Lichtes und benötigen daher merklich weniger künstliches Licht. Im Gegensatz dazu absorbiert eine dunkle Fläche bis zu

80% des einfallenden Lichts. [170]

3.1.4.1.2 Energetische Maßnahmenbewertung

Zur Darstellung des möglichen Einsparungspotentials wurden folgende drei Tauschscenarien ausgewählt:

Tabelle 3.1-149: Tauschscenarien

Herkömmliches Leuchtmittel	Energieeffizientes Leuchtmittel
Glühlampe	Energiesparlampe
Halogenlampe	IRC-Halogenlampe
Leuchtstoffröhre	Dreiband-Leuchtstoffröhre

Für einen Austausch herkömmlicher Leuchtmittel auf energieeffiziente Lampen kommen vor allem die oben angeführten Tauschvarianten in Frage, denn bei diesen Leuchtmitteln kann ein direkter Austausch erfolgen. [170] Das heißt, das energieeffiziente Leuchtmittel kann direkt in die bestehende Leuchte eingebaut werden. In anderen Fällen, beispielsweise beim Tausch einer Glühlampe durch eine IRC-Niedervolt-Halogenlampe ist auch ein Austausch der Leuchte notwendig. [170] In der weiteren Betrachtung sind nur die Tauschvarianten von Bedeutung bei denen das Leuchtmittel direkt getauscht werden kann.

Weiteres wurde angenommen, dass die jeweiligen Lampen 1.000 Stunden jährlich in Betrieb sind.

Tabelle 3.1-150: Stromverbrauch von unterschiedlichen Lampentypen bei 1.000 Betriebsstunden jährlich, Vergleich

Lampentyp	Watt	Stromverbrauch (kWh/Jahr)	Einsparungspotential bei Lampentausch (kWh/Jahr)
Glühlampe	60	60	48
Energiesparlampe	12	12	
Halogenlampe	50	50	15
IRC-Halogenlampe	35	35	
Leuchtstoffröhre	10	15,8	5,8
Dreiband-Leuchtstoffröhre	10	10	

Quelle: eigene Berechnung auf Basis von [183]

Zur Berechnung des Stromverbrauchs der Leuchtstoffröhre bzw. der Dreiband-Leuchtstoffröhre ist anzumerken, dass eine Dreiband-Leuchtstoffröhre 95 lm/W aufweist und eine herkömmliche Leuchtstoffröhre 60 lm/W. Für die Berechnung des Stromverbrauchs dieser Lampenart in obiger Tabelle wird angenommen, dass mit dem Einsatz einer 10 W Dreiband-Leuchtstoffröhre 950 Lumen erreicht werden sollen. Das Ergebnis der Kalkulation

stellt folglich dar, welche Menge an Strom eingesetzt werden müsste, um mit dem Einsatz einer herkömmlichen Leuchtstoffröhre dieselbe Lichtausbeute zu erreichen. [183]

Die Tabelle 3.1-151 zeigt einen beispielhaften Preisvergleich von konventionellen und energiesparenden Leuchtmitteln. Zur Erstellung der Tabelle wurden einzelne Preise der Leuchtmittelanbieter herausgegriffen und dargestellt. Es muss zusätzlich erwähnt werden, dass in der Tabelle nur die Preise von Markenprodukten angegeben wurden und „no-name“ Leuchtmittel oftmals zu niedrigeren Preisen als die unten angeführten, angeboten werden. Eine Energiesparlampe in Röhrenform mit einer Leistung von 12 Watt und in der Lichtfarbe „extra warm-weiß“ (ist für den Wohnraum geeignet) ist im Einzelhandel beispielsweise bereits ab 3,95 € inkl. MwSt. erhältlich. [131] Das angegebene Markenprodukt hingegen kostet 6,29 €.

Tabelle 3.1-151: Beispielhafter Preisvergleich von Leuchtmitteln

Lampentyp	Watt	Preis/Stück in € inkl. MwSt.	Preisdifferenz in €
Glühlampe (Osram E27)	60	1,05	5,24
Energiesparlampe (Osram Duluxstar Röhrenform E27)	12	6,29	
Halogenlampe (Osram Halopar 16 64824 GU 10) [147]	50	2,15	1,71
=IRC-Halogenlampe (Osram Decostar 51 IRC) [147]	35	3,86	
Leuchtstoffröhre (Narva 26mm 15 Watt 030-530) [67]	15	3,08	1,42
=Dreiband Leuchtstoffröhre T8 (Osram 26mm 10 Watt 827) [67]	10	4,5	

Der Austausch von herkömmlichen Lampen durch energieeffiziente Lampen bietet sicherlich ein beachtliches Einsparpotential, denn wie bekannt, ist die Größe der durchschnittlichen Wohneinheit im Steigen begriffen. Betrug die durchschnittliche Wohnungsgröße in Österreich im Jahr 1990 noch 84 m², so betrug diese im Jahr 2005 bereits 97 m². [106] Es kann angenommen werden, dass die Anzahl der eingesetzten Lampen mit zunehmender bewohnter Fläche ansteigt und sich somit auch das Einsparpotential im Bereich des Lampentausches in den vergangenen Jahren erhöht hat.

3.1.4.1.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Nachstehend wird mit folgenden jährlichen Einsparungen gerechnet:

- Tausch Glühlampe gegen Energiesparlampe: 48 kWh/Jahr
- Tausch Halogenlampe auf IRC-Halogenlampe: 15 kWh/Jahr
- Tausch Leuchtstoffröhre auf Dreiband-Leuchtstoffröhre: 6 kWh/Jahr
- Durchschnitt bei Leuchtmitteltausch: 19 kWh/Jahr

Weiters wird von einem Strompreis in Höhe von 18,26 Cent/kWh ausgegangen. Das heißt der Ersatz einer Glühbirne durch eine Energiesparlampe bringt pro Jahr eine durchschnittliche jährliche Ersparnis in Höhe von 9 €.

Tabelle 3.1-152: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Energiesparlampen

jährl. Teuerung von elek. Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten f. Energiesparlampe in €	Monetäre Ersparnis durch Energiesparlampe in €	Barwert der Einsparung in €
0%	5,2	110,4	55,8
3%	5,2	140,4	135,2
10%	5,2	263,0	257,8

Tabelle 3.1-153: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für IRC-Halogenlampen

Jährl. Teuerung von elek. Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten f. IRC-Halogenlampe in €	Monetäre Ersparnis durch IRC-Halogenlampe in €	Barwert der Einsparung in €
0%	1,7	34,5	32,8
3%	1,7	43,9	42,2
10%	1,7	82,2	80,5

Tabelle 3.1-154: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Dreiband-Leuchtstoffröhren

Jährl. Teuerung von elek. Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten f. Dreiband-Leuchtstoffröhre in €	Monetäre Ersparnis durch Dreiband-Leuchtstoffröhre in €	Barwert der Einsparung in €
0%	1,4	13,8	12,4
3%	1,4	17,5	16,1
10%	1,4	32,9	31,5

Tabelle 3.1-155: Rentabilität höherer Anschaffungskosten bei Lampentausch im Durchschnitt

Jährl. Teuerung von elek. Energie	Zusätzliche Anschaffungskosten f. Lampentausch in €	Monetäre Ersparnis durch Lampentausch in €	Barwert der Einsparung in €
0%	2,8	43,7	40,9
3%	2,8	55,6	52,8
10%	2,8	104,1	154,1

3.1.4.1.3.1 Kritische Punkte im Zusammenhang mit Energiesparlampen

Die Energiesparlampe eignet sich in vielen Bereichen als energiesparende Alternative zur herkömmlichen Glühlampe. Die möglichen Einspareffekte wurden in den vorangegangenen Abschnitten erläutert. Trotz dieser Einspareffekte muss die Energiesparlampe auch differenziert betrachtet werden und kann nicht als Universalwerkzeug für eine Reduzierung des Energieverbrauchs im Bereich der Beleuchtung verstanden werden. Im Folgenden sollen deshalb einige Anmerkungen zum Tausch von Glühlampen auf Energiesparlampen gemacht werden. Diesen Anmerkungen voranzustellen ist die bisher nach Sicht der Autoren mangelhafte Analyse von Energiesparlampen in der wissenschaftlichen Literatur. Es fehlen genau und gut dokumentierte Analysen über die Auswirkung des Lichts von Energiesparlampen auf Gesundheitsparameter und über die Lichtqualität. Weiters fehlen genaue Standards für den Vergleich unterschiedlicher Lichtquellen, also ob die Herstellerangaben über die notwendigen Energieeinsatzverhältnisse für gleiche Lichtausbeute (Glühlampe vs. Energiesparlampe) korrekt sind. Es kann deshalb an dieser Stelle nur eine Zusammenfassung der verfügbaren Resultate zu diesem Thema erfolgen, die Angabe rein wissenschaftlicher Quellen muss jedoch ausbleiben.

Vor allem der Lampentest des Magazins „Öko-Test“ (Ausgabe Oktober 2008) weist nach einem Praxistest von Energiesparlampen Mängel aus. Diese Mängel beziehen sich auf beinahe alle Facetten der Beleuchtungskörper und betreffen die Helligkeit, die Lichtqualität, die Haltbarkeit, die Energieeffizienz, den Elektromog und das Material bzw. dessen Umweltverträglichkeit. Als deutlichste Kritikpunkte, die sich auch in anderen Quellen wiederfinden, sind dabei zu nennen:

- Es kann nicht generell davon ausgegangen werden, dass eine Energiesparlampe mit 11W eine Glühlampe mit 60 W in jeder Hinsicht gleichwertig ersetzt. Die Lichtausbeute scheint im Praxiseinsatz nicht gleichwertig zu sein. Eine Norm für den praxisnahen Vergleich von Lichtquellen scheint aus Sicht der Autoren wünschenswert.
- Bei Energiesparlampen wird meist eine mittlere Lebensdauer von mehr als 8.000 Stunden angeführt. Der Begriff der mittleren Lebensdauer ist dabei irreführend. Diese mittlere Lebensdauer wird ermittelt, indem von einem Versuchssample an Lampen die Zeit gemessen wird, bis die Hälfte dieser Lampen ausgefallen ist. Demnach ist der korrekte Begriff die „mediane Überlebensdauer“. Nimmt die Wahrscheinlichkeit für einen Ausfall mit der Lebensdauer der Lampen zu, muss deshalb mit einer Überschätzung der tatsächlichen mittleren Lebensdauer (arithmetisches Mittel) gerechnet werden.
- Als Lichtqualität werden (in diesem Zusammenhang) das Spektrum des Lichts, das Lichtflimmern, die Lichtfarbe und der Elektromog verstanden. Die Lichtqualität ist bei Energiesparlampen im Vergleich zu Glühlampen deutlich vermindert. In welcher Weise dies in der praktischen Anwendung jedoch zu einer Verminderung der Eignung von Energiesparlampen als Ersatz von Glühlampen führt, ist ohne nähere Untersuchungen kaum abzuschätzen.
- Die Umweltbelastung durch den „Altstoff“ Energiesparlampe ist erheblich. Sie sollten deshalb nicht über den gewöhnlichen Hausmüll entsorgt werden, sondern in Altstoffsammelzentren entsprechend deponiert werden. Bei einer massiv steigenden

Anwendung von Energiesparlampen muss deshalb auch dieser Aspekt bedacht und eine hinreichende Lösung entwickelt werden.

- Der $\cos\varphi$ gibt an, welcher Anteil der Leistung Blindleistung ($1-\cos\varphi$) und welcher Anteil Wirkleistung ($\cos\varphi$) ist. Der $\cos\varphi$ von Energiesparlampen ist deutlich schlechter als jener von Glühlampen. Dies bedeutet, dass bei der Anwendung von Energiesparlampen deutlich mehr Blindstrom aufgewendet wird als bei Glühlampen. Auf Seiten der Stromerzeugung ist daher die Stromeinsparung von Energiesparlampen gegenüber Glühlampen geringer, als die hohe Differenz der Wirkleistung anzeigen würde. Derzeit werden im Bereich der Stromeinsparungen immer nur Einsparungen im Bereich der Wirkleistung berechnet, was bei einer rein endenergetischen Betrachtungsweise richtig ist. Ist jedoch die primärenergieseitige Einsparung von Interesse, sollten genaue Messungen über den Anteil an Blindstrom bei entsprechenden Lampen erfolgen und in die primärenergieseitige Bewertung einbezogen werden.

3.1.4.2 Reduktion des Stand-by Verbrauchs von Fernsehgeräten und EDV-Anlagen

3.1.4.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Bevor detaillierter auf Reduktionspotentiale des Stand-by Verbrauchs von Fernsehgeräten und EDV-Anlagen eingegangen wird, erfolgt zunächst eine grundlegende Beschreibung bzw. Definition des Stand-by Verbrauchs von technischen Anlagen. Die folgenden Anmerkungen beschränken sich somit nicht auf den Stand-by Betrieb von Fernsehgeräten und EDV-Modulen, sondern sind generell für elektronische Anlagen zu betrachten.

3.1.4.2.1.1 Grundlegende Anmerkungen zum Stand-by Verbrauch

Als Stand-by Betrieb eines Gerätes wird jener Betriebsmodus verstanden, in dem sich das Gerät für eine Funktion in Bereitschaft befindet und somit eine Leistungsaufnahme > 0 aufweist. Die folgende Übersicht der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz zeigt die verschiedenen Definitionen der Verbrauchsmodi eines Gerätes auf:

Definitionen: [205]

Aus (off)	Gerät eingesteckt, am "Hauptschalter" ausgeschaltet bzw. heruntergefahren wenn kein Hauptschalter (Aus-Taste, Auto-off). Leistungsaufnahme = 0 bei Netztrennung (Hard-off), häufig 1 bis 2 W bei guten Lösungen, bei manchen Geräten bis über 10 W.
Stand-by	Gerät eingesteckt, bereit für irgendeine Funktion, z.B. Signalempfang. Leistungsaufnahme nicht = 0.
Leerlauf	Gerät eingesteckt, führt eine Funktion aus, z.B. Beleuchtung, die aber nicht oder nur z.T. benötigt wird.
Bereitschaft	Kein genau definierter Begriff! "Stand-by" heißt ja eigentlich Bereitschaft; energieintensive Prozess-Vorstadien (z.B. Warmhaltung) werden meist nicht als Stand-by verstanden. Zukünftig soll dafür der Begriff <i>Leerlauf</i> verwendet werden.

Gemäß der *EnergieAgentur.NRW* entstehen in einem durchschnittlich ausgestatteten Haushalt jährlich aufgrund des Verbrauchs von elektrischer Energie im Stand-by Betrieb der Geräte zusätzlich Kosten von etwa 100 € bis 150 €. [76] Der OÖ. Energiesparverband beziffert die Ausgaben, die ausschließlich durch den Stand-by Verbrauch elektrischer Geräte entstehen, noch höher auf 150 € bis 180 €. [166]

Generell existieren im Bereich des Stand-by Verbrauchs aufgrund von technischen Unterschieden hohe Streubereiche, da der Stand-by Betrieb verschiedene Ausprägungen haben kann. So ist innerhalb des Stand-by Betriebes beispielsweise zwischen einem unechten und einem echten Stand-by Betrieb zu unterscheiden, wobei der unechte Stand-by Betrieb einen Gerätzustand beschreibt, in dem lediglich das Display sowie die

Funktionsbereitschaft ausgeschaltet sind [205]. Der Stromverbrauch des Stand-by Betriebes kann generell durch einen Gerätetausch auf effiziente Produkte erheblich reduziert werden.

Die optimale Lösung zur Reduktion des Energieverbrauches stellt in diesem Zusammenhang selbstverständlich die vollständige Vermeidung des Stand-by Verbrauchs dar. Hierzu existieren verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung der Verbrauchsreduktion. Möglichkeiten zur Reduktion des Stand-by Verbrauches sind die erwähnte Umstellung auf den unechten Stand-by Zustand, die Abschaltung des Hauptverbrauchs (beispielsweise bei EDV-Anlagen, die Abschaltung der Festplatte), die Installation eines externen oder separaten Netztes, die Installation von Technologien ohne Netzverbindungen [205] oder die Verwendung von Fernschaltern und Schaltuhren.

3.1.4.2.2 Energetische Maßnahmenbewertung

3.1.4.2.2.1 Bewertung der Einsparungen im Stand-by Betrieb durch den Gerätetausch bei Fernsehgeräten und EDV-Anlagen

Im Folgenden wird der Stand-by Betrieb von EDV-Anlagen analysiert und daraus ein Einsparpotential im Stand-by Betrieb der Anlagen durch einen Gerätetausch errechnet. Als Basis für die Verbrauchswerte dienen die Datenquellen www.stromeffizienz.de der Deutschen Energie-Agentur (dena) und www.topprodukte.at.

Generell wird gemäß www.stromeffizienz.de für einen PC mit Bildschirm und Drucker eine durchschnittliche Stand-by Leistungsaufnahme von 20 Watt angenommen.⁴³ Bei einer durchschnittlichen Leerlaufzeit von 20 Stunden errechnet sich hierbei ein durchschnittlicher jährlicher Stromverbrauch von 150 kWh im Stand-by Betrieb und somit Stromkosten in Höhe von 30 € pro Jahr (hierbei wurde ein Strompreis von 20 Cent/kWh und ein Stand-by Betrieb von 365 Tagen herangezogen). Der Stromverbrauch von EDV-Anlagen muss generell sehr differenziert betrachtet werden, da mögliche Zusatzmodule teilweise den gesamten Stromverbrauch enorm erhöhen können. So besitzt beispielsweise ein durchschnittlicher DSL-Router mit integriertem WLAN im Stand-by Betrieb eine Leistungsaufnahme von 12 Watt, sodass gemäß der Deutschen Energie-Agentur bei einer angenommenen Leerlaufzeit von 20 Stunden am Tag zusätzliche jährliche Stromkosten in Höhe von 17,5 € anfallen.

Eine nähere Betrachtung der Einzelteile von EDV-Anlagen zeigt, dass der Stand-by Verbrauch von Bildschirmen, aber insbesondere auch von alten Druckereinrichtungen, im Vergleich zu neuen effizienten Druckern enorm differiert. Im Segment der Computermonitore besitzen immer mehr neue Geräte eine sogenannte Tiefschlaffunktion, die allerdings den Monitor nicht komplett abschaltet, weshalb dennoch elektrische Energie verbraucht wird, sodass u.a. aufgrund dieser Tatsache die Unterschiede geringer ausgeprägt sind als im Bereich der Druckereinrichtungen. Im Folgenden werden die Einsparpotentiale im Stand-by Betrieb dieser PC-Module quantifiziert.

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht auf Basis von Daten aus www.topprodukte.at die Leistungsaufnahme im Stand-by Modus von LCD (Liquid Crystal Display) Monitoren mit 17 Zoll sowie mit 20/21 Zoll im „SLEEP“-Modus (und somit im Stand-by Modus).⁴⁴ Generell

⁴³ Vgl. hierzu auch die Angaben des OÖ. Energiesparverbandes (www.esv.or.at), der ebenfalls von 20 Watt Stand-by Leistung ausgeht. (zuletzt abgerufen September 2008).

⁴⁴ Generell kann angemerkt werden, dass LCD-Monitore im Vergleich zu Röhrenbildschirmen sowohl

muss angemerkt werden, dass sich die Leistungsaufnahme der Bildschirme mit der Größe der Bildschirme erhöht. Im Bereich der LCD-Monitore mit 17 Zoll existieren Differenzen zwischen effizienten Neugeräten und alten Bildschirmen von 1,4 Watt im Stand-by Betrieb und bei Bildschirmen mit 20/21 Zoll von 2,3 Watt. Dies entspricht einem jährlichen Verbrauch an elektrischer Energie im Stand-by Betrieb (bei 365 Tagen Stand-by Betrieb) im Ausmaß von 10,2 kWh bzw. von 16,8 kWh.

Tabelle 3.1-156: Vergleich der Leistungsaufnahme im Stand-by Betrieb von LCD-Monitoren

Gerät	Leistungsaufnahme im Stand-by Modus eines ineffizienten Gerätes in Watt	Leistungsaufnahme im Stand-by Modus eines neuen effizienten Gerätes in Watt	Differenz zwischen ineffizientem und effizientem Gerät in der Leistungsaufnahme im Stand-by Betrieb in Watt
LCD-Monitor 17 Zoll	2,00	0,6	1,4
LCD-Monitor 20/21 Zoll	3,00	0,7	2,3

Quelle: [225], eigene Darstellung

In der folgenden Tabelle werden die jährlichen Stand-by Stromverbrauchswerte von verschiedenen Druckern gezeigt. Hierbei erfolgt wiederum auch eine Gegenüberstellung von alten und neuen Druckern am Beispiel verschiedener Tintenstrahldrucker.⁴⁵ Es zeigt sich, dass wesentliche Unterschiede zwischen neuen und alten Geräten bestehen. Verbraucht ein älteres Modell eines Arbeitsplatzdruckers noch 83 kWh jährlich im Stand-by Betrieb, so verbraucht ein neues Modell nur mehr ca. 6 kWh. Der Gerätetausch würde somit eine Einsparung von ca. 77 kWh pro Jahr hervorrufen. Den größten Unterschied weisen die Multifunktionsgeräte auf, bei denen jährlich ca. 150 kWh im Stand-by-Betrieb eingespart werden können.

Tabelle 3.1-157: Jährlicher Stromverbrauch von Tintenstrahldruckern im Stand-by-Betrieb

Art des Tintenstrahldruckers	Leistung im Stand-by Verbrauch in Watt	Stand-by Betrieb in h/Tag	Stromverbrauch im Stand-by Betrieb (kWh/Jahr)
Fotodrucker alt	16,60	20	~ 121
Fotodrucker neu	1,50	20	~ 11
Arbeitsplatzdrucker alt	11,30	20	~ 83
Arbeitsplatzdrucker neu	0,80	20	~ 6
Multifunktionsgerät alt	21,40	20	~ 156
Multifunktionsgerät neu	1,00	20	~ 7

Quelle: [225]

Die folgende Tabelle stellt den Stromverbrauch von Fernsehgeräten in Abhängigkeit der Bildschirmgröße dar.

im Normal-, als auch im Stand-by-Betrieb einen geringeren Stromverbrauch im Ausmaß von -70% aufweisen.

⁴⁵ An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass auch heute noch Geräte am Markt verkauft werden, deren Stand-by Verbrauch mit jenem für Altgeräte angeführten Wert des Stand-by-Betriebs zu vergleichen ist.

Tabelle 3.1-158: Stromverbrauch von Fernsehern bei Betrieb und Stand-by

Fernseher-Technologie (Beispielgeräte)	Bildschirm- Diagonale	Leistungsaufnahme (On)	Leistungsaufnahme (Stand-by)	Stromverbrauch (4h "On" / 20h Stand-by)
Röhre	72 cm	74 Watt	< 1,0 Watt	106 kWh
LCD	74 cm	135 Watt	1,8 Watt	193 kWh
Röhre	76 cm	130 Watt	0,3 Watt	176 kWh
LCD	106 cm	239 Watt	1,0 Watt	327 kWh
Plasma	106 cm	195 Watt	< 2,0 Watt	275 kWh
LCD	117 cm	275 Watt	3,0 Watt	389 kWh
Plasma	127 cm	350 Watt	< 5,0 Watt	503 kWh
Plasma	141 cm	530 Watt	< 3,0 Watt	730 kWh

Quelle: [73]

Anhand der Tabelle lässt sich erkennen, dass die modernen LCD-Fernseher mehr Leistung, sowohl im On-Betrieb, als auch im Stand-by Betrieb benötigen als Röhrenfernseher. Weiters ist festzustellen, dass der Stromverbrauch mit der Größe des Bildschirms zunimmt. Der durchschnittliche Mittelwert der Leistungsaufnahme im Stand-by Betrieb von 61 LCD Fernsehern beträgt 1,1 W. [225] Sparsame Fernseher weisen teilweise aber nur eine Leistungsaufnahme von 0,1 W im Stand-by Betrieb auf.

Wichtig, um unnötigen Stromverbrauch während des Stand-by Betriebs zu vermeiden, ist die Trennung des Fernsehers vom Stromnetz. Das geschieht am zuverlässigsten mit einer schaltbaren Steckdosenleiste.⁴⁶ Diese ist auch praktisch, um den Stand-by Betrieb von DVD-Playern, Receivern oder anderer Unterhaltungstechnik zu vermeiden. Eine weitere Möglichkeit, um den Stand-by Betrieb von technischen Geräten zu vermeiden, ist der Einsatz so genannter Vorschaltgeräte. Diese trennen die technischen Anlagen automatisch vom Netz. DVD-Recorder oder SAT-Receiver können oftmals nicht einfach vom Netz genommen werden, da ansonsten gespeicherte Daten verloren gehen können. Gerade solche Set-Top-Boxen, die für den Empfang von Kabel-, Satellitenfernsehen oder digitalem Antennenfernsehen zuständig sind, laufen selbst nach Abschalten des Fernsehers weiter und verbrauchen Strom.[73]

Die nachfolgende Tabelle zeigt den unterschiedlichen Stand-by Stromverbrauch von Geräten, die in unmittelbarer Verbindung zum Fernseher stehen.

Tabelle 3.1-159: Stand-by Verbrauch von TV-Zubehör im Vergleich

	Verbrauch eines ineffizienten Gerätes in W	durchschnittlicher Verbrauch effizientes Gerät in W	Einsparungspotential bei Tausch eines ineffizienten Gerätes auf ein effizientes in W
DVD-Player	3,00	0,9	2,10
Satellitenreceiver	25,00	7,6	17,40
DVB-T Receiver	11,00	5,2	5,80

Quelle: [225], eigene Darstellung

⁴⁶ Schaltbare Steckdosenleisten kosten je nach Anzahl der Steckdosen zwischen 3 € und 14 €. (Stand: Herbst 2008, eigene Erhebung)

Es ist offensichtlich, dass der Stand-by Verbrauch von DVD-Playern, DVB-S Receivern und DVB-T Receivern stark variiert. So können beispielsweise beim Tausch eines ineffizienten Satellitenreceivers gegen einen effizienten bis zu 17,4 W (= 127 kWh pro Jahr) gespart werden. Trotz des geringeren Stand-by Verbrauchs von effizienten Geräten empfiehlt es sich trotzdem, die Geräte ganz vom Stromnetz zu nehmen. Deshalb ist beim Kauf eines neuen Receivers oder DVD-Recorders darauf zu achten, dass diese Geräte, auch wenn sie vom Stromnetz genommen werden, die Daten speichern. Wenn diese Geräte nicht vom Netz genommen werden können, so empfiehlt sich der Einsatz von Power Savern, die den Stromverbrauch im Stand-by Betrieb senken.

Die folgenden Tabellen veranschaulichen nochmals die durchschnittlichen Stromkosten des Stand-by Betriebes von EDV-Anlagen sowie im Vergleich dazu von Geräten der Unterhaltungselektronik (TV, Videorekorder, usw.) sowie einen Vergleich der Einsparungspotentiale dieser Geräte.

Es ist jedoch generell noch darauf hinzuweisen, dass der Gerätetausch im Bereich des Stand-by-Verbrauchs lediglich eine suboptimale Lösung darstellt und die ideale Lösung in der vollständigen Vermeidung des Stand-by Verbrauchs zu finden ist.

Tabelle 3.1-160: Stromkosten von TV- und EDV-Geräten im Stand-by Betrieb pro Jahr

Gerät	Leistung im Leerlauf: Stand-by etc. in Watt	Durchschnittl. Leerlaufzeit am Tag in h	Kosten in Euro/Jahr
TV neu	1	20	1,34
TV alt	6	20	8,04
Set-Top-Box	6	19	7,64
Video- oder DVD-Recorder	6	23	9,25
PC mit Monitor und Drucker	20	20	26,80
DSL-Router (mit WLAN)*	12	20	16,08
Gesamtkosten pro Jahr			69,15

Quelle: [73], eigene Darstellung

Tabelle 3.1-161: Stand-by Verbrauch und Einsparpotentiale bei Unterhaltungselektronik und EDV-Geräten

Gerät	Betriebszeit im Leerlauf	durchschnittl. Leerlaufleistung		durchschnittl. Jahresstrom- verbrauch im Stand-by Betrieb		durchschnittl. Stromeinsparung im Stand-by Betrieb bei Gerätetausch
		Altgerä t in Watt	Neugerät in Watt	Altgerät in kWh	Neugerät in kWh	in kWh
Nutzung 365 Tage/Jahr	Std./Tag					
Unterhaltungselektronik						
Fernsehgerät	20	12	1,0	88	8	80
Videogerät	23	15	2,1	127	18	109
Satellitenempfänger	19	20	3,0	139	22	117
EDV-Geräte						
PC mit Monitor	20	12	2,5	88	18	70
Tintenstrahldrucker	23	10	3,0	84	26	58
Internet-Modem	22	8	3,3	66	26	40
Summe in kWh	127	77	14,9	592,00	118	474
Stromkosten in €				100,64	20,06	80,58

Quelle: [207]; eigene Darstellung.

Tabelle 3.1-161 zeigt sowohl den durchschnittlichen Stand-by-Jahresstromverbrauch von TV- und EDV-Geräten, als auch die dadurch entstehenden jährlichen Stromkosten. Es zeigt sich, dass der Austausch dieser Alt-Geräte eine jährliche Stromeinsparung von ca. 80 € (bei einem angenommenen Strompreis von 17 Cent/kWh) mit sich bringt. In weitere Folge wird somit eine potentiell mögliche Reduktion des Stand-by Verbrauchs eines Haushalts mit bis 474 kWh / Jahr angenommen.

3.1.4.2.3 Abschätzung der Kosten und des Nutzens dieser Maßnahme

Der Tausch eines elektronischen Gerätes zum Zweck des Einsparens von Stand-by Energie ist keine kosteneffiziente Maßnahme. Für eine jährliche Einsparung von etwa 470 kWh müssen beispielsweise alle sechs hier analysierten Geräte mit einem Gesamtwert von über 2.000 € getauscht werden. Dieser Betrag wird bei keiner realistischen Lebensdauer der Geräte durch den geringeren Stromverbrauch amortisiert. Aus Sicht der Autoren ist die Vermeidung von Stand-by Verbräuchen zwar als äußerst wichtiges Thema zur Reduzierung des Haushaltsstromverbrauchs zu sehen, auf Grund der weiter oben besprochenen Rahmenbedingungen bei der Anrechnung, der relativ kleinen Stromeinsparung pro Gerät und Jahr sowie der kurzen Lebensdauer der Geräte und dem dementsprechend schwierig zu beurteilenden Markt aber nicht als attraktives Betätigungsfeld für einen Fördergeber zu bezeichnen. Vielmehr erscheint in diesem Bereich die öffentliche Hand gefragt, die durch die Einführung von maximalen Stand-by Verbräuchen für einzelne Geräte wesentlich entscheidender zur Reduzierung dieser unnötigen Verbrauchsart beitragen könnte.

Eine genaue Kosten-Nutzenanalyse der Einspareffekte muss für diese Maßnahme deshalb ausfallen.

3.1.4.3 Energieberatung in Haushalten

3.1.4.3.1 Beschreibung des Systems und Literaturwerte

Das grundlegende Ziel der Energieberatung ist es, den Energiekonsumenten darüber zu informieren, wie er seinen Energieverbrauch senken kann. Aus dem Energie Star 2010-Programm sowie der Energieeffizienz-Richtlinie 2006/32/EG (EE-RL) der Europäischen Kommission und des Rates geht die zunehmende Bedeutung der Energieberatung stark hervor.

Artikel 3 lit I der EE-RL definiert den Begriff „Energieaudit“ als „ein systematisches Verfahren zur Erlangung ausreichender Informationen über das bestehende Energieverbrauchsprofil [...]“. Das Audit unterscheidet sich von einer Energieberatung dadurch, dass bei dem Audit jedenfalls ein Ergebnisbericht der Beratung verfasst wird. Gemäß Artikel 12 der EE-RL müssen die Mitgliedsstaaten sicherstellen, dass „wirksame, hochwertige Energieauditprogramme, mit denen mögliche Energieeffizienz-Maßnahmen ermittelt werden sollen und die von unabhängigen Anbietern durchgeführt werden, für alle Endverbraucher, einschließlich kleinerer Haushalte [...] zur Verfügung stehen.“

Artikel 12 Abs. 2 der EE-RL führt weiters aus, dass gegebenenfalls auch andere Maßnahmen im Rahmen eines Audits ergriffen werden können, wenn es sich um nicht komplexe Anlagen handelt: „Marktsegmente, in denen höhere Transaktionskosten anfallen und nichtkomplexe Anlagen können durch andere Maßnahmen, z. B. durch Fragebögen und über das Internet verfügbare und/oder per Post an die Kunden gesandte Computerprogramme abgedeckt werden.“ Ein großer Teil der im Rahmen des Energie Star 2010 -Programms gemeldeten Energieberatungen deckte sich mit diesen Anforderungen der Energieaudits.

Vordergründig wird angenommen, dass eine Energieberatung je nach Qualitätsniveau eine gewisse Einsparung beim Energiekonsumenten initiiert. Nach Studium und Recherche der in Österreich derzeit von Unternehmen, Vereinen und der öffentlichen Hand angebotenen Energieberatungen wurden eine Reihe unterschiedlicher Qualitätsstufen bei den durchgeführten Beratungen festgestellt. Diese Qualitätsstufen lassen sich in drei relativ homogene Qualitätsklassen einteilen: Energieberatungen mit niedrigem, mittlerem und hohem Qualitätsniveau. Die Zuordnung einer Beratung in eine dieser drei Kategorien erfolgt nach dem zeitlichen Aufwand, den die Beratung mit sich bringt.

3.1.4.3.2 Beratung mit niedrigem Qualitätsniveau

Unter diese Kategorie fallen Beratungen mit einem Zeitaufwand von bis zu 30 Minuten.

Kundenberatung auf Messen: Als Energieberatung mit niedrigem Niveau ist die Beteiligung an einer Messe in Form eines Infostands, der dazu genutzt wird mit einzelnen Personen Beratungsgespräche über deren spezifische Energiesituation zu führen, zu werten.

Fragebogenaktion: Das Aussenden von Fragebögen zum Thema Energieverbrauch und/oder Energieeffizienz, deren Auswertung, sowie die Einbeziehung von Effizienzverbesserungstipps und folglich die Rücksendung sind als Energieberatungen mit

niedrigem Niveau zu werten.

Call Center (telefonische Beratung): Führt das Call Center telefonische Energieberatungen durch und geht dabei direkt auf die Energiesituation des Beratenen ein, sind diese Beratungen als Energieberatungen mit niedrigem Niveau zu werten.

Sonstiges: eine Reihe zusätzlicher Beratungsformen kommen als Energieberatungen niedrigen Qualitätsniveaus in Frage.

3.1.4.3.2.1 Beratungen mittleren Qualitätsniveaus

Diese dauern zwischen 30 Minuten und einer Stunde und beziehen sich bereits wesentlich deutlicher auf einen individuellen Kunden und dessen Fragen, Wünsche und eventuelle Probleme. Die nachfolgend angeführten Beratungsklassen fallen unter die Kategorie Energieeffizienz-Maßnahme mittleren Qualitätsniveaus.

Persönliche Beratung beim Kunden: eine Energieberatung vor Ort mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten (bei bestehenden Anlagen sowie vor der Neuanschaffung/Neubau) zu mehreren Energieträgern und/oder Anwendungsfeldern ist als Energieberatung mittleren Niveaus zu werten.

Persönliche Energieberatung „Neue Technologien“: Eine Energieberatung an einem beliebigen Ort zwischen 30 und 60 Minuten zum Thema neue Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz ist als Energieberatung mittleren Niveaus zu werten.

Individuelle Analyse des Verbrauchsverhaltens: Wird der Energieverbrauch eines Konsumenten durch Messungen (z.B. der Heizanlage) vor Ort analysiert und auf diesem Weg der Energieverbrauch den einzelnen Verursachern zugeordnet, ist dies als Energieberatung mittleren Niveaus zu werten. Wird der Kunde auf Basis der Verbrauchsanalyse über Möglichkeiten zur Energieeinsparung informiert und dabei die Grenze von 60 Minuten überschritten, ist die Kombination aus Verbrauchsanalyse und Beratung als Energieberatung mit hohem Niveau (Erstellung individueller Energiekonzepte) zu werten.

Sonstiges: eine Reihe zusätzlicher Beratungsformen kommen als Energieberatungen mit mittlerem Niveau in Frage.

3.1.4.3.2.2 Energieberatung mit hohem Qualitätsniveau

Diese Beratungen dauern mindestens eine Stunde, werden direkt beim Kunden durchgeführt und sind gänzlich auf dessen Situation abgestimmt. Folgend werden jene Beratungsklassen aufgelistet, die unter die Kategorie Energieeffizienz-Maßnahme mit hohem Qualitätsniveau fallen.

Persönliche Beratung beim Kunden: Eine Energieberatung die vor Ort über 60 Minuten andauert (bei bestehenden Anlagen sowie vor der Neuanschaffung/Neubau) und zu mehrere Energieträgern und/oder Anwendungsfelder betrifft, ist als Energieberatung hohen Niveaus zu werten.

Erstellung individueller Energiekonzepte: Wird der Energieverbrauch eines Kunden durch Messungen (z.B. der Heizanlage) vor Ort analysiert und auf diesem Weg der Energieverbrauch den einzelnen Ursachen zugeordnet, ist dies als Energieberatung hohen Niveaus zu werten. Wird der Kunde auf Basis der Verbrauchsanalyse über Möglichkeiten zur Energieeinsparung informiert und dabei die Grenze von 60 Minuten überschritten, ist die Kombination aus Verbrauchsanalyse und Beratung als Energieberatung mit hohem Niveau zu werten.

Energetische Gebäudeanalyse vor Ort: Die Analyse eines bestehenden Gebäudes hinsichtlich energetischer Schwachstellen in der Gebäudehülle und anschließender Erstellung eines Konzepts zur Verbesserung oder Beseitigung dieser Schwachstellen wird als Energieberatung mit hohem Niveau gewertet.

Optimierung der Gebäudehülle in der Planungsphase: Die Beratung eines Bauherren in der Planungsphase mit dem Ziel die Gebäudehülle hinsichtlich möglicher Wärmeverluste zu optimieren ist bei einem Zeitaufwand von über 60 Minuten als Energieberatung mit hohem Niveau zu werten.

Sonstiges: eine Reihe zusätzlicher Beratungsformen kommen als Energieberatungen mit hohem Niveau in Frage.

3.1.4.3.3 Energetische Maßnahmenbewertung

Die grundsätzliche Philosophie einer Energieberatung ist, dass diese eine Maßnahme seitens des Energiekonsumenten folgt, die dazu führt, dass er seinen Energiekonsum reduziert. Welche Maßnahme jedoch gesetzt wird, ist unbekannt und wird weder quantitativ noch qualitativ erfasst.

Energieberatungen im Haushaltssektor können zum einen nur⁴⁷ auf die Einsparung elektrischer Energie, nur auf die Einsparung von Wärmeenergie oder – umfassender – auf elektrische Energie und Wärme abzielen. Als Ausgangspunkt der Berechnung wird angenommen, dass ein Haushalt 3.000 kWh elektrische Energie und 15.000 kWh Wärmeenergie⁴⁸ pro Jahr benötigt. In weiterer Folge wird dann ein Prozentsatz festgelegt, der angibt, wie viel der ursprünglich verbrauchten Energie durch die vom Haushalt in Folge der Energieberatungen umgesetzten Empfehlungen eingespart werden. Diese Prozentsätze

⁴⁷ Zwar sind auch Energieberatungen für andere Verbrauchsbereiche denkbar (z.B. Transport, . . .), jedoch kamen diese Energieberatungsformen im Rahmen des Energie Star 2010-Programms nicht vor und wurden deshalb nicht analysiert.

⁴⁸ Inkl. elektrischer Energie für Heizungszwecke.

hängen von der Intensität der Energieberatungen ab und wurden primär aus den Erkenntnissen dreier internationaler Studien⁴⁹ zusammengestellt. Die Analyse dieser Studien ergab⁵⁰ deutlich abgestufte Einsparungen, je nach Intensität und Qualität der durchgeführten Energieberatungen. Abhängig von diesen Prozentsätzen wird dann auf Basis des angenommenen Jahresverbrauchs jener Verbrauchsart, auf deren Effizienzsteigerung die Energieberatung abzielt, der Einsparwert berechnet.

Tabelle 3.1-162: Energieeinsparungen durch Energieberatungen

Energieeinsparungen* durch Energieberatungen				
		Zielbereich der Energieberatung		
	Prozentuelle Einsparung	Absolute Einsparung		
Qualitätsniveau		Raumwärme	elektr. Strom	beide
niedrig	1%	150 kWh	30 kWh	180 kWh
mittel	5%	750 kWh	150 kWh	900 kWh
hoch	10%	1500 kWh	300 kWh	1800 kWh
* Die absoluten Einsparungen sind eine Funktion der prozentualen Einsparungen und der durchschnittlichen Energieverbräuche. Deshalb sind die absoluten Einsparungen aus dieser Tabelle nur für die Energieverbräuche von 15.000 bzw. 3.000 kWh gültig.				

Die Lebensdauer der Energieeffizienz-Maßnahme Energieberatung hängt von mehreren Faktoren ab. Primär ist das Qualitätsniveau der Energieberatungen der entscheidende Faktor, so wird im Rahmen des Energie Star 2010-Programms für Energieberatungen niedrigen Qualitätsniveaus ausschließlich eine Lebensdauer von einem Jahr verwendet. Bei höherwertigen Beratungen hängt die Lebensdauer nun von den Inhalten der Beratungen ab. Beratungen, die ausschließlich auf eine Verhaltensänderung der Konsumenten abzielen, werden mit einer Lebensdauer von zwei Jahren bewertet. Beratungen, die die Konsumenten bei Umrüstungs- oder Neukaufentscheidungen unterstützen und so das Ziel einer Verbreitung energieeffizienter Technologien zum Ziel haben, werden dagegen mit der Lebensdauer der jeweiligen Technologien bewertet. Dies führt in zahlreichen Fällen zu einer gemischten Lebensdauer von Beratungen, die mehrere Technologien zum Inhalt haben. Diese Lebensdauern sind dann ein Durchschnitt der Lebensdauern der einzelnen Technologien. Unter den Verbrauchsspezifikationen des Energie Star 2010-Programms ist die Berechnung von Einsparungen durch Energieberatungen relativ einfach. Es ist lediglich

⁴⁹ Diese drei Studien sind: „Evaluation der stationären Energieberatung der Verbraucherzentralen des Deutschen Hausfrauenbundes Niedersachsen und des Verbraucherservice Bayern“, Heidelberg 2005; „Evaluierung der Bürger-Energieberatung im Landkreis Coburg 2001-2003 der Koordinierungsstelle Agenda 21“ und „Evaluating Energy Efficiency Policy Measures & DSM Programmes – Volume II“, International Energy Agency, 2005.

⁵⁰ Ebenfalls maßgeblich für die Festlegung der Prozentsätze waren die Erfahrungen des O.Ö. Energiesparverbandes, die den Autoren für ihre Arbeit zur Verfügung gestellt wurden.

eine Summe über die entsprechenden Beratungsqualitäten zu ziehen, nachdem die Einzelberatungseinsparungen mit der Beratungshäufigkeit in der jeweiligen Kategorie multipliziert wurden.

3.1.4.3.4 Abschätzung der Kosten und des Nutzens der Maßnahme

Vorweg wird darauf hingewiesen, dass eine Vergleichbarkeit einzelner Maßnahmen zwischen diversen Unternehmen auf Grund fehlender Erhebungsstandards nur sehr eingeschränkt möglich ist. Weiters muss angemerkt werden, dass es vor allem bei Energieberatungen (noch) schwierig ist, eine klare Trennung nach Energieformen vorzunehmen und somit vielfach keine eindeutige Zuordnung einzelner Energieberatungen zu einzelnen Geschäftsbereichen der Energieunternehmen möglich ist. Im Folgenden werden nun die Vergleichswerte der vorgenommenen Erhebungen analysiert.

3.1.4.3.4.1 Energieberatungen mit niedrigem Qualitätsniveau

Wie bereits zuvor näher erläutert wurde, gehören zu dieser Kategorie vor allem Beratungen auf Messen und bei Außenstellen, sowie telefonische Beratungen (beispielsweise durch eine Energiesparhotline). Die Beratungen sind häufig nicht auf einen einzelnen Energieträger fokussiert, sondern bedienen ein weites Feld an Einsparungsmöglichkeiten. Darunter jeweils Strom, Erdgas, Fernwärme und alternative Energieträger.

Die Ermittlung der Kosten ist in dieser Kategorie nicht möglich.

Im Durchschnitt beträgt die Einsparung je Haushalt, die durch eine Beratung niedrigen Qualitätsniveaus errechnet wurde, 176 kWh. Diese Einsparung ist als rein indikativ anzusehen. Eine Einsparung von 176 kWh/Haushalt/Jahr entspricht ca. 1,0% des gesamten Haushaltsenergieverbrauches (Elektrische Energie und Wärme). Diese Einsparung könnte bereits durch 3-4 Energiesparlampen (12 Watt) je Haushalt erzielt werden.

Tabelle 3.1-163: Ergebnis der Erhebung

Ergebnis der Erhebung ⁵¹	
Anzahl der Meldungen	11
Anzahl der beratenen Personen	45.441
Geschätzte erzielte Einsparung pro Jahr	7.802 MWh =176 kWh/Beratung

⁵¹ BEWAG, Energie AG, Energie Graz, EVN, KELAG, Linz AG, Salzburg AG, Steewag-Steg, VKW AG, Wienstrom GmbH

3.1.4.3.4.2 Energieberatungen mit mittlerem Qualitätsniveau

Die Zielgruppe dieser Energieberatungen sind vorwiegend Haushalte. Zu den Beratungen in der Kategorie des mittleren Qualitätsniveaus zählen vordergründig persönliche Beratungen.

Die Ermittlung der Kosten ist in dieser Kategorie nicht möglich.

Im Durchschnitt beträgt die jährliche Einsparung je Haushalt, die durch eine Beratung mittleren Qualitätsniveaus errechnet wurde, 880 kWh. Dies entspricht ca. 5,0% des gesamten Haushaltsenergieverbrauches (elektrische Energie und Wärme). Eine Einsparung dieser Größenordnung könnte bereits durch 10 Energiesparlampen (12 Watt) und der Vermeidung des Stand-by Betriebs erzielt werden. Diese Einsparung ist als rein indikativ anzusehen, da das verwendete Datenmaterial zum Teil auf Schätzungen der Unternehmen, jedoch nicht auf detaillierten Erfassungen basiert.

Ergebnis der Erhebung ⁵²	
Anzahl der Meldungen	6
Anzahl der beratenen Personen	15.417
Geschätzte erzielte Einsparung pro Jahr	13.853 MWh =880 kWh/Beratung

3.1.4.3.4.3 Energieberatungen mit hohem Qualitätsniveau

Diese Beratungen inkludieren – wie bereits oben dargestellt – die Erstellung von Konzepten sowie individuelle Gebäudeanalysen.

Die Kosten in diesem Kontext variieren je nach Anbieter. Teilweise sind Beratungen hohen Qualitätsniveaus für den Kunden kostenlos, bei anderen Anbietern wird jedoch ein durchschnittlicher Kostenbeitrag in der Höhe von ca. 50 Euro eingehoben.

Die Bandbreite der möglichen Einsparung einer Energieberatung mit hohem Qualitätsniveau liegt zwischen 300 und 1.800 kWh. Eine Einsparung von 1.800 kWh/Haushalt/anno entspricht 10% des gesamten Haushaltsenergieverbrauches (Elektrische Energie und Wärme). Eine Einsparung dieser Größenordnung könnte durch den Einsatz von 10 Energiesparlampen (12 Watt), der Vermeidung des Stand-by Betriebs von elektronischen Kleingeräten, Anschaffung eines neuen Gefriergeräts und Absenken der Heiztemperatur um 1 Grad erzielt werden. Hier zeigt sich, dass es möglich ist, je Haushalt auch ohne hohe Investitionen eine nennenswerte Energieeinsparung zu erzielen.

⁵² BEWAG, Energie AG, Energie Graz, EVN, KELAG, Linz AG, Salzburg AG, Steewag-Steg, VKW AG, Wienstrom GmbH

Tabelle 3.1-164: Ergebnis der Erhebung

Ergebnis der Erhebung ⁵³	
Anzahl der Meldungen	26
Anzahl der beratenen Personen	9.114
Geschätzte erzielte Einsparung pro Jahr	8.695 MWh =1.800 kWh/Beratung

⁵³ BEWAG, Energie AG, Energie Graz, EVN, KELAG, Linz AG, Salzburg AG, Steewag-Steg, VKW AG, Wienstrom GmbH

3.2 Einsparpotentiale

Alle in diesem Kapitel ausgewiesenen Potenziale sind als realistische, sozioökonomische Potentiale zu interpretieren. D.h., es werden die innerhalb des betrachteten Zeitraums durch ambitionierte Politikmaßnahmen umsetzbaren Potentiale berechnet. Dabei werden die, den einzelnen Bereichen inhärenten Änderungsverhalten der Bestände und die damit einhergehenden Zeitkonstanten berücksichtigt.

Das zeitliche Änderungsverhalten eines bestimmten Bestandes wird von mehreren Faktoren geprägt. Als der wohl wichtigste Parameter ist die Lebensdauer der entsprechenden Objekte zu nennen. Haben Objekte das Ende ihrer Lebensdauer erreicht, müssen diese ersetzt werden. Unter der Annahme einer einheitlichen Lebensdauer, ohne Berücksichtigung von vorzeitigem Austausch, wird ein Bestand im Zeitrahmen von genau einer Lebensdauer vollständig ersetzt. Damit nimmt der Parameter Lebensdauer für die Berechnung der nachfolgenden Potentiale eine zentrale Rolle ein. Die wichtigsten, in dieser Studie diesem Parameter zugrundeliegenden Quellen sind wie folgt:

- Meyer et al. (1994)⁵⁴. *Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten: Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten*: Statistische Auswertung der Überlebenswahrscheinlichkeiten von wesentlichen Gebäudebauteilen unterschiedlicher Installationsperioden.
- Benke G. (2007)⁵⁵. *Österreichs Kesselmarkt ist überaltert*: Statische Auswertung des – Kesselalters (nicht der Kessellebensdauer) – in Österreich.
- Vorbereitende Studien der Ecodesign-Richtlinie: Lebensdauern und Altersverteilung von elektrischen Verbrauchern.
- Wegscheider-Pichler A.⁵⁶, *Strom- und Gastagebuch 2008*, Strom- und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte: Auswertung von Gerätebestand und –Alter elektrischer Geräte.
- Panayotis Christidis et al. (2003)⁵⁷: *Trends in Vehicle and Fuel Technologies, Review of Past Trends* und NEMRY et al. (2008)⁵⁸: *Environmental Improvement of Passenger Cars (IMPRO-car)* bilden die Basis für die Lebensdauer von Fahrzeugen in Österreich.
- Zusätzlich sind Verkaufsdaten (GfK) von elektrischen Geräten und Heizungssystemen in die Berechnung eingeflossen.⁵⁹

Neben der technischen Lebensdauer von Bauteilen hat auch die Rate des vorzeitigen Ersatzes einen Einfluss auf die Zeitdauer einer Bestandsumwälzung. Dieser Parameter ist mitunter nicht in trivialer Weise bestimmbar, beinhalten doch die historischen Erfahrungswerte von Produktlebensdauern bereits den vorzeitigen Austausch; also einen Ersatz des Produktes bevor dieses seine technische Funktion nicht mehr erfüllen kann. Daher wird in diesem Projekt vorzeitiger Ersatz als ein, die natürlichen – also historischen Erfahrungswerten entsprechenden – Raten übersteigendes Niveau definiert. Im Bereich der Gebäudesanierungen und Wärmebereitstellungssysteme wird bei den vorgestellten

⁵⁴ [155]

⁵⁵ [25]

⁵⁶ [259]

⁵⁷ [53]

⁵⁸ [158]

⁵⁹ [11]

Potentialen von einem Anstieg des vorzeitigen Ersatzes ausgegangen. Diese Rate schwankt mitunter zwischen den verschiedenen Maßnahmen. Gründe dafür sind nicht nur die unterschiedliche Wirtschaftlichkeit der solchen, sondern auch der Umstand, dass die Raten des vorzeitigen Austausches besonders dort hoch sind, wo die Benutzer einen spürbaren Anstieg des Komforts erfahren. Ist dies nicht gegeben – als Beispiel sei die Isolierung von Warmwasserrohren genannt – werden Maßnahmen als weniger dringlich empfunden. Ein weiteres Unterscheidungskriterium sind die erforderlichen Investitionssummen. Mit steigendem Investitionsbedarf steigen auch die Risiken. Des Weiteren haben die Marktdurchdringung von Technologien und das Ausmaß der Beeinträchtigung während der Maßnahmenumsetzung einen Einfluss. Die in diesem Projekt getätigten Abschätzungen bezüglich dieser Parameter beruhen zu wesentlichen Teilen auf [37] [127] und [128]. Tabelle 3.2-1 stellt die von [37] erhobenen Umsetzungswahrscheinlichkeiten von, den Eigentümern von Wohnobjekten bzw. Entscheidungsträgern, vorgeschlagene Maßnahmen dar. Des Weiteren führt [37] an: „Für haustechnische Maßnahmen wird es als noch unwahrscheinlicher angesehen, diese aus energetischen oder ökologischen Gründen vor dem Ende der Lebensdauer der Anlagen durchzuführen.“

Tabelle 3.2-1: Umsetzungswahrscheinlichkeiten von vorgeschlagenen Maßnahmen

Sanierungs- wahrscheinlichkeit von Maßnahmen	Bauperioden					
	vor 1918	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1981-1996	Mittel
	in %					
Mittel	14	17	6	11	13	12
Fassade	15	20	5	10	10	12
Decke	30	10	15	20	10	17
Kellerdecke	10	10	0	25	35	15
Fenster	35	55	0	10	10	21
Details	0	5	20	0	17	8
Kessel	0	13	0	17	0	6
Wärmeverteilung	11	13	9	0	11	9
Warmwasser	13	10	0	9	11	9

Quelle: [37]

Für die Bereiche elektrischen Verbraucher und des Verkehrs wird im Rahmen dieser Potentialanalysen die Annahme unterstellt, dass es zu keinem vorzeitigen Ersatz von Produkten kommt.

3.2.1 Maßnahmen im Bereich Raumwärme

Folgende, den Wärmebedarf der Wohngebäude und dem damit einhergehenden Energieverbrauch, betreffende Effizienzmaßnahmen werden im Rahmen von diesem Kapitel analysiert und dargestellt:

- Heizungstechnik: Umwälzpumpen, Heizkörperthermostate, zentrale Heizungsregelung und Dämmung von Warmwasserrohren
- Hocheffiziente Gebäudehülle im Neubau
- Brauchwassererzeugung: Einsatz von Luftwärmepumpen und Brennwertsysteme
- Raumheizungssysteme: Einsatz von Fernwärme, Wärmepumpen und Brennwertgeräte

3.2.1.1 Gebäudesanierung

Grundsätzlich werden im Rahmen dieser Arbeit nur thermisch relevante Gebäudesanierungen betrachtet. Diese werden im Weiteren in die folgenden Maßnahmengruppen unterteilt:

- **Einzelmaßnahme: Ersatz von Fenstern**
- **Einzelmaßnahme: Dämmung der Kellerdecke**
- **Einzelmaßnahme: Dämmung der obersten Geschoßdecke**
- **Einzelmaßnahme: Dämmung der Außenwände**
- **Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes**
- **Gesamtsanierung von Gebäuden**

Die Datengrundlage für die Potenzialermittlung liefert das Projekt [108]. Dieses wurde im Rahmen der Erstellung von energiewirtschaftlichen Inputparametern und Szenarien zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanismus durchgeführt. Die ambitioniert realistischen Obergrenzen für Sanierungstätigkeiten bis 2016 orientieren sich dabei an den Projektergebnissen des Szenarios WAM (with additional measures) für die Zeitperiode bis 2020. Dieses WAM Szenario berücksichtigt Maßnahmen die bereits implementiert bzw. geplant sind oder zumindest aufgrund von derzeitigen Ankündigungen hinsichtlich zukünftiger Maßnahmen als äußerst wahrscheinlich angesehen werden. Dabei wurde versucht, die diesbezüglichen Auswirkungen derzeitiger Politiken und Förderungen zu quantifizieren. Dieses WAM Szenario stellt somit keine Obergrenze für Einsparmaßnahmen bis 2020 dar. Die Annahme, dass die im WAM Szenario bis 2020 erzielbaren Einsparungen bereits im Jahr 2016 erreicht werden könnten, bedeutet eine Steigerung der Sanierungstätigkeiten gegenüber dem – aufgrund derzeitiger Politiken absehbarem – Niveau von mehr als zwei Drittel innerhalb der Periode 2010 - 2016. (Tabelle 3.2-2)

Tabelle 3.2-2. Spezifische energetische Einsparungen in kWh pro Jahr

	1-2 WE pro Gebäude			3-3+ WE pro Gebäude		
	-1945	1945-1970	1971-1980	-1945	1945-1970	1971-1980
Ersatz von Fenstern und Außentüren	3.600	3.600	3.600	1.440	1.440	1.440
Dämmung der Kellerdecke	3.000	5.800	3.000	1.200	2.320	1.200
Dämmung der obersten Geschoßdecke	3.467	2.800	3.467	1.387	1.120	1.387
Dämmung der Außenwände	12.867	15.667	12.867	5.147	6.267	5.147
Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes	19.000	23.867	19.000	7.600	9.547	7.600
Gesamtsanierung	22.267	27.067	22.267	8.907	10.827	8.907

Die unterschiedlichen Einzelmaßnahmen werden im selben Ausmaß durchgeführt, ebenso werden etwa gleich viele Wohneinheiten in kleinen Wohngebäuden (bis 2 WE pro Gebäude) wie in größeren Wohngebäuden durchgeführt. Insgesamt ergibt sich somit ein Einsparungspotential durch thermische Sanierungen von Wohngebäuden bis 2016 im Ausmaß von 6.700 GWh.

Tabelle 3.2-3: Energie-Einsparungspotential bis 2016 durch thermische Gebäudesanierungen

Maßnahme	Aktivität	Gesamteinsparung	
Einzelmaßnahmen			
BP: vor 1945	111 TSD. WE	445GWh	1.6PJ
BP: 1945 -1970	138 TSD. WE	671GWh	2.4PJ
BP: nach 1970	93 TSD. WE	373GWh	1.3PJ
Gesamt		1.489GWh	5.4PJ
Umfassende thermische Sanierungen			
BP: vor 1945	42 TSD. WE	553GWh	2.0PJ
BP: 1945 -1970	140 TSD. WE	2.338GWh	8.4PJ
BP: nach 1970	13 TSD. WE	176GWh	0.6PJ
Gesamt		3.067GWh	11.0PJ
Gesamtsanierungen			
BP: vor 1945	42 TSD. WE	648GWh	2.3PJ
BP: 1945 -1970	79 TSD. WE	1.495GWh	5.4PJ
BP: nach 1970	0 TSD. WE	0GWh	0.0PJ
Gesamt		2.143GWh	7.7PJ

3.2.1.2 Hocheffiziente Gebäudehülle im Neubau

Anzahl der Wohneinheiten nach Gebäudetyp

Nach Rücksprache mit der Statistik Austria musste festgestellt werden, dass keine aktuellen Daten über die Anzahl der Neubauten aufgegliedert nach Gebäudeart vorliegen. Die im Moment verfügbaren endgültigen Daten betreffen die Jahre 1992 bis 2002, wobei für das Jahr 2002 auch genauere Angaben über die Anzahl der Neubauten nach Gebäudetyp verfügbar sind. Im folgenden wird deshalb von den erteilten Baubewilligungen der Jahre 2005 - 2008 auf die Aktivität im Wohnungsneubau bis 2016 geschlossen, siehe Tabelle 3.2-4. Auf Basis dieser Zeitreihe können für die Berechnungen folgende Annahmen getroffen werden:

Pro Jahr werden im Wohnbau etwa 35.000 neue Wohnungseinheiten in Österreich errichtet. Dieses Aktivitätsniveau wird bis 2016 als konstant angenommen. Besonders zu beachten ist die in diesem Zusammenhang unterschiedliche Definition der Bruttogeschossflächen die für die Berechnung des HWB relevant und in Tabelle 3.2-4 (nach [221]) dargestellt ist. Im 1- und 2 Familienhausbereich sind lediglich 75% der in Tabelle 3.2-4 dargestellten Fläche HWB relevant und damit für die Berechnungen von Energieeinsparungen durch Verbesserungen an der Gebäudehülle heranzuziehen. Im Mehrfamilienhausbereich sind dies sogar nur etwa 65% der Fläche.

Tabelle 3.2-4: Bewilligte Wohnungen in neuen Wohngebäuden und Bruttogeschosßflächen neuer Gebäude (vorläufige Ergebnisse)

Baubewilligungen und Bruttogeschosßflächen im Wohnbau					
Gebäudeeigenschaft	2008	2007	2006	2005	1998 – 2002*
Anzahl der Wohnungen in neuen Wohngebäuden	30.806	35.316	38.885	35.828	35.051
mit 1 Wohnung	14.276	15.576	16.997	15.709	15.057
mit 2 oder mehr Wohnungen	6.529	19.740	21.888	20.119	20.709
Bruttogeschosßflächen** neuer Gebäude (in m²) in Wohngebäuden	5.890.963	6.502.321	6.960.116	6.510.909	-
mit 1 Wohnung	3.598.849	3.794.843	4.060.560	3.819.667	-
mit 2 oder mehr Wohnungen	2.292.115	2.707.478	2.899.557	2.691.242	-

Quelle: [221]

* ... Median

** ... Summe aller Geschosßflächen des Gebäudes inkl. Keller- und Privatgaragenflächen, Verkehrs- und Versorgungsflächen sowie Mauerwerksflächen.

Es werden demnach im Zeitraum 2008 bis 2016 etwa 41 Mio. m² (HWB-relevante) Bruttogeschosßfläche neu gebaut, dies entspricht ca. 320.000 neuen Wohneinheiten.

Von den in Tabelle 3.2-4 dargestellten Wohneinheiten entfallen jeweils etwa 50% auf 1- und 2 Familienwohnhäuser und auf Mehrfamilienwohnhäuser. Somit wird angenommen, dass jährlich 17.500 neue Wohnungen in 1- und 2 Familienwohnhäusern und 17.500 neue Wohnungen in Mehrfamilienwohnhäusern errichtet werden. In der Flächenbetrachtung bedeutet dies ein Neubauvolumen bis 2016 von 25,4 Mio. m² (HWB-relevante) Bruttogeschosßfläche bei 1- und 2 Familienwohnhäusern und 15,6 Mio. m² (HWB-relevante) Bruttogeschosßfläche bei Mehrfamilienwohnhäusern.

Bis zum Jahresende 2008 entsprachen in Österreich 270.000 m² Nutzfläche im Wohnbau dem Passivhausstandard [142]. Bei anhaltender steigender Nachfrage nach dieser Bauweise kann als realistische Obergrenze für das Jahr 2016 mit einer Nutzfläche von etwa 2 Mio. m² gerechnet werden. Dies entspricht etwa 5% der gesamten Bauaktivität im Wohnbaubereich bis 2016. Demnach werden etwa 95% der Wohnungsneubauten als Obergrenze für die Niedrigstenergiebauweise angenommen.

Als Potential zur anrechenbaren Einsparung im Jahr 2016 errechnen sich aus diesen Werten und jenen in Tabelle 3.1-78 folgende:

Tabelle 3.2-5: Einsparpotentiale durch die Gebäudehülle von Niedrigstenergie- und Passivhäusern

Potentiale anrechenbare Einsparungen ausschließlich durch die Gebäudehülle der jeweiligen Gebäudetypen (nicht der Gesamtobjekte inkl. Heizsystem und weiterer Haustechnik)		
	Niedrigstenergiehaus	Passivhaus
1- und 2 Familienhaus	1.315 GWh	95 GWh
Mehrfamilienhaus	226 GWh	25 GWh

3.2.1.3 Heiztechnik

3.2.1.3.1 Einsatz von effizienten Umwälzpumpen

Technologie

Bei den derzeit am häufigsten eingesetzten Technologien wird zwischen den nicht drehzahlgeregelten Asynchronmotoren in Spaltrohrbauweise und den seit Beginn der 1990er eingesetzten elektronisch drehzahlgeregelten Umwälzpumpen mit Asynchronmotoren unterschieden. Nach [118] liegt der Marktanteil der sehr ineffizienten ungeregelten Bauweise bei 70%.

Mit 2005 erfolgte die breite Markteinführung von hocheffizienten Umwälzpumpen mit Synchronmotoren anstelle der ineffizienteren Asynchronmotoren.

[262] schätzt, dass ca. 65% der Heizanlagen ohne „hydraulische Probleme“, unabhängig vom restlichen Heizungssystem mit neuen Pumpen nachgerüstet werden können. Diese sind vorwiegend durch Schraubverbindungen im Rohrsystem integriert. Neben den Kennwerten der Pumpe (Förderhöhe, Volumenstrom) sind Rohrdurchmesser und Baulänge der Pumpe die für den Einbau wesentlichen Kriterien. Der Austausch kann ohne weitere Baumaßnahmen erfolgen. Bei den restlichen Systemen (im Wesentlichen wandhängende Heizgeräte) muss vielfach ein Eingriff ins Heizgerät durchgeführt werden.

Potential an austauschbaren Einheiten

[118] gibt für Österreich im Jahr 2004 rund 2 Mio. Zentral- oder Etagenheizungen in Wohnungen sowie Wohnungen mit Fernwärmeanschluss an. Die Anzahl der Umwälzpumpen in Dienstleistungs- und Gewerbebauten wird in der zitierten Arbeit auf 700.000 Stück geschätzt. Die Hochrechnung der Ergebnisse der Wohnungserhebung im Mikrozensus [219] lässt auf 2,8 Mio. Wohneinheiten, die im Jahr 2007 durch Etagen-, Gebäudezentralheizungen oder durch Fernwärme beheizt wurden, schließen. Davon befinden sich 2,2 Mio. Wohneinheiten in Gebäuden, die vor 1990 errichtet wurden. Im „Strom- und Gastagebuch 2008“ [259] werden 2,1 Mio. Haushalte mit Umwälzpumpen („Beitragende Haushalte“) ausgewiesen. [118] gibt die derzeitige Installation von neuen Umwälzpumpen mit 250.000 Stück pro Jahr an.

Als Obergrenze für die, bis 2016 in Wohnungen mit Hauptwohnsitzen bzw. in Dienstleistungs- und Industriegebäuden austauschbaren Umwälzpumpen, werden die ungeregelten Umwälzpumpen mit Asynchronmotor herangezogen. Diese sind vorwiegend in Gebäuden, die vor 1990 errichtet wurden, eingebaut. Umwälzpumpen in Gebäuden, welche nach 1990 gebaut wurden, werden nicht berücksichtigt. Diese sind einerseits bereits wesentlich effizienter als solche die nicht geregelt sind. Andererseits erscheint ein vollständiger Austausch der älteren Modelle wenig plausibel, der Tausch von neueren Pumpen würde die nicht zu erreichenden Systeme kompensieren.

Das Potential an Wohnungen, bei welchen ein Austausch von Umwälzpumpen möglich ist, liegt damit bei 1,5 Mio. Wohneinheiten sowie 0,5 Mio. Pumpen im Gewerbe- und Dienstleistungsbereich. Dies bedeutet eine jährliche Tauschrate von 200.000 Wohnungsäquivalenten innerhalb des Betrachtungszeitraumes.

3.2.1.3.2 Einsatz einer zentralen Heizungsregelung

Die zugrunde liegenden Annahmen unterstellen, dass 75% der Kesseltausche mit einer zentralen Heizungsregelung und der damit verbundenen Optimierung des Wärmeverteilungssystems einhergehen. 3/4 der Gebäude, bei denen diese Maßnahme vorgenommen wird, entspricht einem sanierten Altbau, das verbleibende Viertel einem unsanierten Altbau.

3.2.1.3.3 Einsatz von Heizkörperthermostaten

Technologie

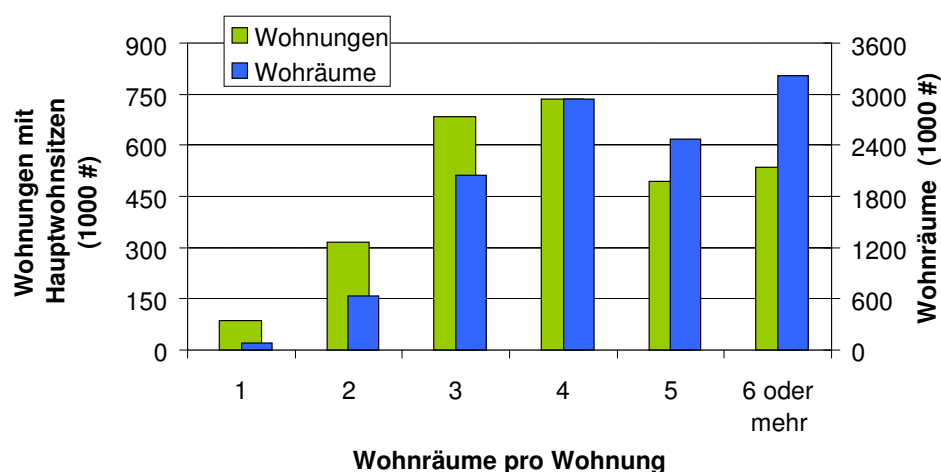
Der Austausch dieser Ventile erfordert Professionisten da das hydraulische System geöffnet werden muss. In der Regel sind bei der Verrohrung keine wesentlichen Änderungen durchzuführen, bestehende Absperrventile oder Rohrknien lassen sich durch thermostatische Radiatorventile ersetzen. In Deutschland sieht die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV, 1994, §7: Einrichtungen zur Steuerung und Regelung) vor, dass bis 31.12.1997 in allen Gebäuden (Bestand wie auch Neubau) heizungstechnische Anlagen mit „selbstständig wirkenden Einrichtung zur raumweisen Temperaturregelung auszustatten“ sind, sofern es sich nicht um Einzelheizgeräte mit festen oder flüssigen Brennstoffen handelt. In Österreich wurde bislang kein ähnliches normatives Instrument implementiert.

Potential an austauschbaren Ventilen

Bei der Berechnung des Potentials an austauschbaren Ventilen wird unterstellt, dass geregelte Heizkörperventile (Thermostatventile) nur in Wohnräumen zum Einsatz kommen. Als prinzipiell austauschbares Potential wird die Anzahl der Wohnräume in Wohnungen herangezogen, die folgenden Kriterien genügen:

- Errichtungszeitpunkt des Gebäudes liegt vor 1991
- Die Wohnung ist mit einem wohnungszentralen, wassergeführtem Heizungssystem ausgestattet.

Abbildung 3.2-1: Wohnungen und Wohnräume nach Wohnungsgröße



In Summe ergibt sich damit ein Potenzial von 2,8 Mio. Wohnungen bzw. 11,4 Mio. Wohnräumen, in welchen sich die bestehenden Ventile durch regelbare ersetzen lassen. Von diesem Potenzial ist die Anzahl der Wohneinheiten, bei denen eine zentrale Heizungsregelung installiert wird, abzuziehen. Damit reduziert sich das mögliche Potenzial auf 2,05 Mio. Wohneinheiten, bzw. 8,4 Mio. Wohnräume.

Um dies innerhalb der betrachteten Zeitperiode umsetzen zu können, wäre eine jährliche Tauschrate von 8% erforderlich. Die Tatsache, dass bei dieser Maßnahme das hydraulische System immer zu öffnen ist, wird als Hemmschwelle gewertet. Als realistische Obergrenze bis 2016 werden daher 50% des Potenzials herangezogen. Dadurch lassen sich innerhalb des betrachteten Zeithorizonts 1,03 Mio. Wohneinheiten, bzw. 4,2 Mio. Wohnräume mit thermischen Radiatorventilen nachrüsten.

3.2.1.3.4 Dämmung von Warmwasser- und Heizungsrohren

Technologie, Normen, Bestand

In Deutschland ist in der Energieeinsparverordnung (EnEV) (HeizAnIV, 1998) festgelegt, dass in bestehenden Gebäuden, sofern es sich nicht um Wohngebäude mit ein oder zwei Wohneinheiten handelt, zugängliche Wärmeverteilungs-, Warmwasserleitungen und Armaturen bis zum 31. Dezember 2006 nachträglich zu dämmen sind. Die einzuhaltende Mindestdicke der Dämmschicht (bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit des Rohres von 0,035 W/(mK) – entspricht der Leitfähigkeit von Kupfer) ist etwa bei einfachem Nenndurchmesser des Rohres einzuhalten⁶⁰.

In Österreich wurde in der OIB Richtlinie 6 die Einführung der in Tabelle 3.2-6 dargestellten Mindestdämmstärken vorgesehen.

Tabelle 3.2-6: OIB Richtlinie 6: Mindestdämmstärke

Art der Leitungen bzw. Armaturen	Mindestdämmdicke bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK)
Leitungen / Armaturen in nicht konditionierten Räumen	2/3 des Rohrdurchmessers, jedoch höchstens 100 mm
Bei Leitungen/Armaturen in Wand und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/3 des Rohrdurchmessers, jedoch höchstens 50 mm
Leitungen / Armaturen in konditionierten Räumen	1/3 des Rohrdurchmessers, jedoch höchstens 50 mm
Leitungen im Fußbodenaufbau	6 mm (kann entfallen bei Verlegung in der Trittschalldämmung bei Decken gegen <i>konditionierte</i> Räume)
Stichleitung	Keine Anforderungen

In der Studie OPTIMUS [125] wurden Potentiale für technische Optimierungen und Energieeinsparungen auf Basis von 92 Gebäuden in Deutschland erhoben. Bezüglich der Verrohrung von Warmwasserleitungen kam die Studie zum Ergebnis, dass sich diese generell in einem guten Dämmzustand befinden. Hingegen sind bei Heizungsrohrleitung nur 38 aus 65 Gebäuden (58%) entsprechend der derzeitigen Norm gedämmt, bei 21 Gebäuden (32%) lag die Dämmstärke im Bereich der halben Normvorgabe. Von den untersuchten

⁶⁰ Mindestens 20 mm, höchstens 100 mm

Gebäuden waren 6 mit nahezu ungedämmten Rohren ausgestattet.

Tabelle 3.2-7: Verluste des Verteilsystems bei unterschiedlichen Dämmstärken (DN=20 mm). Berechnung gemäß ÖNORM H 5056

Dämmstärke (bezogen auf DN)	Armaturen gedämmt	Trinkwasserbereitstellung		Heizung			
		Zirkulationsleitung		HWB (kWh/m².Jahr)			
		Ja	Nein	50	100	150	200
		(kWh/m Leitung Jahr ¹)					
0/3	Nein	309	51	83	100	110	116
1/3	Nein	181	38	46	55	60	65
2/3	Ja	130	32	31	38	41	44
3/3	Ja	115	31	27	32	36	38

1) exklusive Länge der Zirkulationsleitung

Außerhalb der beheizten Flächen sind 0,1 m Heizungsrohrleitung je m² Fläche mit mäßiger bis mittlerer Dämmung sowie 0,08 m Warmwasserrohrleitung je m² Fläche mit gutem Dämmzustand verlegt. Für die Berechnung dieser Verluste sowie deren Vermeidung ist neben der Dämmstärke – gegebenenfalls unter Berücksichtigung einer vorhandenen Zirkulation – die Länge der Rohrleitungen der relevante Parameter. [174] führt für Leitungslängen die in Tabelle 3.2-8 dargestellten Default Werte an.

Tabelle 3.2-8: Leitungslängen von Warmwasser-Rohrleitungen in Wohngebäuden. Quelle: Pech (Hrsg), 2007.

Art der Leitung	Leitungslänge
Verteilleitung Warmwasser	7+0,013 BF
Steigleitung Warmwasser	0,05 BF
Rücklauf-Verteilleitung Zirkulationsleitung	6+0,01 BF
Rücklauf-Steigleitung-Zirkulationsleitung	0,05 BF

Potential der Dämmung von Leitungen zur Warmwasserversorgung

Im Rahmen dieser Analyse werden nur Leitungen betrachtet, die sich ohne Maßnahmen an der Bausubstanz durchführen lassen. Bei Gebäuden die nach 1991 erbaut wurden, wird davon ausgegangen, dass innerhalb des betrachteten Zeithorizonts keine Maßnahmen am Wärmeverteilungssystem durchgeführt werden. Des Weiteren werden Gebäude, die nach 1990 mit einer zentralen Wärmeverteilung ausgestattet wurden, nicht berücksichtigt. Die Gebäude- und Wohnungszählung 2001 gibt dafür eine jährliche Rate von 1% bezogen auf den gesamten Wohnungsbestand an.

Folgende Annahmen werden bezüglich der Zugänglichkeit von Rohrleitungen getroffen.

- 20% der Steigleitungen in Mehrfamilienwohngebäuden, die nach 1945 errichtet wurden, sind ohne umfangreiche Baumaßnahmen zugänglich. Das heißt die Leitungen sind nicht unterputz, in großzügig angelegten Installationsschächten untergebracht. Gegebenenfalls muss jedoch die Verrohrung getauscht werden. Die Leitungslängen werden anhand der von [174] angeführten Richtwerte ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass 80% dieser Gebäude über eine Zirkulationsleitung verfügen [125].

- Zusätzlich kann die bestehende Verrohrung in Heizzentralen und in nicht beheizten Räumen von Gebäuden, die mit einem zentralen Warmwasserbereitstellungssystem ausgestattet sind, gedämmt werden. [125] ermittelt 0,08 m je m² Fläche die in unbeheizten Räumen verlegt wurden. Der allgemeine Zustand der Isolierung wurde mit gut bewertet. In Analogie zur ermittelten Verteilungen bei der Heizwärmeversorgung wird die Annahme unterstellt, dass 10% der Gebäude eine schlechte Isolierung (~1/6 DN) aufweisen. Daraus ergeben sich damit 0,008 m Warmwasserverrohrung je m² Gebäudewohnfläche bei welchen die Brauchwasserverrohrung isoliert werden kann.

Potential der Dämmung von Leitungen zur Raumwärmebereitstellung

Hier werden nur die Leitungen die außerhalb des beheizten Bereiches verlegt sind herangezogen. [125] führt 0,1 m Leitung in nicht konditionierten Bereichen pro Bruttogeschoßfläche an. Zur Berechnung wird die Annahme unterstellt, dass die Hälfte dieser Leitungen zugänglich sind, es werden die Potenziale ermittelt, die sich durch die Nachrüstung der nicht bzw. mittelmäßig gedämmten (50% DN) Leitungen heben lassen.

Potential an Gebäuden

Das Potential an anwendbaren Gebäuden ist in Tabelle 3.2-9 dargestellt.

Tabelle 3.2-9: Potential an Bruttogeschoßfläche, Wohneinheiten und Wohngebäuden zur Dämmung von Warmwasser- und Heizungsrohren.

	BGF (Mio. m ²)		Wohnungen (tds WE)		Gebäude (tds GE)	
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH
Vor 1919	31	23	231	285	196	32
1919-1945	14	11	120	157	104	19
1945-1960	29	15	203	200	169	22
1961-1971	34	22	246	267	203	25
1971-1981	42	23	270	259	234	22
1981-1991	39	17	239	186	215	20
Nach 1991	45	27	347	374	323	40
Zentrale Warmwasserversorgung, keine Maßnahmen an der Wärmeverteilung nach 1990						
	85	29	590	227	504	36
Anteil	36%	21%	36%	13%	35%	20%
Zentralheizung, keine Maßnahmen an der Wärmeverteilung nach 1990						
	95	29	657	351	564	35
Anteil	41%	21%	40%	20%	39%	20%

Berücksichtigung der möglichen Austauschrate innerhalb des betrachteten Zeithorizonts

Als Gesamtpotenzial der Wohngebäude, bei denen in den Heizzentralen bzw. im Heizräumen die Rohre der Warmwasserverteilung mit zusätzlicher Wärmedämmung ausstattbar sind, beläuft sich, bezogen auf den gesamten Bestand im Jahr 2006 auf 50% der Wohngebäude mit nicht mehr als 2 Wohneinheiten, bzw. 25% bei größeren Wohngebäuden. Um dieses Potenzial innerhalb des betrachteten Zeitraums umsetzen können, würde es einer jährlichen Sanierungsrate von 5% bzw. 2,5% benötigen. Verglichen dazu liegt die

derzeitige Kesseltauschrate in Österreich bei etwa 1,5% - 2%. Das Anbringen einer zusätzlichen Isolierung an frei liegenden Warmwasserrohrleitungen ist mit geringem Aufwand möglich. Professionisten sind dafür unter Umständen nicht nötig. Es wird die Annahme unterstellt, dass sich unter optimistischen Bedingungen das Potenzial zu 75% ausschöpfen ließe.

Das Anbringen einer zusätzlichen Isolierung an Steigleitungen in Geschoßwohnbauten ist mit einem vergleichsweise größeren Aufwand verbunden. Es wird die Annahme getätigt, dass bei 20% der in Betracht kommenden Objekte diese nicht unterputz verlegt sind. Eine Hebung des Potenzials innerhalb der Betrachtungsperiode bedeutet eine jährliche Sanierungsrate von 0,65% bezogen auf den Gesamtbestand. Die jährliche Rate der Gebäude die in Zeitperiode von 1990 – 2000 nachträglich mit einer zentralen Wärmeverteilung ausgestattet wurden liegt bei 1%. Unter optimistischen Bedingungen erscheint es plausibel, dass bei 75% der in Betracht kommenden Gebäude diese Maßnahme innerhalb der Zeitperiode bis 2016 durchgeführt wird.

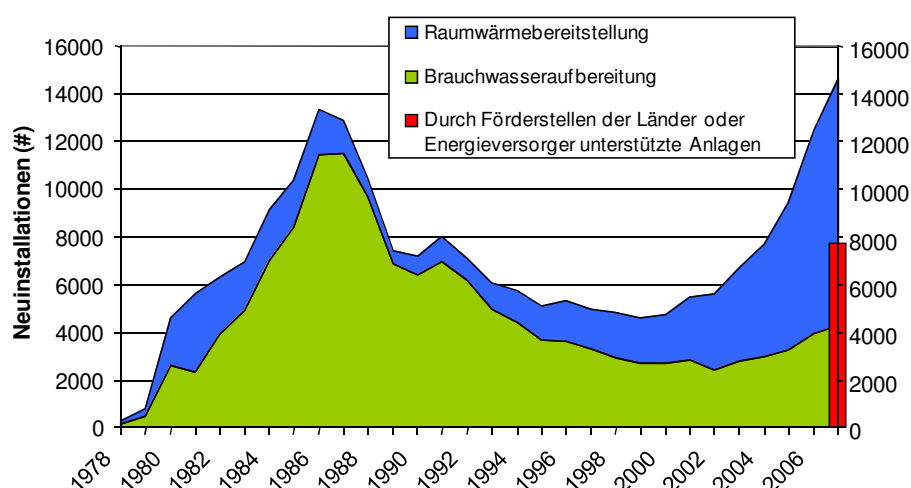
3.2.1.4 Brauchwasseraufbereitung

Alle hier betrachteten Optionen beschränken sich auf Gebäude die bereits mit einer zentralen Warmwasseraufbereitung ausgestattet sind. Bezüglich der Bauperiode der Gebäude wird unterstellt, dass alle Gebäude, die vor 1995 erbaut wurden, abzüglich solcher, bei denen seit 1995 ein Kesseltausch durchgeführt wurde, innerhalb der betrachteten Zeitperiode bis 2016 die Brauchwasseraufbereitung erneuern können.

3.2.1.4.1 Tausch von Boilern zur WW-Bereitung auf Luft-Wärmepumpen

Für die Warmwasserbereitung in Haushalten mit Wärmepumpen werden Kompaktgeräte (**Brauchwasser-Wärmepumpenspeicher**) verwendet. Bei größeren Anlagen werden Wärmepumpen mit getrennten Speichern eingesetzt. Im Allgemeinen wird Luft als Wärmequelle verwendet, wobei abwärmebelastete Luft – aus Lüftungsanlagen – besonders günstige Voraussetzungen für den Betrieb von Wärmepumpen bietet.

Die Installation von Wärmepumpen zur Brauchwasserbereitstellung boomte in Österreich besonders in der Zeit von 1985 – 1990. In den 1990er Jahren nahmen die jährlich in Betrieb genommenen Anlagen stetig ab. Mit dem Anstieg der Energiepreise in den Jahren 2004 – 2008 konnte erneut ein Marktwachstum beobachtet werden. 2008 lagen die Neuinstallationen laut Herstellerangaben im Bereich von 4.000 Anlagen pro Jahr. Derzeit befinden sich etwa 100.000 Wärmepumpen zur Brauchwasseraufbereitung in Betrieb.

Abbildung 3.2-2: Jährliche Installation von Wärmepumpen in Österreich

Quelle: [28]

Potential an Gebäuden, die mit Wärmepumpen zur Brauchwasseraufbereitung ausgestattet werden können

In der Studie werden Boiler kleiner oder gleich 200 Liter Wohngebäuden mit weniger als zwei Wohneinheiten zugeordnet, Boiler größer 200 Liter größeren Wohngebäuden. Es wird unterstellt, dass lediglich Gebäude die derzeit eine vorwiegend elektrische Brauchwasseraufbereitung installiert haben, Wärmepumpen zur Brauchwasseraufbereitung installieren. Bei Wohngebäuden mit mehr als 2 Wohneinheiten kommt als zusätzliche Restriktion hinzu, dass im Gebäude eine zentrale Warmwasseraufbereitung vorhanden sein muss.

In der Studie: „Strom und Gastagebuch 2008“ (Wegscheider-Pichler, 2009) wurden Haushalte bezüglich ihres Strom- und Gasverbrauches sowie deren Geräteausstattung befragt. Auf Basis einer Stichprobe von etwa 250 Wohneinheiten wurde auf 1.423.000 Haushalte, die ihre Warmwasseraufbereitung zumindest teilweise elektrisch durchführen, hochgerechnet. Davon erfolgt in etwa 950.000 Haushalten die Aufbereitung ausschließlich elektrisch. In der Datenbank des EEG⁶¹, werden für 2006 920.000 Haushalte mit vorwiegend elektrischer Warmwasseraufbereitung ausgewiesen. Davon befinden sich 386.000 Haushalte in Wohngebäuden mit mehr als 2 Wohneinheiten. Eine Aufschlüsselung wird in Tabelle 3.2-10 dargestellt.

Tabelle 3.2-10: Wohneinheiten mit elektrischer Heizung oder Warmwasseraufbereitung in Österreich 2008

	Warmwasseraufbereitung elektrisch	Davon Strom direkt	Zentrale Warmwasser-aufbereitung	Tausch des Warmwassersystems vor 1995
	(tds. WE)			
Kleine Wohngebäude	534	381	381	288
Wohngeb. mit 2+ WE	386	374	81	73

Quelle: [259]

⁶¹ Zeitreihe aufbauend auf Daten der Statistik Austria

3.2.1.4.2 Effiziente Brauchwassersysteme: Brennwertkessel

Bei dieser Maßnahme wird ebenfalls unterstellt, dass kein Umstieg auf andere Energieträger erfolgt. Das Potential das gehoben werden kann, ergibt sich aus den Wohneinheiten die zur Brauchwasseraufbereitung Öl, Flüssiggas oder Erdgas verwenden und deren Brauchwassersystem vor 1995 installiert wurde. Aus der Datenbank des EEG ergeben sich damit die in Tabelle 3.2-11 dargestellten Wohneinheiten, bei welchen ein Umstieg auf Brennwertkessel durchgeführt werden kann.

Tabelle 3.2-11: Warmwasserbereitstellung mit Erdgas und Erdöl

	Mit Erdgas oder Heizöl	Tausch des Warmwasser- systems vor 1995
	(tds. WE)	
Kleine Wohngebäude	778	470
Wohngeb. mit 2+ WE	769	502

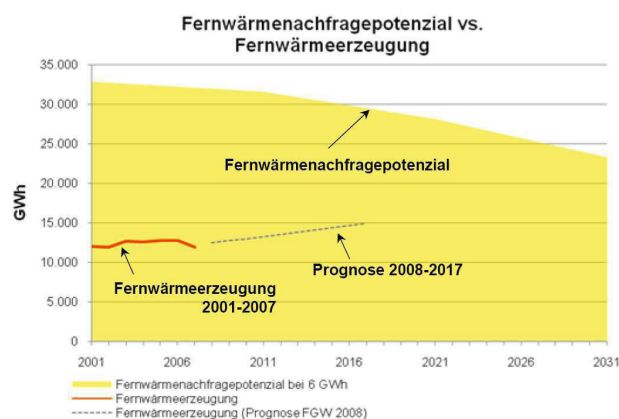
3.2.1.5 Effiziente Raumheizsysteme

Als Grundlage für Potenzialobergrenzen werden die Ergebnisse des Projektes „Energieszenarien bis 2020: Wärmebedarf der Kleinverbraucher“ [108] herangezogen.

3.2.1.5.1 Fernwärme und Biomassenahwärme

Bei [108] wurde für 2016 ein Anstieg der Fernwärme und Biomassenahwärmenachfrage von 13,7 TWh in 2006 auf 16,3 TWh in 2016 ermittelt. Diese Nachfrage liegt in einem ähnlichen Bereich wie die davon unabhängig durchgeführten Analysen im Rahmen des Ecoheat Projektes [25]. Dabei wurde für 2017 eine Nachfrageprognose von 15 TWh erstellt.

Abbildung 3.2-3: Fernwärmepotential und Nachfrageprognose



Quelle: [25]

Eine Aufschlüsselung der netzgebundenen Wärmenachfrage nach Biomasse und fossiler Wärmeerzeugung auf Basis von [108] sowie die korrespondierenden Wohneinheiten sind in Tabelle 3.2-12 dargestellt.

Tabelle 3.2-12: Realistische Obergrenzen netzgebundener Wärmenachfrage

		2006	2016
fossile Fernwärme	TJ	42580	47660
Biomasse	TJ	7000	9900
Anteil Wohngebäude fossil	%	56%	56%
Anteil Wohngebäude biogen	%	48%	45%
Wohneinheiten fossil	TSD. WE	585	660
Wohneinheiten biogen	TSD. WE	70	90

3.2.1.5.2 Wärmepumpen

Als Obergrenze für Wärmepumpen in 2016 werden die bei [108] bis 2020 installierten Anlagen herangezogen. Die entsprechenden Daten sind in Tabelle 3.2-13 dargestellt.

Tabelle 3.2-13: Unterstellte Obergrenzen für Wärmepumpen zur Raumwärmebereitstellung

		2006	2016
Alle Gebäude	TJ	3110	6610
Wohngebäude	TJ	2950	4900
Wohneinheiten mit Wärmepumpen zur Raumwärmebereitstellung	TSD. WE	60	160

3.2.1.5.3 Brennwertgeräte

Als Obergrenze für Brennwertgeräte wird die Anzahl der bei [108] bis zum Jahr 2020 ausgetauschten bzw. zusätzlich installierten gas- und ölbefeuerten Heizkessel herangezogen. Es wird unterstellt, dass ausschließlich Geräte mit Brennwerttechnik installiert werden. Daraus ergeben sich die in Tabelle 3.2-14 dargestellten Potenziale an Wohneinheiten, die sich bis 2016 mit Brennwertgeräten bestücken lassen.

Tabelle 3.2-14: Potential an zusätzliche Wohneinheiten die sich bis 2016 mit Brennwertgeräten beheizen lassen

	Wohneinheiten bis 2016 mit Brennwertgeräten bestückbar (TSD. WE)
Geschoßwohnbau	355
Ein- und Zweifamilienwohngebäude	265
Gesamt	620

3.2.1.6 Solarthermie

Zur Berechnung des Potenzials solarthermischer Anlagen werden diese in Anlagen zur reinen Brauchwasseraufbereitung sowie Kombianlagen unterschieden. 2008 wurden in Österreich 363.000 m² Kollektorfläche installiert ([28]). 62% der Fläche wurden in Kombianlagen installiert, 38% in Systemen zur reinen Brauchwassererwärmung. Bis 2016

wird ein Wachstumstrend bei den installierten Kollektorflächen von 20%p.a. unterstellt, was einen Anstieg um 5% gegenüber dem Wachstumstrend der Zeitperiode 2003-2008 entspricht. Dieses Szenario entspricht etwa dem mittleren Szenario: „Advanced market deployment“ der Studie [28].

Das Verhältnis zwischen Anlagen zur Brauchwassererwärmung und Kombianlagen wird zugunsten von Kombianlagen verschoben. Es wird unterstellt, dass in 2016 ausschließlich Kombianlagen installiert werden. Die durchschnittliche Anlagengröße von Brauchwasseranlagen beträgt 6 m² je Wohneinheit (410 kWh/m² Nutzenergieertrag) und 20 m² je Wohneinheit bei Kombianlagen (300 kWh/m² Nutzenergieertrag). Damit ergeben sich die in Tabelle 3.2-15 dargestellten jährlich installierten Flächen.

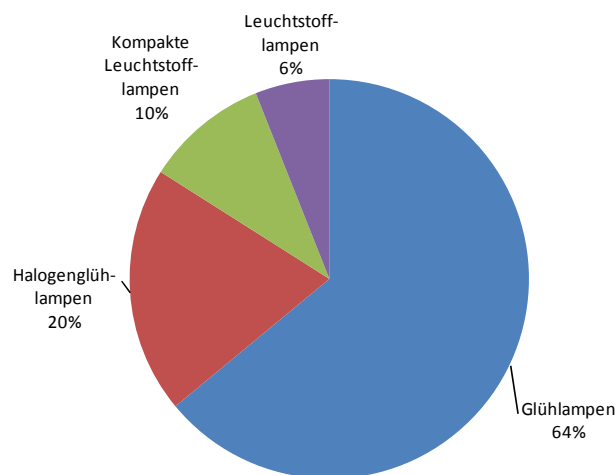
Tabelle 3.2-15: Potential an solarthermischen Anlagen.

	Neu installier t (1000 m ²)	Anlagen in Betrieb (Lebensdauer 25 Jahre) (1000 m ²)	Anteil Brauchwasser (%)	Anteil Kombisystem e (%)	Wohneinheite n mit Brauchwasser (1000 WE)	Wohneinheiten mit Kombianlagen (1000 WE)	Wohneinheite n Gesamt mit Solarthermie (1000 WE)
2007	290	3578	43	57	342	28	370
2008	363	3941	38	62	365	39	404
2009	436	4344	33	67	385	54	439
2010	523	4835	29	72	407	73	479
2011	627	5405	24	76	425	97	522
2012	753	6106	19	81	443	127	570
2013	903	6960	14	86	459	166	625
2014	1084	7962	10	91	467	215	682
2015	1300	9139	5	95	464	277	741
2016	1561	10560	0	100	448	355	803

3.2.2 Maßnahme bei elektrischen Geräten

3.2.2.1 Beleuchtung

Die Aufteilung des Bestandes von Leuchtkörpern in Haushalten wird von [191] auf Basis von Verkaufszahlen wie folgt geschätzt.

Abbildung 3.2-4: Prozentuelle Anteile des Lampenbestands in Österreich im Haushaltssektor

Quelle: [191]

Die Anzahl der Lichtpunkte pro Haushalt wird von [236]⁶² mit 26 angeführt. Davon weißt ein signifikanter Anteil geringe jährliche Brenndauern und damit einen geringen Energiebedarf auf (vgl. dazu [237]).

In der hier vorliegenden Arbeit wird die Anzahl der Lichtpunkte im Jahr 2005 mit 15 Lichtpunkten pro Hauptwohnsitz angenommen (davon 14 ineffizient⁶³). Unter Berücksichtigung der Steigerungsraten von Wohnsitzen [219] wird von einem Anstieg der Beleuchtungskörper um 2% p.a. ausgegangen. Angesichts des historisch beobachtbaren Trends der steigenden Marktanteile von Halogenlampen wird unterstellt, dass der Anstieg an Beleuchtungskörpern durch zusätzlich installierte Halogenlampen gedeckt wird.

Bei der Berechnung der Potentiale wird angenommen, dass sich aufgrund der geringen Lebensdauern von Glüh- und (Hochvolt-) Halogenlampen bis 2016 alle ineffizienten Beleuchtungskörper ersetzen lassen. Damit ergeben sich die in Tabelle 3.2-16 dargestellten jährlichen Potentiale an austauschbaren Lichtpunkten.

⁶² Lot 19: Domestic lighting, Part 1 - Non-Directional Light Sources

⁶³ vgl. dazu [236], REMODECE survey: Deutschland, Frankreich, UK und Belgien: 18-23 Lichtpunkte ohne CFLs ("Energiesparlampen")

Tabelle 3.2-16: Potential an austauschbaren Beleuchtungskörpern bis 2016

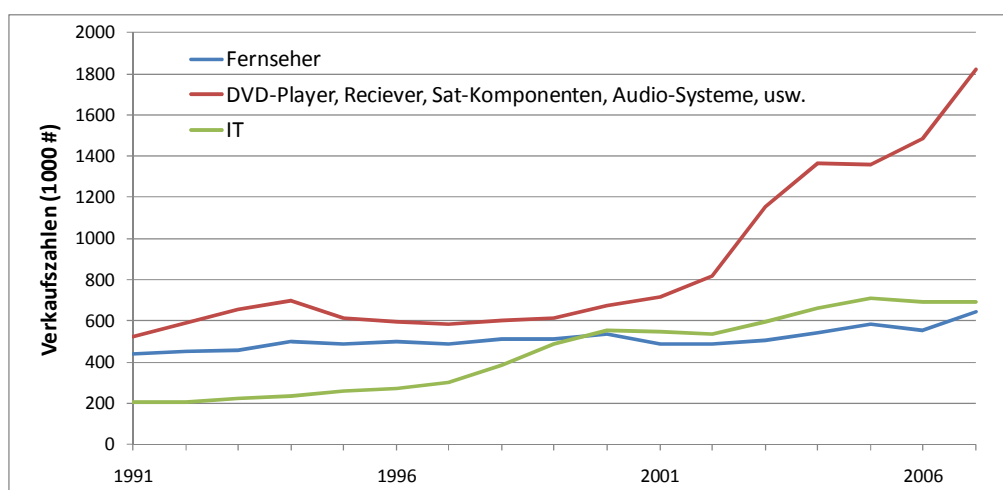
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009 - 2016
Glühlampen -> CFL (in Mio. Stück)									
aktueller Bestand 32,52									
Austauschrate	10%	20%	30%	20%	10%	5%	5%	0%	
Jährlicher Austausch	3.25	6.50	9.76	6.50	3.25	1.63	1.63	0.0	32.5
Halogen -> Halogen IRC									
aktueller Bestand 13,85									
Austauschrate	15%	20%	20%	25%	25%	25%	20%	10%	
Jährlicher Austausch	3.32	4.43	4.43	5.54	5.54	5.54	4.43	2.22	22.2
Leuchtstoffröhren -> 3-Banden									
aktueller Bestand 3,05; davon sind heute bereits ca. 20% 3-Banden Leuchtstoffröhren									
Austauschrate	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
Jährlicher Austausch	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	2.4

3.2.2.2 Reduktion des Stand-by Verbrauches in Haushalten

Untersucht werden die Einsparpotentiale durch Vermeidung des Stand-by Verbrauches von Haushaltsgeräten. Die Potentialanalyse orientiert sich dabei an den am meist verbreiteten Stand-by Verbrauchern:

- Fernseher und anderen audiovisuellen Anlagen inklusive Zubehör
- Audiosystemen
- IT Systemen in Haushalten

Abbildung 3.2-5: Stückzahlen von verkauften Geräten in Österreich



Quelle: [11]

Der Ausstattungsgrad von Haushalten ist in den vergangenen Jahren mitunter stark gestiegen (Abbildung 3.2-5). Insbesondere der Bereich des Zubehörs von Fernsehern hat sich in den letzten 10 Jahren verdreifacht. Bei der Berechnung des Einsparpotentials wird davon ausgegangen, dass sich der Stand-by Verbrauch flächendeckend nicht durch Benutzeränderung (Trennung des Gerätes vom Netz wenn dieses nicht benutzt wird) erreicht

werden kann, sondern den Austausch der Geräte erfordert. Damit kommt den Lebensdauern dieser Geräte eine entscheidende Bedeutung zu, die ja ein charakteristisches Merkmal für die Bestandsumwälzung darstellen. Für Fernseher wird in den EUP Richtlinien eine durchschnittliche Lebensdauer von 10 Jahren ermittelt. Bei IT-Systemen liegt diese Kennzahl im Bereich von 5 Jahren, Audiosysteme weisen eine Lebensdauer von etwa 10-15 Jahren auf ([163], [152]). In den nachfolgenden Analysen wird von einer durchschnittlichen Lebensdauer von Stand-by verursachenden Geräten in Haushalten von 10 Jahren ausgegangen. Von vorzeitigem Austausch der Geräte wird abgesehen. Das bedeutet, dass Haushalte innerhalb von 10 Jahren deren Stand-by-Verbrauch durch den Austausch der Geräte auf solche, die diesen Verlust nicht aufweisen, auf ein Minimum reduzieren könnten. Bei dem hier gewählten Betrachtungszeitraum bis 2016, ließen sich somit etwa 70% der Haushalte vollständig umrüsten. Ausgehend von 3.548.352 Haushalten im Jahre 2008 ([259]) beträgt das Potential an Stand-by minimierten Haushalten in 2016 etwa 2.500.000.

Tabelle 3.2-17: Potential an Haushalten die den Stand-by Verlust bis 2016 reduzieren können.

Haushalte gesamt, 2008 (1000 #)	Haushalte, Stand-by reduziert 2016 (1000 #)
3.548	2.484

3.2.2.3 Einsatz effizienter Weißware in Haushalten

Betrachtet werden die folgenden Haushaltsgeräte:

- Wäschetrockner
- Kühlschränke
- Gefriertruhen/Schränke
- Geschirrspüler
- Waschmaschinen

Auch hier wird davon ausgegangen, dass im Wesentlichen kein vorzeitiger Austausch der Geräte stattfindet, sondern dass die Geräte erst nach Erreichen der Lebensdauer ausgetauscht werden. Die grundlegende Annahme ist somit die, dass sich der Bestand, der 2008 älter als 5 Jahre war, innerhalb des Zeithorizonts bis 2016 gegen effiziente Geräte austauschen lässt. Als Grundlage für die in der Tabelle ausgewiesenen Zahlen dienen [11], [259] und die entsprechenden vorbereitenden (EuP) Studien zur Eco-Design Richtlinie. Ein zusätzliches Potenzial ergibt sich bei einem steigenden Bestand. Die jährlichen Anstiege der Verkaufszahlen der einzelnen Produkte wurden von [11] entnommen und stellen die Trendentwicklung von 1991-2008 dar. Auf Basis einer Fortschreibung der Wachstumsraten wurden die zusätzlichen Potenziale durch eine Bestandserweiterung berechnet.

Tabelle 3.2-18: Bestand von ausgewählten Haushalts-Elektrogeräten in Österreich

	Bestand 2008 (Mio. #)	Anteil der Geräte älter als 5 Jahre	Anteil effizienter Geräte am Verkauf 2006-2008	Jährliches Wachstum der Verkäufe (Trend 1991 – 2008)
Wäschetrockner	0,48	52%	7% (A+)	3%
Kühlschränke	4,08	73%	25% (A+)	1%
Gefriergeräte	2,09	76%	33% (A+)	0%
Geschirrspüler	3,62	64%	90% (A)	2%
Waschmaschine n	3,19	65%	35% (A+)	1%

Die sich ergebende Geräteanzahl bei welchen sich Einsparpotentiale erheben lassen, sind in Tabelle 3.2-19 dargestellt.

Tabelle 3.2-19: Potential an installierbaren effizienten Geräten bis 2016

	Austauschbarer Bestand bis 2016 (Mio. #)	Zusätzliche Neugeräte (Mio. #)
Wäschetrockner	0,25	0,09
Kühlschränke	2,98	0,12
Gefriertruhen	1,59	0,0
Geschirrspüler	2,32	0,17
Waschmaschinen	2,07	0,12

3.2.3 Maßnahmen im Bereich des Personenverkehrs

Im Rahmen von diesem Kapitel wird der Personenverkehr behandelt. Es werden die folgenden Maßnahmen untersucht:

- Einsatz von alternativen Antriebssystemen: Hybrid-Technologie
- Einsatz von Fahrzeugen mit Erdgasantriebe
- Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel durch Forcierung der solchen

3.2.3.1 Einsatz von Hybridantrieben und Fahrzeugen mit Erdgasantrieben

Methode

Der Berechnung der Energieeinsparungspotenziale durch Forcierung von alternativen Antrieben und Kraftstoffe liegt ein am EEG entwickeltes Bottom-Up Modell des österreichischen PKW Bestandes zu Grunde. Dieses wurde im Rahmen eines Projekts entwickelt, das im Förderprogramm A3plus durch das BMVIT finanziert wurde: „*Entwicklung von Szenarien der Verbreitung von PKW mit teil- und voll-elektrifiziertem Antriebsstrang unter verschiedenen politischen Rahmenbedingungen ELEKTRA*“. Das Modell wurde in Zusammenarbeit mit Joanneum Research und AVL List erstellt und beinhaltet eine technische, ökologische und wirtschaftliche Bewertung von Antriebssystemen mit

unterschiedlichem Grad der Elektrifizierung.⁶⁴

Anhand statistischer Daten wurde die PKW Flotte in Österreich abgebildet. Des Weiteren sind der spezifische Verbrauch und die jährliche Fahrleistung der Fahrzeuge im Modell erfasst, wodurch sich sowohl der Energieverbrauch als auch die Treibhausgasemissionen für die gesamte Flotte ermitteln lassen. Hierbei wird innerhalb des Fahrzeugbestandes zwischen verschiedenen Antriebstechnologien unterschieden. Neben den konventionellen Otto- und Diesel Antrieben sind auch alternative Antriebssysteme erfasst. In den Szenarien lässt sich daher die zukünftige Verbreitung verschiedener alternativer Antriebssysteme simulieren. Dabei wird grundsätzlich angenommen, dass die Verbreitung von Antriebssystemen primär von deren wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit abhängig ist. Die entsprechenden Elastizitäten sind anhand historischer Neuzulassungen geschätzt. Im Modell werden die Gesamtkosten für sämtliche verfügbare Antriebssysteme dynamisch ermittelt und gegenübergestellt. Aus der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit der Antriebe, ausgedrückt in Kosten pro Kilometer, werden deren jährliche Marktanteile abgebildet. Dabei wird angenommen, dass es innerhalb der Käufergruppen unterschiedliche Niveaus der Zahlungsbereitschaft gibt, wodurch auch weniger wirtschaftliche Optionen gewisse Marktanteile erlangen. Des Weiteren sind Diffusionsbarrieren berücksichtigt, welche sich durch mangelnde Verfügbarkeit der Technologie oder mangelnde Auswahl an Modellen für die Antriebstechnologie, sowie Einschränkungen bei der Infrastruktur (z.B. bei CNG- oder E-Fahrzeugen) ergeben. Aus den so ermittelten jährlichen Neuzulassungen wird die Entwicklung des Fahrzeugbestandes abgeleitet.

Potentiale

In der Folge werden die Ergebnisse eines Förderszenarios dargestellt, aus dem sich Potenziale für die Verbreitung der Antriebssysteme bis 2016 dargestellt sind. Die wesentliche Grundlage dieses Szenarios ist eine einmalige Förderung für Hybrid- und Erdgasfahrzeuge von 750 € pro Erstzulassung.

⁶⁴ Weitere Informationen finden sich auf der Seite:
http://verkehrstechnologien.at/elek-tra/_/prog46/project616

Tabelle 3.2-20: Gegenüberstellung der österreichischen Zulassungen im Basisszenario bzw. Förderszenario.**Basisszenario: Neuzulassungen**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
VKM-Benzin / Diesel	221,114	172,984	146,943	113,942	94,443	80,323	68,710
VKM-CNG	33,455	36,193	37,307	47,156	52,411	55,291	57,764
Micro-Hyb.-Benzin/Diesel	32,789	65,058	87,032	103,012	112,195	119,556	124,695
Hybrid Fahrzeuge + Elektrofahrzeuge	12,642	30,473	43,587	53,732	62,283	69,235	76,514
Hybrid Fahrzeuge (Otto Voll-Hybrid Äquivalente)	17,590	40,634	56,861	70,248	79,923	87,959	96,177

Förderszenario: Neuzulassungen

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
VKM-Benzin / Diesel	193,266	142,555	119,418	79,914	62,177	50,920	42,122
VKM-CNG	56,843	53,792	52,044	69,987	76,938	79,824	81,957
Micro-Hyb.-Benzin/Diesel	29,572	64,111	84,968	99,567	106,615	111,357	114,983
Hybrid Fahrzeuge + Elektrofahrzeuge	20,319	44,251	60,029	70,713	80,401	88,135	94,994
Hybrid Fahrzeuge (Otto Voll-Hybrid Äquivalente)	21,647	50,261	68,189	82,345	92,451	100,353	108,150

Differenz Hybrid Fahrzeuge (Otto Äquiv.)	4,057	9,627	11,328	12,097	12,528	12,394	11,974
Differenz kumulativ	4,057	13,684	25,012	37,109	49,637	62,031	74,005

Differenz Erdgas Fahrzeuge	23,388	17,598	14,737	22,831	24,528	24,533	24,193
Differenz kumulativ	23,388	40,986	55,723	78,554	103,082	127,614	151,808

Die Anzahl der neu zugelassenen Hybridfahrzeuge steigt im Förderszenario auf etwa 95.000 Fahrzeuge im Jahr 2016. Gegenüber dem Basisszenario, welches keine Förderungen integriert hat, ergibt sich somit ein Anstieg um etwa 18.000 Fahrzeuge. Allerdings werden nicht nur konventionelle Antriebe, sondern auch Micro-Hybrids verdrängt, wodurch die Einsparpotenziale etwas kompensiert werden. Werden alle Hybridfahrzeuge, gemäß deren Einsparung gegenüber dem konventionellen Antriebsstrang, in Ottomotor Voll-Hybride umgerechnet und aufsummiert, ergibt das dargestellte Szenario zusätzliche 74.000 (Otto Voll-hybrid Äquivalente) Hybridfahrzeuge innerhalb des Zeitraumes von 2010 bis 2016.

Erdgasfahrzeuge werden im Szenario stärker ausgebaut. Im Förderszenario werden pro Jahr etwa 67.000 Fahrzeuge neu zugelassen. Innerhalb des Betrachtungszeitraumes bewirken die Fördermaßnahmen eine zusätzliche Zulassung von etwa 152.000 Erdgasfahrzeugen.

Tabelle 3.2-21: Zusätzliche Fahrzeugzulassungen im Förderszenario

	Zusätzliche Zulassungen [Fahrzeuge]
Hybridfahrzeuge	74.005
Erdgasfahrzeuge	151.808

3.2.3.2 Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel

Die Einsparpotenziale einer forcierten Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln orientieren sich an veröffentlichten Verkehrsstrategien der Bundesländer: Wien, Oberösterreich und Vorarlberg. Ein einfaches Verkehrsleistungsmodell wird dazu verwendet, ein Szenario zu erstellen, welches an die in den Verkehrsstrategien skizzierten Ziele angelehnt ist und es erlaubt, diese Ziele unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten auf Österreich umzulegen.

Als wesentliche Datengrundlagen wurden die folgenden Publikationen verwendet:

- Verkehr in Zahlen Publikationsserie [34]
- Verkehrsstrategien der Bundesländerländer⁶⁵
- Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich 2005 (ÖROK) und ÖROK-Atlas

Tabelle 3.2-22: Trendentwicklungen und Szenarien der Bundesländer für den öffentlichen Verkehr

Szenario	Ausgangsjahr	Mobilitätsnachfrage ÖPV	Zieljahr	Mobilitätsnach- frage ÖPV
Niederösterreich Trend	2003	15,27 Pkm/Tag	2020	13,99 Pkm/Tag
Oberösterreich Trend	2001	13% Wegeanteil	2021	10% Wegeanteil
Oberösterreich Ziel	2001	13% Wegeanteil	2021	15% Wegeanteil
Vorarlberg Ziel	2003	6,1 Pkm/Tag	2015	7,1 Pkm/Tag
Wien Ziel	2000	34% Wegeanteil	2020	40% Wegeanteil

Quelle: [153], [251], [234], [116]

Methode

Zur Berechnung der Potenziale wurde die folgende Methode angewendet:

1. Auswertung regionaler Erreichbarkeiten auf Basis der ÖROK Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich 2005:

- Vergleich der Erreichbarkeit von MIV und ÖPNRV.
- Berechnung auf Gemeindeebene: Anteile der Bevölkerung die regionale (ZO3) und überregionale (ZO5) Zentren innerhalb von 6 Zeitklassen erreichen.

Diese Analysen stellen die Basis für die regionalen Fahrzeitenunterschiede zwischen motorisiertem Individualverkehr und öffentlichen Personenverkehr dar. Dieser Einwohner gewichtete Indikator, wird als Approximation für die Attraktivität von öffentlichen Verkehrsmitteln in einer bestimmten Region herangezogen.

2. Modal-Split und Verkehrsleistungen

- Auf Basis der Hintergrunddaten zu den Verkehrsstrategien der Länder (Vorarlberg, Niederösterreich, Oberösterreich, Wien und Steiermark) sowie den Verkehrsstatistiken des BMVIT (Verkehr in Zahlen – Publikationsreihe) wird ein Modell für die Verkehrsleistungen nach Weglängen, Verkehrsmittel und zwei Modellregionen: Ballungszentren und ländlicher Raum erstellt. Als Unterscheidungskriterium für die Modellregionen die Einwohneranzahl pro Gemeinde (Trenngröße: 10.000 Einwohner 2006).
- Das Modal-Split unterscheidet zwischen Fußgängern, Fahrrad, MIV Fahrer, MIV Beifahrer und öffentlichem Personenverkehr und 6 unterschiedlichen Wegstrecken.

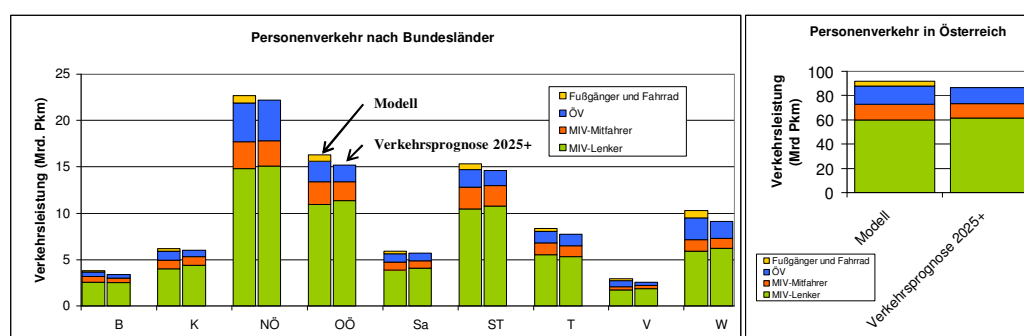
⁶⁵ [153], [251], [234], [116]

Tabelle 3.2-23: Aufteilung von Weganteilen und Verkehrsmitteln

Streckenlänge (km)	Weghäufigkeit	zu Fuß	Fahrrad	MIV-L	MIV-M	ÖPV
Ländlicher Raum						
> 50	2%			62%	22%	16%
20 - 50	11%			70%	16%	14%
10 - 20	17%		2%	71%	14%	13%
5 - 10	23%	2%	5%	68%	14%	11%
2,5 - 5	24%	5%	10%	64%	12%	9%
1 - 2,5	12%	25%	15%	43%	10%	7%
0,5 - 1	6%	45%	15%	32%	7%	1%
bis 0,5	1%	80%	12%	6%	2%	
Ballungszentren						
> 50	1%			57%	21%	22%
20 - 50	5%			66%	15%	19%
10 - 20	10%		2%	66%	13%	19%
5 - 10	27%	2%	5%	60%	14%	19%
2,5 - 5	27%	6%	10%	35%	3%	47%
1 - 2,5	16%	24%	15%	24%	2%	35%
0,5 - 1	11%	45%	15%	13%	2%	25%
bis 0,5	3%	78%	12%	2%	1%	7%

Einen Vergleich der so ermittelten Verkehrsleistungen mit denen der Verkehrsprognose 2025+ zeigt die nachfolgende Abbildung.

Abbildung 3.2-6: Gegenüberstellung von Verkehrsleistungen nach Bundesländern: Verwendetes Modell versus Verkehrsprognose 2025+



3. Folgende Annahmen über die Anteile die zusätzlich vom öffentlichen Personenverkehr übernommen werden können, liegen der Berechnung der Potenziale zu Grunde.

■ Annahme 1:

Kurzstrecken bis 10 km: In Ballungszentren kann der ÖPNV auf Strecken bis 10 km den Anteil an Fahrten um + 25% steigern, der MIV darf dabei um nicht mehr als 25% reduziert werden. Daraus ergibt sich der Anstieg wie in Tabelle 3.2-24 dargestellt. Wenn kein Zeitunterschied nach den Erreichbarkeitsverhältnissen ($\text{ÖPNRV} / \text{MIV} = 1$) gegeben ist, kann der ÖPNV im ländlichen Raum auf Strecken von 5-10 km dessen Anteil um +15% steigern. Ist die Fahrtendauer mit öffentlichen Verkehrsmittel doppelt

so hoch wie mit MIV ($\text{ÖPNRV} / \text{MIV} = 2$), bleibt der Anteil des ÖPRV auf diesen Strecken konstant. Zwischen diesen Grenzwerten wird linear interpoliert

Tabelle 3.2-24: Annahmen zur Entwicklung des ÖPNV

Streckenlänge (km)	Relativer Anstieg des ÖPNV	Relativer Anstieg des ÖPNV
	Ballungszentren	Ländlicher Raum
5 - 10	25%	15% ¹⁾
2,5 - 5	20%	
1 - 2,5	19%	
0,5 - 1	15%	
bis 0,5	11%	

¹⁾ Wenn Fahrzeit zu Ballungszentren mit den ÖPNV nicht höher als mit MIV ist

- Annahme 2: Strecken ab 10 km.

Wenn kein Zeitunterschied nach den Erreichbarkeitsverhältnissen ($\text{ÖPNRV} / \text{MIV} = 1$) gegeben ist, dann kann der ÖPRV dessen Anteil um 30 % im ländlichen Raum und 20 % in Ballungszentren steigern. Ist die Fahrtendauer mit öffentlichen Verkehrsmittel doppelt so hoch wie mit MIV ($\text{ÖPNRV} / \text{MIV} = 2$), bleibt der Anteil des ÖPRV auf diesen Strecken konstant. Zwischen diesen Grenzwerten wird linear interpoliert.

- Als Basisszenario wird der derzeitige Anteil des ÖPNRVs fortgeschrieben.

Ergebnisse: Anstieg des Öffentlichen Personenverkehrs in Österreich bis 2016

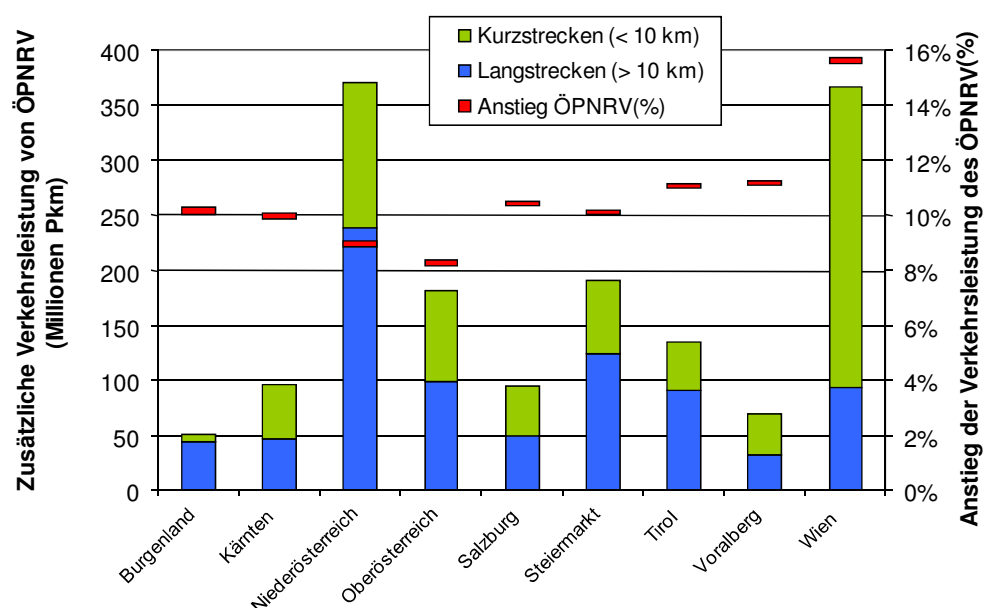
Die dargestellten Annahmen führen zu einem Anstieg der Verkehrsleistung des ÖPNRV um 1550 Mio. Pkm (10,4%) im Jahr 2016. Dabei steigert sich die Verkehrsleistung in Ballungszentren auf Kurzstrecken um 37%, im ländlichen Raum um 3,4%

Tabelle 3.2-25: Anstieg des ÖPNRV im dargestellten Szenario

	Anstieg Langstrecke	Anstieg Kurzstrecke
	%rel (Basis 2005)	
Ballungsräume	10.8%	37.1%
Ländliche Räume	8.9%	3.4%

Die Aufteilung nach Bundesländern zeigt Abbildung 3.2-7.

Abbildung 3.2-7: Anstieg des ÖPNV nach Bundesländern und Streckenlänge.



In Ballungszentren wird der Anstieg bei Kurzstrecken zu 2/3 dem elektrischen Personennahverkehr zugeordnet⁶⁶, das verbleibende Drittel Bussen. Im ländlichen Raum werden die zusätzlichen Anteile auf Kurzstrecken vollständig den Bussen zugeschrieben. Der Anstieg auf Strecken größer 10 km wird je zur Hälfte dem Schienenverkehr bzw. Bussen angerechnet.

Tabelle 3.2-26: Zuordnung der zusätzlichen Verkehrsleistung

Verkehrsmittel	Langstrecken	Kurzstrecken	Energetische Einsparung ¹⁾
	Zusätzliche Verkehrsleistung bezogen auf 2005 (Mill. Pkm)		(GWh)
Bus	408.6	509.6	358
Schienenverkehr	408.6	228.3	269
	Gesamt		628

¹⁾ **Spezifische Einsparungen:**

Elektrischer PNV: 0,5 kWh/Pkm

Elektrischer PRFV (Bahn): 0.38 kWh/Pkm

Autobus: 0,37 kWh/Pkm

Diese Ergebnisse vergleichen sich mit den in Tabelle 3.2-26 dargestellten Ziel-Szenarienwerten wie folgt:

- Oberösterreich: Anstieg der Wege ÖPNV um 9,8% bis 2016 versus 15% Strategie bis 2021.
- Vorarlberg: Anstieg der Verkehrsleistung um 11,1% bis 2016 versus 16% aus dem Strategiepapier bis 2020
- Wien: Anstieg des Wegeanteils um 18,9% bis 2016 gegenüber eines Anstieges um 15,5 % bis 2020 sowie einer Anhebung der Verkehrsmittelaufteilung im Stadtgrenzen

⁶⁶ Bezogen auf die Einwohnerzahl ist etwa 2/3 der Ballungsräume mit elektrischen Personennahverkehrsmitteln ausgestattet.

überschreitenden Verkehr zwischen öffentlichem Verkehr und motorisiertem Individualverkehr von 35% auf 65 % , bzw. 45% auf 55 % bis 2020 aus dem Strategiepapier.

Der Anteil der Verkehrsleistung steigt unter den von uns gewählten Annahmen um 15,5 %.

4 Maßnahmen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor (Wirkung, Kosten und Einsparpotentiale)

4.1 Methodische Unterschiede zur Bewertung von Maßnahmen im Haushalt

Die Bewertung der Energieeffizienz-Maßnahmen im Bereich der Sachgüterproduktion und des Dienstleistungssektors unterscheidet sich methodisch wesentlich von jenen im Bereich der Haushalte. Die methodischen Unterschiede bei der Analyse dieser Sektoren entstehen vor allem durch die große Heterogenität der betrachteten Einheiten. Haushalte weisen bei gleichen Anwendungen ein vergleichsweise homogenes Verbrauchsprofil auf und deshalb konnten die Analysen des vorangegangenen Kapitels auf Basis eines Referenz- oder Standardhaushaltes durchgeführt werden. Im Bereich der hier analysierten Sektoren macht die große Heterogenität die Entwicklung von Standardverbrauchsprofilen unmöglich. Dies gilt nicht nur für die energetischen Einsparungen, die bei der Durchführung nachfolgender Maßnahmen in Betrieben und im öff. Dienst erzielt werden können, sondern auch für die Kosten dieser Maßnahmen und damit letztendlich auch die monetären Einsparungen. In diesem Zusammenhang haben sich die Autoren im Bereich von Industrie und Dienstleistungssektor für eine Top-down Betrachtung der Maßnahmen entschieden und nicht wie im Haushaltsbereich für eine Bottom-up Analyse.

Dies hat zur Folge, dass als Ergebnis nicht die energetischen Einsparungen pro durchgeführter Maßnahme beschrieben werden, sondern unmittelbar die Potentiale für ganz Österreich. Auf Seiten der Kosten werden die durchschnittlichen Kosten je Reduktion des jährlichen Verbrauchs um 1 kWh ermittelt. Zusammen mit den jeweiligen Energieträgerkosten können damit dieselben ökonomischen Analysen wie im Bereich der Haushalte durchgeführt werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Bewertung von Energieeffizienz-Maßnahmen sind die angenommenen Energiepreise. Während diese im Haushaltssektor relativ homogen für alle Marktteilnehmer sind, sind die Unterschiede im Bereich von Großkunden häufig gravierend. Für die Analysen dieser Arbeit wurde versucht Preise zu verwenden, die einen guten Mix der in diesem Sektor relevanten Preise ausmachen. Im Folgenden werden deshalb die Preise - wie in Tabelle 4.1-1 dargestellt - verwendet.

Eine weitere Einschränkung bzgl. der betriebswirtschaftlichen Analysen der im Folgenden beschriebenen Energieeffizienz-Maßnahmen ist die Tatsache, dass die Datenqualität und vor allem die Datenverfügbarkeit nicht zufriedenstellend sind. Die Autoren sehen sich deshalb häufig gezwungen restriktive Annahmen und sehr kleine Stichproben für ihre Analysen heranzuziehen. In diesem Zusammenhang erscheint eine Fortführung der bei den Haushaltsmaßnahmen angewendeten Technik von Hochpreis- bzw. Niederpreisszenarien als nicht zielführend. Im Folgenden wird deshalb von konstanten Marktverhältnissen mit konstanten Preisen und konstanten Investitionskosten ausgegangen.

Tabelle 4.1-1: Endkundenpreise ausgewählter Energieträger für Großkunden

Energieträger	Kosten*	Quelle
Elek. Energie	0,075 € - 0,18 € pro kWh	Aggregat der Zahlen von: http://www.energy.eu
Rohöl	74 \$ - 135 \$ je Barrel	EIA
Erdgas	0,064 € je kWh	Erhebung Energieinstitut
Fernwärme	0,081 € je kWh	Erhebung Energieinstitut
Benzin	1,19 € - 1,37 € je Liter	BMWA
Diesel	1,17 € - 1,41 € je Liter	BMWA
Heizöl extraleicht	0,78 – 1,04 € je Liter	BMWA

4.2 Beleuchtung

Der folgende Abschnitt beschreibt die potentiellen Einsparungen an elektrischer Energie, die durch die Optimierung von Beleuchtungsanlagen in Unternehmen und öffentlichem Dienst eingespart werden können.

4.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Im Bereich des Dienstleistungssektors (öffentlich wie privat) unterscheiden sich die möglichen Maßnahmen in diesem Bereich geringer von jenen des Haushaltssektors, als in Industrie und Gewerbe. Für eine umfassende Beschreibung unterschiedlicher Lampentypen zur energieeffizienten Erhellung von Räumen siehe deshalb Abschnitt energieeffiziente Beleuchtung 3.1.4.1. Während in Haushalten sehr unterschiedliche Arten von Lampen zur Beleuchtung eingesetzt werden und deshalb in Abschnitt energieeffiziente Beleuchtung 3.1.4.1 unterschiedliche Lampentauschvarianten diskutiert werden, ist im Kontext dieses Kapitels primär der Austausch von herkömmlichen Leuchtstoffröhren auf Dreiband-Leuchtstoffröhren relevant. Neben dem reinen Lampentausch existieren jedoch eine Reihe weiterer Maßnahmen, die im betrieblichen Bereich ebenfalls zu hohen Energieeinsparungen führen. Diese werden im Folgenden Abschnitt beschrieben.

Tageslichtnutzung [58]

Je weiter entfernt von den Fenstern Licht benötigt wird, desto weniger Tageslicht erreicht diese Flächen. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass das Tageslicht bis zu

einer Entfernung von 3 Metern zu den Fenstern nutzbar ist. Werden die in diesem Kapitel relevanten Flächen genauer betrachtet ergeben sich folgende Anteile an den Gesamtflächen des jeweiligen Typs, für die Tageslicht nutzbar ist:

- Produktionsflächen: 15%
- Verwaltungsflächen: 25%
- Nebenbetriebsflächen: 25%

Werden grundsätzlich 500 lux als Grenzwert für die Helligkeit festgelegt, können die Einschaltdauern der entsprechenden Flächen drastisch reduziert werden. Dabei ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 4.2-1: Mögliche Einsparungen an Betriebsstunden von Beleuchtungsanlagen

Flächentypus	Herkömmliche jährl. Einschaltdauer	Notwendige Einschaltdauer	Einsparung an Betriebsstunden
Produktionsflächen	4.500 h/a	2.878 h/a	1.622 h/a
Verwaltungsflächen	2.500 h/a	1.054 h/a	1.446 h/a
Nebenbetriebsflächen	5.000 h/a	3.378 h/a	1.622 h/a

Quelle: [58]

Gemäß Tabelle 4.2-1 ergeben sich demnach bereits durch Anpassung der Einschaltdauern von Beleuchtungsanlagen an den tatsächlichen Bedarf große Einsparpotentiale.

Anwesenheitsmelder

Zahlreiche Räume in Betrieben werden nicht dauerhaft genutzt, aber dauerhaft beleuchtet. Hierzu zählen bspw. Toiletten, Gänge, Besprechungsräume, etc. Durch die einfache und kostengünstige Möglichkeit von Bewegungsmeldern (bzw. anderen Anwesenheitssensoren) lässt sich der verlorene Energieverbrauch für die Beleuchtung von Räumen außerhalb der Nutzungszeiten quasi auf 0 reduzieren. Die Einsparungen durch diese Maßnahme schwanken je nach Situation vor der Implementierung stark und können über 50% des Energieverbrauchs der jeweiligen Flächen ausmachen.

Sonstige Maßnahmen

Gerade im Bereich der Beleuchtung gibt es eine hohe Zahl an Maßnahmen, die individuell nach Einsatzumgebung hohe Einsparpotentiale aufweisen. So ist bspw. darauf zu achten, dass bei größeren Arbeitsstätten die Lichtanlagen getrennt zu schalten sind, also bei Anwesenheit nur eines Mitarbeiters nicht zwangsweise das gesamte Großraumbüro beleuchtet wird. Ebenfalls sollte die Beleuchtungsstärke genau auf die Anforderungen des entsprechenden Arbeitsplatzes abgestimmt sein.

4.2.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale

Als Grundlage wird der gesamte Verbrauch an elektrischer Energie für Beleuchtungszwecke in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor herangezogen. Der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie in diesen Sektoren lag in Österreich 2007 bei 39,04 TWh [216]. Während im Bereich des öff. und privaten Dienstleistungssektors davon ausgegangen werden kann, dass 15-40% [185], [73], [93], [102] der elektrischen Energie für die Beleuchtung aufgewendet werden, ist dieser Anteil in der Sachgüterproduktion erheblich geringer und etwa im Bereich von durchschnittlich 12% angesiedelt [139]. Zur Vermeidung von Potentialüberschätzungen wird ein durchschnittlicher Wert von 15% des Verbrauchs an elektrischer Energie der Sachgüterproduktion und des Dienstleistungssektors der Beleuchtung zugeschrieben. Dies ergibt eine Aufwendung von 5,86 TWh jährlich.

Das Gesamtpotential aus den unter Punkt 4.2.1 beschriebenen Maßnahmen wird je nach Quelle auf 75% [73], 70% [260] oder 60% [195] geschätzt. Selbst bei einer konservativen Abschätzung ergeben sich somit Einsparpotentiale von etwa 3,5 TWh. Es erscheint den Autoren dabei kaum möglich, dieses Potential bis zum Jahr 2016 auszuschöpfen. Auch wenn genaue Literaturquellen für die möglichen zeitlichen Pfade bis zu einer vollständigen Potentialausschöpfung fehlen, wird an dieser Stelle unter Einbeziehung der betrieblichen Realität davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2016 höchstens ein Drittel dieser Potentiale realisierbar sind.

An dieser Stelle wird deshalb ein möglicher Beitrag durch Beleuchtungsoptimierung zur Senkung des jährlichen Verbrauchs von elek. Energie in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor von 1,15 TWh angenommen.

4.2.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme

Hier werden Unterlagen zu einzelnen Projekten analysiert und die durchschnittlichen Investitionskosten der jährlichen Verbrauchsreduktion ermittelt. Hieraus ergeben sich folgende Zahlen: 37 Cent/kWh [265], ca. 20 Cent/kWh [80] und 64 Cent/kWh [71]. Auch wenn diese Daten aus Sicht der Autoren hinsichtlich Umfang und Allgemeingültigkeit als nicht optimal eingestuft werden müssen, werden zur nachfolgenden Modellierung die daraus resultierenden durchschnittlich notwendigen Investitionskosten zur Reduzierung des jährlichen Stromverbrauchs von 40 Cent/kWh angenommen. Dieser Wert steht dabei für die zusätzlich notwendigen Investitionskosten (in die höhere Energieeffizienz) bei ohnehin erfolgreicher Neuinstallation von Beleuchtungsanlagen. Die Autoren möchten jedoch darauf hinweisen, dass diese Kosten je nach spezifischem Bedarfsfall deutlich schwanken können.

Zum Erreichen der Reduktion des jährlichen Stromverbrauchs dieser Sektoren von 1.15 TWh sind demnach Investitionen von 460 Mio. € notwendig. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass diese Investitionen gleichmäßig bis zum Jahr 2016 wirksam werden. Die Entwicklung von Investitionen und Einsparungen wird in Tabelle 4.2-2 dargestellt.

Tabelle 4.2-2: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Beleuchtungsanlagen in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor bis 2016

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	51,1 Mio. €	128 GWh/Jahr	16 Mio.€
2009	51,1 Mio. €	256 GWh/Jahr	32 Mio.€
2010	51,1 Mio. €	384 GWh/Jahr	48 Mio.€
2011	51,1 Mio. €	511 GWh/Jahr	64 Mio.€
2012	51,1 Mio. €	639 GWh/Jahr	80 Mio.€
2013	51,1 Mio. €	767 GWh/Jahr	96 Mio.€
2014	51,1 Mio. €	895 GWh/Jahr	112 Mio.€
2015	51,1 Mio. €	1.022 GWh/Jahr	128 Mio.€
2016	51,1 Mio. €	1.150 GWh/Jahr	144 Mio.€

Quelle: eigene Berechnung

Aus diesen Daten geht hervor, dass sich Investitionen in die Optimierung von Beleuchtungsanlagen etwa in 4 Jahren amortisieren. Erneut soll darauf hingewiesen werden, dass diese Zahlen von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich sein können. Das hohe Gesamteinsparpotential innerhalb dieser in diesem Zusammenhang recht kurz erscheinenden Dauer bis 2016 weist Maßnahmen im Bereich der betrieblichen Beleuchtung große Bedeutung zu.

4.3 Elektrische Motorenanwendungen

Unter dem Begriff „Elektrische Motorenanwendungen“ werden die folgenden 4 Anwendungen verstanden:

1. Druckluftanlagen
2. Ventilation
3. Pumpensysteme
4. Antriebe

Diese Anwendungen zeichnen sich in österreichischen Industriebetrieben für etwa 70% des Stromverbrauchs verantwortlich. Die Energiekosten machen bei diesen Anwendungen beinahe die Hälfte der Lebenszykluskosten [55] aus, was eine Optimierung dieser

Anwendungen häufig auch betriebswirtschaftlich sehr attraktiv macht.

4.3.1 Druckluft

4.3.1.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

In den EU-27 werden jährlich etwa 80 TWh Strom [177] in Druckluftanlagen verbraucht. Davon entfällt ein Verbrauch in der Größenordnung von etwa 1,5 TWh auf Österreich. Verbesserungen bei der Effizienz dieser Anlagen im Bereich einiger Prozent können demnach eine große absolute Wirkung aufweisen.

Druckluft wird primär in der Sachgüterproduktion, am Bau und im Bergbau eingesetzt. Die Zahl der Anwendungen von Druckluftsystemen ist groß. Am häufigsten wird Druckluft als Antrieb für Werkzeuge verwendet. Bspw. werden mit Druckluft Bohrmaschinen, Lackiererpistolen oder Reifenfüller betrieben. Druckluft wird aber weit darüber hinaus verwendet und findet auch als Reinigungsinstrument (abblasen von Werkstoffen) oder Haltemedium (halten von Werkstoffen durch Unterdruck) Verwendung. Grundsätzlich ist Druckluft in der Anwendung gefahrloser als Elektrizität und wird deshalb als Energieträger häufig in explosionsgeschützten Bereichen eingesetzt. Für eine exzellente Beschreibung des Systems *Druckluft*, siehe [200]. Trotz der sehr großen Einsatzmöglichkeiten in der Anwendung ist Druckluft ein sehr teurer Energieträger – der Wirkungsgrad in der Herstellung durch elektrische Energie beträgt lediglich 10%, der Rest der Energie wird in Wärme umgewandelt. Diese 10% Wirkungsgrad werden weiters häufig durch Leckagen noch einmal stark reduziert.

4.3.1.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale

Der Energieverbrauch von Druckluftanlagen kann durch eine Reihe von Maßnahmen verringert werden. An dieser Stelle werden die in [55] als *Top 7* bezeichneten Methoden zur Druckluftoptimierung dargestellt. Diese sind

1. Druckluft nur dort einsetzen wo es keine Alternativen gibt. Dazu gehört auch eine genaue Anpassung der Druckluftmenge, des Druckniveaus und der Luftqualität an die tatsächlichen Anforderungen.
2. Beheben von Leckagen in regelmäßigen Abständen.
3. Vermeidung von übertriebenen Sicherheitszuschlägen bei der Bereitstellung von Druckluftmenge und Druckniveau.
4. Optimierung der Anlage für die Bereitstellung.
5. Auf hohe Kompressoreffizienz achten.
6. Rückgewinnung der vom Kompressor erzeugten Wärme.
7. Regelmäßige Wartung der Anlage.

In [200] werden die obigen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Druckluftanlagen analysiert und die durchschnittlichen Einsparpotentiale gegeben. Dabei werden Potentiale für die Verbrauchsreduktion wie folgt angeführt:

Tabelle 4.3-1: Bewertung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bei Druckluftanlagen hinsichtlich Rentabilität und Einsparpotential

Maßnahme	% aller Anlagen, bei denen Maßnahme rentabel ist	Einsparpotential in %
1. Anlagenauslegung inkl. 3. Vermeidung v. übertriebenen Sicherheitszuschlägen	50%	9%
2. Leckagenbehebung	80%	20%
4. Anlagenoptimierung.	15%	20%
5. Kompressorenauswahl	25%	9%
6. Wärmerückgewinnung	20%	20%
7. Anlagenwartung	40%	3%

Quelle: [200], eigene Berechnungen

Zur Bestimmung des realisierbaren Potentials wird zunächst der Stromverbrauch von Druckluftanlagen in Österreich ermittelt. Wie eingangs erwähnt wird dieser auf etwa 1.500 GWh geschätzt. Genaue Erhebungen sind den Autoren nicht bekannt, weshalb diese 1.500 GWh nicht als exakt zu bezeichnen sind. Ausgehend von den Werten in Tabelle 4.3-1 wird das Gesamtpotential ermittelt als: $0,5 \cdot 9 + 0,8 \cdot 20 + 0,15 \cdot 20 + 0,25 \cdot 9 + 0,2 \cdot 20 + 0,4 \cdot 3 = 31\%$. Dementsprechend können durch die oben dargestellten Maßnahmen in Österreich etwa 450 GWh an elektrischer Energie durch eine Energieeffizienz-seitige Optimierung von Druckluftanlagen eingespart werden. Auf Grund der möglichen kurzen Implementierungsdauer der dargestellten Energieeffizienz-Maßnahmen in diesem Bereich könnte das Potential unter Maximierung der Anstrengungen bereits 2016 vollständig ausgeschöpft werden.

4.3.1.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme

Die in Abschnitt 4.3.1.2 beschriebenen Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs von Druckluftanlagen sind hinsichtlich ihrer Kosten sehr heterogen. Weiters variieren die Kosten für die Implementierung der beschriebenen Maßnahmen je nach Gegebenheiten in den Unternehmen stark. An dieser Stelle kann deshalb keine genaue Kostenanalyse erfolgen. Um die mittleren Kosten für die Umsetzung der Maßnahmen – und damit das notwendige Investitionsvolumen – für die Ausschöpfung des energetischen Einsparpotentials zu berechnen, wurden deshalb Fallbeispiele analysiert. Diese Fallbeispiele (siehe Tabelle 4.3-2) geben Aufschluss über die Kosten-Nutzen Verhältnisse der Maßnahmen und werden in Ermangelung besserer Daten als Grundlage für die Berechnung der Investitionskosten je eingesparter kWh in den Folgejahren herangezogen.

Tabelle 4.3-2: Fallbeispiele für erfolgreiche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Druckluftanlagen

Quelle	Investitions kosten	Eingesparte Energie in den Folgejahren	Cent je jährlich eingesparter Kwh
Frei, Kurt (1999). <i>Druckluftoptimierung in der Verpackungsindustrie</i> . Studie im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie.	168.771 €	656 MWh/a Strom	25 Cent/kWh
Sattler, Peter (2009). <i>Best Practice – Erfolgreiche Beispiele zum Nachahmen</i> . Präsentation (Voitsberg).	157.838 €	1.444 MWh/a Wärme	11 Cent/kWh
EARS (2007). <i>Druckluft par excellence</i> . Herstellerinformation	4.612 €	21 MWh/a Strom	22 Cent/kWh
Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2008). <i>Sie mindern den Druck auf ihr Budget</i> . Ratgeber Best Practices.	96.500 €	128MWh/a Strom	75 Cent/kWh
	10.700 €	37 MWh/a Strom	29 Cent/kWh

Quelle: Siehe Quellenangabe und eigene Berechnungen.

Mit den Daten aus Tabelle 4.3-2 wird ersichtlich, dass Energieeffizienz-Steigerungen bei Druckluftanlagen mit vergleichsweise niedrigen Investitionskosten umzusetzen sind. Die Spanne der Werte verdeutlicht jedoch, dass die Heterogenität bei den Kosten hoch ist. In diesem Zusammenhang soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die zur Verfügung stehenden Daten nicht vollständig zufriedenstellend sind. Als primäre Motivation für Maßnahmen an Druckluftsystemen wird die Einsparung elektrischer Energie angeführt. Deshalb, und wegen der noch schlechteren Datenlage bei Wärmeeinsparungen, wird im Folgenden nur die Kosteneffizienz von Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs untersucht. Der errechnete gewichtete Durchschnitt von 35 Cent/kWh/a Strom kann deshalb nur einen Näherungswert darstellen.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass das Einsparpotential von 460 GWh gleichmäßig bis zum Jahr 2016 ausgeschöpft wird. Der Pfad für die Investitionen und Einsparungen ist damit linear, siehe Tabelle 4.3-3.

Tabelle 4.3-3: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Druckluftanlagen in der Sachgüterproduktion, Bau und Bergbausektor und dem Dienstleistungssektor bis 2016

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	17,8 Mio. €	51 GWh/Jahr	6,5 Mio.€
2009	17,8 Mio. €	102 GWh/Jahr	12,7 Mio.€
2010	17,8 Mio. €	153 GWh/Jahr	19,1 Mio.€
2011	17,8 Mio. €	204 GWh/Jahr	25,5 Mio.€
2012	17,8 Mio. €	255 GWh/Jahr	32,0 Mio.€
2013	17,8 Mio. €	306 GWh/Jahr	38,5 Mio.€
2014	17,8 Mio. €	357 GWh/Jahr	44,6 Mio.€
2015	17,8 Mio. €	408 GWh/Jahr	51,0 Mio.€
2016	17,8 Mio. €	460 GWh/Jahr	57,5 Mio.€

Quelle: eigene Berechnungen

Wie in Tabelle 4.3-3 ersichtlich, sind die potentiellen Energieeinsparungen durch die Optimierung von Druckluftanlagen von 460 GWh durch Investitionen von insgesamt etwa 160 Mio. € zu erreichen. Angesichts der jährlichen Einsparungen von 60 Mio. € ab Ausschöpfung des Potentials im Jahr 2016 erscheint die Maßnahme als in höchstem Maße wirtschaftlich sinnvoll.

4.3.2 Ventilation und Klimatisierungsanlagen

4.3.2.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Unter Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen werden in diesem Abschnitt sämtliche Systeme verstanden, die den Zustand der Raumluft hinsichtlich Reinheit, Temperatur und Feuchte innerhalb bestimmter Grenzen halten. Die Anforderungen von Unternehmen und öffentlichen Einrichtung an diese Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen können höchst unterschiedlich sein. So werden von Seiten des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes⁶⁷ die einzelnen Parameter des Luftzustandes von Arbeitsstätten festgelegt. Branchenabhängig existieren

⁶⁷ Verordnung des Bundesministeriums f. Arbeit, Gesundheit und Soziales, mit dem Anforderungen an Arbeitsstätten und an Gebäuden auf Baustellen festgelegt (und die Bauarbeiterschutverordnung geändert) wird BGBl II 1998/368.

unter Umständen noch weitaus restriktivere Anforderungen, bspw. für die Chip- und Textilherstellung sowie die Tabakindustrie.

4.3.2.1.1 Anforderungen an die Raumlüftungstechnik

Wie bereits oben erwähnt ist die Reduzierung der Luftfeuchtigkeit bei weitem nicht die einzige Anforderung, die an eine Lüftungsanlage nach dem Stand der Technik gestellt wird. Sie muss zudem ausreichend Luftsauerstoff in den Räumen zur Verfügung stellen und die Schadstoffe verdünnen bzw. abtransportieren. Beispiele dafür sind das CO₂ als Produkt der Atmung, Gerüche beim Kochen. Weitere Verunreinigungen (Aerosole, Viren, Bakterien, Pilzsporen), die durch Menschen, Tiere, Pflanzen, technische Produktionsprozesse oder Baumaterialien freigesetzt wurden, sind abzutransportieren bzw. eventuell herauszufiltern.

Wärme muss zugeführt bzw. abgeführt werden, um den Wärmebedarf zu gewährleisten und Wasserdampf der durch Duschen, Kochen, Feuchtigkeitsabgabe des Baukörpers, Pflanzen und Personen verursacht wurde muss abgeführt werden.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass beim Aufheizen kalter Außenluft die Luft relativ trocken wird und die Zugabe von Wasser für ein behagliches Wohnklima wichtig ist.

Ein besonderer Vorteil einer raumlüftungstechnischen Anlage ist die Möglichkeit, den Wärmeenergieinhalt der auszutauschenden Luft vor dem Verlassen des Gebäudes durch Übertragung auf die eingebrachte Frischluft wieder zu nutzen (mehr dazu später) Nochmals die wesentlichen Eckpunkte

- Ein Mensch benötigt 20 bis 60 m³ Außenluft bzw. Frischluft pro Stunde
- Die relative Luftfeuchtigkeit sollte zwischen 35 und 65% liegen
- Der CO₂-Gehalt in der Luft sollte nicht über 0,1 Vol-% steigen
- Schadstoffe aller Art beeinträchtigen die Gesundheit bzw. Leistungsfähigkeit [38]

4.3.2.1.2 Verschiedene Arten der Be- und Entlüftung

Natürliche Lüftung

(i) Fugenlüftung

(ii) Fensterlüftung

(iii) Schachtlüftung

Maschinelle Lüftung

(iv) Entlüftungsanlagen

(v) Be- und Entlüftungsanlagen

Die natürliche Lüftung ist diejenige Art der Lüftung, bei der die notwendige Energie zum Luftaustausch nur über die Luftdrücke, Temperaturdifferenzen und Dampfdrücke erbracht werden. Grundsätzlich beruht die natürliche Lüftung auf der physikalischen Gegebenheit, dass warme Luft leichter ist als kalte Luft, wodurch sich automatisch Luftströmungen ergeben.

(i) Fugenlüftung

Die Fugenlüftung stellt die Summe aller auftretenden Leckagen in der Gebäudehülle dar. Das sind zum einen Undichtheiten des Baukörpers (beispielsweise Wand-Dachübergang oder Undichtheiten von Fenstern und Türen. Bei alten Gebäuden stellten diese einen Großteil des Luftvolumens dar [94].

(ii) Fensterlüftung

Die Fensterlüftung ist die einfachste Art der Lüftung. Mit der Fensterlüftung kann gezielt und in kurzer Zeit ein großer Luftaustausch geschaffen werden. Sieht man sich aber die Praxis an, so wird schnell ersichtlich, dass der Luftwechsel bei einer manuellen Einstellung zur Verbesserung der Luftqualität oft nicht in ausreichendem Maße gegeben ist. Über diesen Aspekt hinaus wird die in Form von Wärme, in der Luft vorhandene Energie, in Form von Wärme, bei dieser Lüftungsmethode nicht genutzt. Der große Nachteil der Fensterlüftung ist, dass das Verständnis und Handeln der Person wichtig ist, d.h. bei Menschen mit großem Frischluftbedürfnis bleiben die Fenster oft den ganzen Tag gekippt. Dies führt zu einem unkontrollierten Energieverlust und Auskühlung des Baukörpers. Sehr häufig wird jedoch zu wenig gelüftet, beispielsweise in der Urlaubszeit [94].

(iii) Schachtlüftung

Schachtlüftungsanlagen sind im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass für den zu lüftenden Raum ein eigener über Dach führender Abluftschlauch eingebaut ist, und die Abluft über diesen abzieht. Die Wirkung dieses Systems ist abhängig vom Nachströmen der Außenluft. Je nach Außentemperatur und Schachthöhe entstehen große Auftriebskräfte, die beispielsweise durch verstellbare Jalousieklappen eingestellt werden können. Die Lüftungswirkung geht bei steigender Außentemperatur erheblich zurück.

Nochmals die wesentlichen Eckpunkte zur natürlichen Lüftung:

- Stundenlang gekippte Fenster sind Energiefresser – nur das Raumvolumen muss einmal ausgetauscht werden.
- Bei der Schachtlüftung geht Wärmeenergie ohne Wärmerückgewinnungsmöglichkeit verloren

(iv),(v) Be- und Entlüftungsanlagen

In den meisten Fällen kann die „freie Lüftung“ nicht mehr für ausreichende Belüftung sorgen, dann ist es notwendig, Büroräume, Werkstätten, Lager usw. nach dem Stand der Technik zu be- und entlüften.

Die maschinelle Lüftung arbeitet frei von meteorologischen Einflüssen und von der Jahreszeit. Die Lüftungsleistung ist genau berechnen- und regelbar.

Nach DIN 1946 Teil I werden raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) eingesetzt, um ein angestrebtes Raumklima sicherzustellen. Dazu müssen je nach Anforderung folgende Aufgaben erfüllt werden:

- Zufuhr der notwendigen Außenluftmenge, vor allem in Räumen ohne Möglichkeit der natürlichen Lüftung
- Abführen von Luftverunreinigungen, wie z.B. Geruchsstoffe, Schadstoffe und Ballaststoffe
- Abführen von Wärmelasten (Heiz- und Kühllasten) sowie Luftfeuchtelasten
- Schutzdruckhaltung zum Schutz gegen ungewollten Luftaustausch (z.B. in Reinräumen, explosionsgefährdeten Bereichen, Labors, Küchen, usw.)

Eine Einteilung der Raumlufthechnischen Anlagen kann man auch nach ihrer thermodynamischen Funktion vornehmen – die Möglichkeiten dabei sind:

- Erwärmen
- Kühlen
- Heizen
- Befeuchten
- Entfeuchten

Bei mechanischen Entlüftungsanlagen wird die Abluft mit einem Ventilator über Entlüftungsleitungen ins Freie gefördert. Die Zuluft muss über Undichtheiten der Gebäudehülle oder Lüftungsöffnungen sichergestellt werden. Bei Einzelentlüftungsanlagen wird jeder Raum über eine eigene Abluftleitung entlüftet, bei Einzelentlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitung fördern die Ventilatoren die Abluft der einzelnen Räume in einen gemeinsamen Ablufschacht.

Be- und Entlüftung in Betrieben

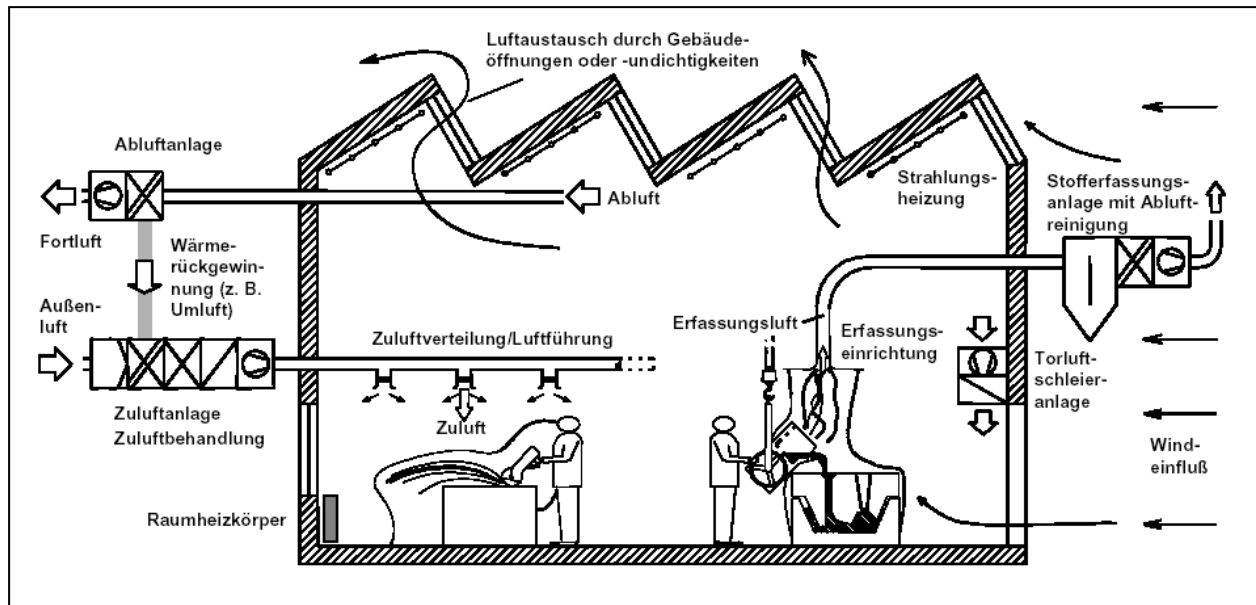
Bei Be- und Entlüftungsmaßnahmen in Betrieben kommt zum reinen Ziel des Luftaustausches hinzu, dass allen luft- und raumklimaverschlechternden Einflüssen so entgegen gewirkt wird, dass eine gesundheitliche Gefährdung oder Belästigung des Arbeitnehmers vermieden wird. In diesem Zusammenhang können lüftungstechnische Maßnahmen definiert werden als

- die direkte Erfassung der luftfremden Stoffe an der Entstehungs- oder Austrittsstelle oder als
- der entsprechende Luftaustausch, um alle Grenzwerte der Stoffe in der Luft in den Arbeitsbereichen einzuhalten bzw. zu unterschreiten

wobei die Erfassung freigesetzter Stoffe stets Vorrang vor dem Luftaustausch hat.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen sind Konzepte wie in Abbildung 4.3-1 dargestellt im Einsatz. Dabei werden nicht nur Einrichtungen zur Stoßfängerfassung bzw. Frischluftverteilung, sondern wie in Abbildung 4.3-1 dargestellt auch Einrichtungen zur Luftbehandlung und zur Luftförderung benötigt.

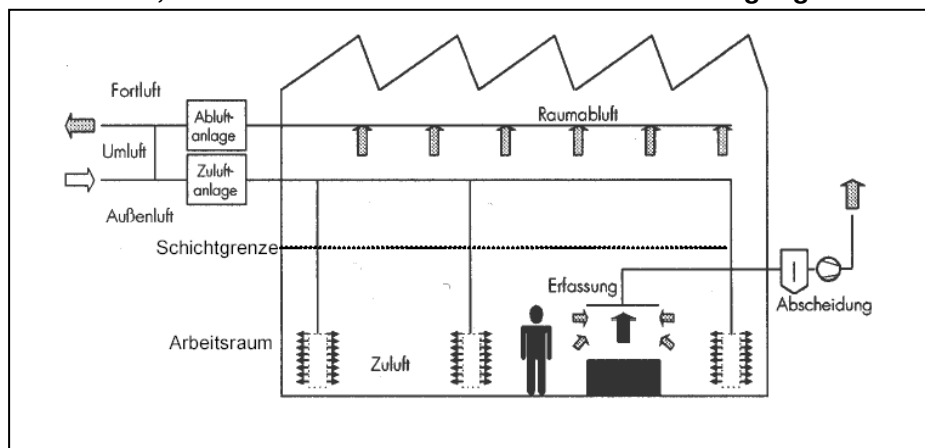
Abbildung 4.3-1: Einrichtungen zur Reinhaltung, Konditionierung, Förderung und Reinigung der Luft in Betrieben



Quelle: [16]

Gegenüber den herkömmlichen Konzepten der Verdrängungslüftung oder Mischlüftung wird heute überwiegend das Prinzip der Schichtlüftung eingesetzt. Die Schichtlüftung geht von dem Grundsatz aus, dass eine optimale Raumluftqualität nur im Arbeitsbereich erforderlich ist. Luftschadstoffe und eventuelle Wärmelasten werden über Direkterfassung bzw. Hallenabluft über die Decke abgeführt. Die klimatisch aufbereitete Zuluft wird impulsarm in Bodennähe zugeführt. (siehe Abbildung 4.3-2) [250]

Abbildung 4.3-2: Darstellung eines Raumlüftungskonzeptes mit Direkterfassung von Emissionen, Raumabluft und bodennaher Zuluft zur Erzeugung einer Schichtlüftung



Quelle: [250]

Um einen niedrigen Lüftungswärmeverlust zu erreichen, ist eine Zu- und Abluftanlage inklusive einer Wärmerückgewinnung notwendig. Die Voraussetzungen, dass diese so effizient wie möglich arbeiten kann sind, dass das Kanalnetz und die Anlagenkomponenten strömungsgünstig ausgelegt sind, die Wärmerückgewinnung hochwirksam ist und die dazu benötigten Ventilatoren effizient arbeiten. Ein weiterer wesentlicher kritischer Faktor ist die Dichtheit des Gebäudes. Nicht unbeachtet sollte man lassen, dass bei einer Zu- und

Abluftanlage regelmäßige Wartungen notwendig werden, um durchgehend einen hohen hygienischen Standard zu gewährleisten [33].

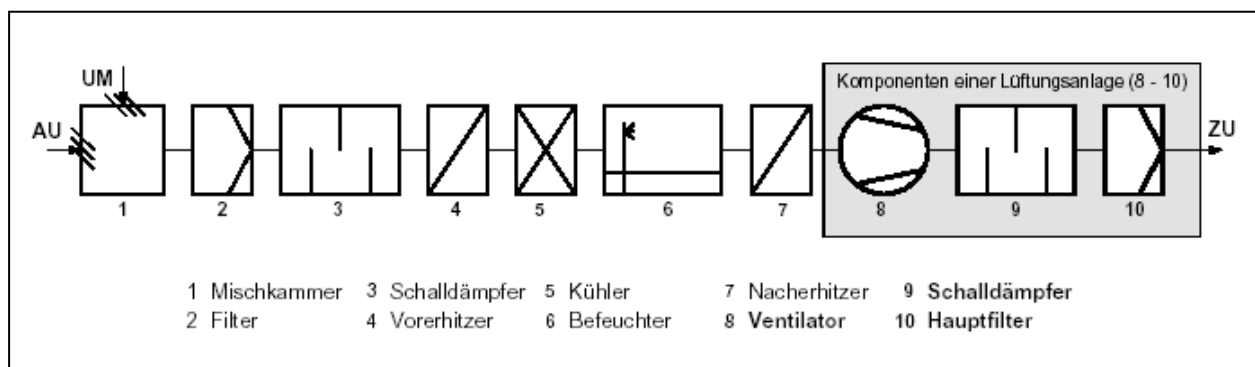
Dezentrale Anlagen:

Wenn der Einbau einer zentralen raumluftechnischen Anlage nachträglich nicht möglich oder nicht erwünscht ist, bieten sich am Markt ein großes Angebot an Einzelgeräten wie Ventilator-konvektoren, Decken- und Wandluftheizgeräte oder Luftschleiergeräte an. Oft werden hier auch bereits die Funktionen des Be- und Entlüftens mit Raumklimageräten zur Rückkühlung, Luftbe- oder entfeuchtung und Reinigung eingesetzt.

4.3.2.1.3 Komponenten einer Be- und Entlüftungsanlage

Die Wesentlichen Komponenten einer Raumluftechnischen Anlage sind in Abbildung 4.3-3 auf Basis von Anlagensymbolen dargestellt. Die gegenständliche Arbeit beschäftigt sich primär mit den in der Abbildung grau dargestellten einfachen Be- und Entlüftungsanlagen. Die weiteren dargestellten Komponenten einer Klimaanlage werden nur teilweise behandelt.

Abbildung 4.3-3: Schematischer Aufbau einer raumluftechnischen Anlage

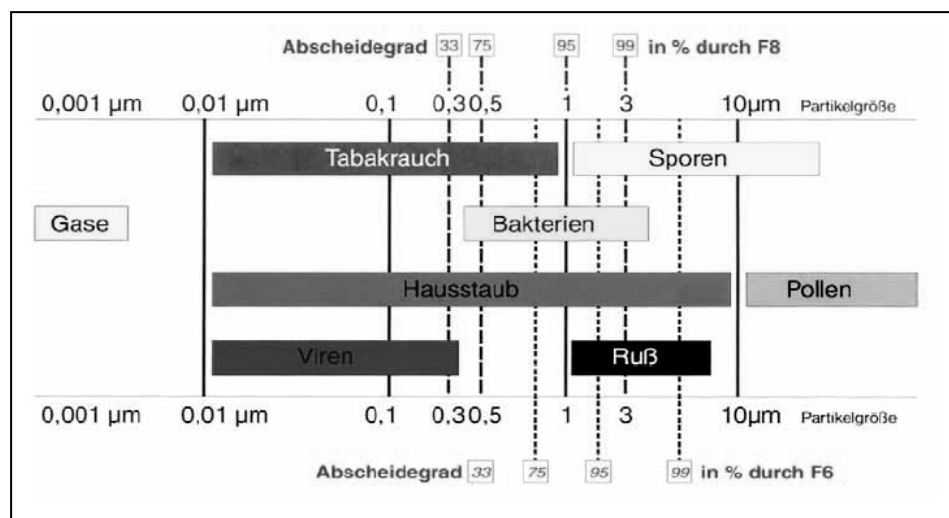


Quelle: [16]

(I) Luftfilter

Verbrauchte Luft ist, wie bereits erwähnt, voller Verunreinigungen, Geruchsstoffe usw. Diese fein verteilten Stoffe, die auf Basis ihrer Partikelgröße eingeteilt werden können (siehe Abbildung 4.3-4) werden auch mit den Begriffen Aerosole (feste oder flüssige Stoffe), Ruß, Rauch, Dunst und Emissionen (fest, flüssig oder gasförmig) klassifiziert.

Abbildung 4.3-4: Größenverteilung von Anteilen in der Luft und deren Abscheidbarkeit durch verschiedene Filterklassen



Quelle: [9]

Diese Verunreinigungen müssen, je nach Anforderungen an die Luftqualität, abgeschieden werden. Die Abscheidung der Teilchen in einem Luftfilter beruht im Wesentlichen auf verschiedenen physikalischen Effekten wie den Diffusions-, Trägheits-, Sperr-, und Siebeffekt. Das Haften der Teilchen am Filtermedium ist von elektrostatischen Kräften abhängig. Filter werden nach einer Euro-Norm in Klassen eingeteilt und besitzen unterschiedliche Filterwirkungen [9].

Der Faserfilter findet am häufigsten in der Lüftungstechnik Anwendung. Als Filtermedium kommen Glasfaser, Chemiefaser- oder Wirrfaservlies aus synthetischen Fasern zum Einsatz. Die Fasern sind meist mit einem Staubbindemittel benetzt, um den Abscheidungsgrad von Partikeln zu erhöhen.

Der Taschenfilter (Abbildung 4.3-5) hat eine hohe Staubspeicherfähigkeit, meist kleine Abmessungen und wird vor allem zum Schutz der Luftaufbereitungsgeräte eingesetzt.

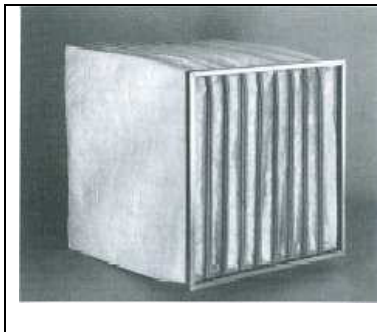
Keilfilter sind Flächenfilter, welche zickzackförmig gefaltet und in Rahmen eingepasst sind. Je nach Güte des Filtermediums werden sie nach dem Taschenfilter als Feinstfilter eingesetzt, oder es sind mehrere Stufen nacheinander angeordnet.

Faserfilter können keine radioaktiven Schwebstoffe, Bakterien und Viren abscheiden, deshalb werden Schwebstofffilter in der Endstufe eingebaut [181].

Aktivkohlefilter (Abbildung 4.3-6) sind in der Lage, Gaskomponenten wie Radon, Formaldehyd, PCP, H₂O₂, VOC, NO_x und SO₂ sowie Geruchsstoffe aus Küchen, Toiletten, Versammlungsräumen zu adsorbieren. Aktivkohle wird aus Steinkohle so hergestellt, dass zahlreiche Poren entstehen. An der gebildeten großen Oberfläche können sich Schadstoffmoleküle anlagern (adsorbieren). Die „innere“ Oberfläche von 1 g Aktivkohle (etwa 2 cm³) beträgt 900 bis 1.200 m².

Die Funktionsweise eines elektrostatischen Schwebstofffilters (Elektrofilter, Abbildung 4.3-7) kann wie folgt charakterisiert werden: In einem Ionisierungsteil mit positiv geladenen Drähten werden die Staubteilchen elektrisch geladen. In einem abwechselnd positiv und negativ gepolten Plattenkondensator lagern sich die positiv ionisierten Staubteilchen ab. Die Reinigung erfolgt durch Abklopfen oder durch Abspritzen mit Wasser [181].

Abbildung 4.3-5:
Taschenfilter*



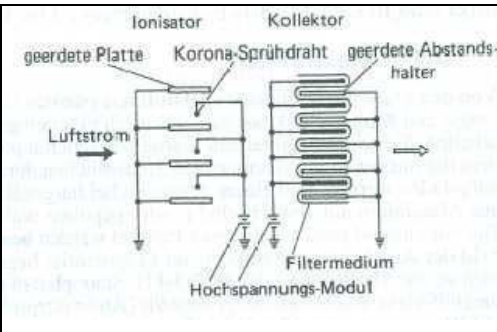
* Quelle: [57]

Abbildung 4.3-6:
Aktivkohlefilter**



** Quelle: [258]

Abbildung 4.3-7:
Elektrofilter***



*** Quelle: [181].

(II) Ventilatoren

Der Ventilator ist eine Strömungsmaschine, die in der Wirkungsweise einer Kreislumppe gleicht. Luft muss gegen die Widerstände der Luftaufbereitungsgeräte (Filter) und des Kanalnetzes mit den eingebauten Bauteilen gefördert werden. Für die Ventilatoraushwahl sind folgende Kriterien entscheidend:

■ Volumenstrom	■ Förderdruck	■ Regelbarkeit
■ Betriebsverhalten	■ Schalleistung	■ Antrieb
■ Drehzahlen	■ Betriebszeit	■ Platzbedarf
■ Wirkungsgrad	■ Sicherheit	■ Investitions- und Betriebskosten

Abbildung 4.3-8: Radialventilator

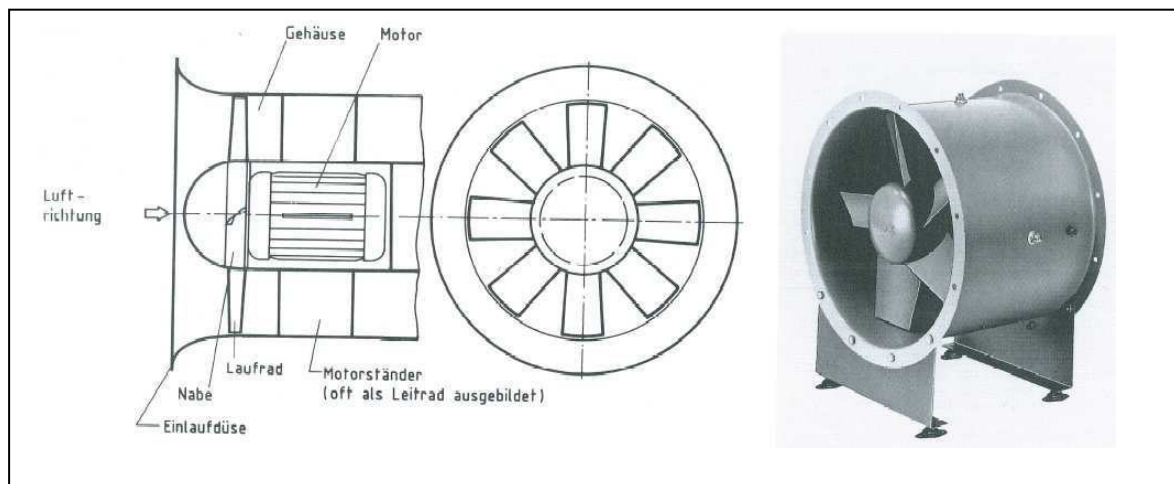


Quelle: [57]

Der Radialventilator wird in Raumlufftechnischen Anlagen am häufigsten eingesetzt. Der Aufbau ist in Abbildung 4.3-8 schematisch dargestellt. Radial bedeutet „strahlenförmig von der Achse ausgehend“. Im Laufrad (Schaufelkanal) findet die Energieumsetzung statt, d.h. die dem Laufrad über die Welle mit Antriebsmotor zugeführte mechanische Energie wird in Druck und Geschwindigkeitsenergie umgesetzt. Das Spiralgehäuse hat zwei Aufgaben zu erfüllen: Es sammelt die aus dem Laufrad ausströmende Luft und führt Sie zu einem

gemeinsamen Austritt, außerdem wandelt es durch die stetige Querschnittserweiterung in Strömungsrichtung einen Teil der Geschwindigkeitsenergie (dynamischer Druck) in Druckenergie (statischer Druck) um (Diffusoreffekt). Der Radialventilator ist gut regelbar, stabil gegen Belastungsschwankungen, geräuscharm und unempfindlich bei stark verschmutzter Luft. Der Förderdruck liegt zwischen 700 und 3.000 Pa. Radialventilatoren werden in Anlagen mit hohen Widerständen eingesetzt [57], [86].

Abbildung 4.3-9: Axialventilator mit dazugehörigem Laufrad und Gehäuse



Quelle: [57]

Dieser Ventilator wird hauptsächlich in Einzelgeräte (Wandventilator, Rohrventilator) eingebaut. Der Aufbau ist in Abbildung 4.3-9 illustriert. Axial heißt, die Strömung erfolgt in Richtung Achse. Die Einströmdüse hat die Aufgabe eine gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung vor dem Laufrad zu erzeugen, damit diese voll über die gesamte Schauffellänge beaufschlagt wird. Die Druckerzeugung gleicht dem Radialventilator. Hinter dem Laufrad ist eine stark drallbehaftete, spiralförmige Strömung. Damit der Druck genutzt werden kann, wird er durch Leiträder in statischen Druck umgewandelt. Diese Leiträder sind Leitschaufelkränze, die vor oder hinter dem Laufrad angeordnet sind. Sie richten die Abströmgeschwindigkeit axial aus. Der Axialventilator fördert große Volumenströme bei geringem Druck (300 bis 1.000 Pa), ist instabil bei Belastungen und benötigt wenig Platz.

Eine weitere Ventilatorbauart, der Querstromventilator wird auch als Walzenlüfter bezeichnet. Die Luft wird im Winkel von 90° oder 180° durch das Lufrad gefördert. Er wird in Einzelgeräten eingebaut [38], [57], [24].

(III) Kanalsystem

Die Kanalsysteme haben die Aufgabe, die Luft möglichst ohne Stoff- und Temperaturaustausch mit der Umgebung den belüfteten oder klimatisierten Räumen zuzuführen oder aus ihnen abzuführen. Das Luftverteils- und Abluftsammlersystem in einem Wohnhaus ist in

Abbildung 4.3-10 schematisch dargestellt. In Abbildung 4.3-11 ist eine Drallausslassöffnung als Beispiel dargestellt.

Abbildung 4.3-10: Luftteilsystem in einem Wohnhaus

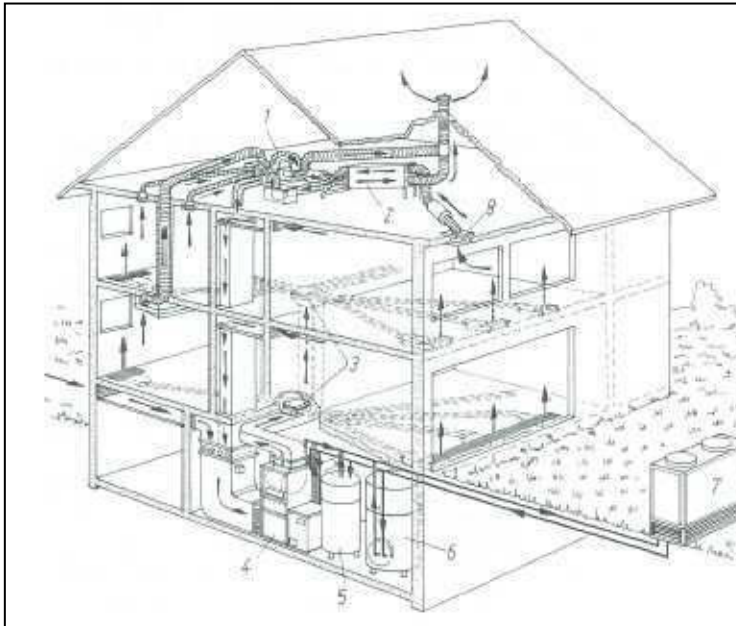
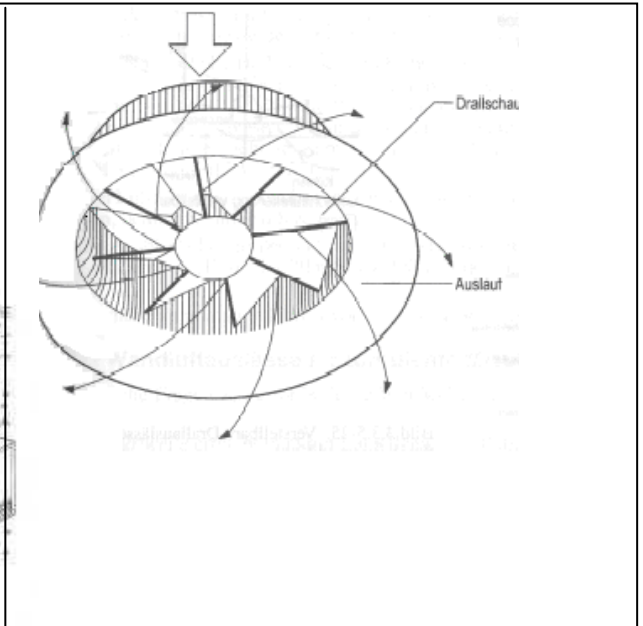


Abbildung 4.3-11: Beispiel eines Drallauslasses**



* Quelle: [24]

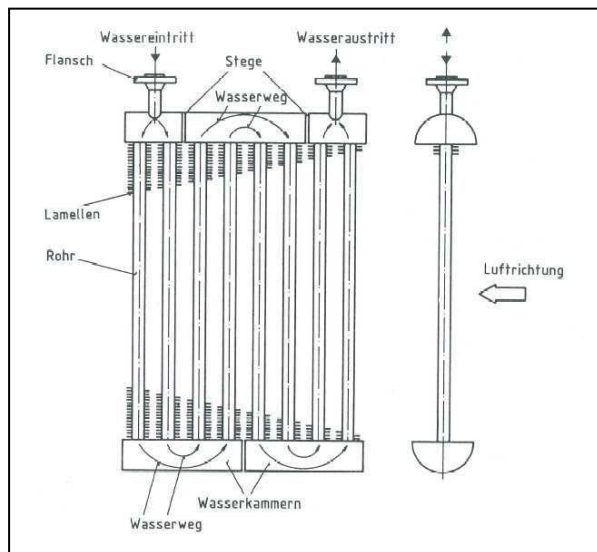
** Quelle: [181]

Die Druckverluste im Kanalnetz können durch kurze Transportwege, niedrige Luftgeschwindigkeiten bzw. niedrige Einzelwiderstände der Einbauten klein gehalten werden. Weiters ist zu beachten:

- Flexible Rohre und Schläuche lassen sich einfach und schnell verarbeiten
- Der Einsatz kompletter Systeme spart Arbeitszeit bei Planung und Montage – die Montage erfolgt nach dem Baukastenprinzip

(IV) Lufterwärmer / Luftkühler

Um die kalte Außenluft oder die Misch- bzw. Umluft auf die geforderte Lufttemperatur zu erwärmen, werden Wärmetauscher eingesetzt. Die Leistung des Wärmetauschers wird nach der Heizlast und dem Außenluftvolumenstrom ermittelt.

Abbildung 4.3-12: Aufbau eines einrohrreihigen Luftheizlers

Quelle: [57]

Aufgrund der geringen Temperatur des Wärmeträgers wird hauptsächlich der Kreuzgegenströmer eingesetzt. Um Luft abzukühlen werden die gleichen Wärmetauscher wie bei der Erwärmung verwendet. Luftkühler können als trockene Kühler (die Oberflächentemperatur liegt über Taupunkttemperatur) oder als feuchte Kühler (der Taupunkt wird unterschritten) ausgelegt werden. Der feuchte Kühler benötigt eine Kondensationswanne mit Ablauf und Geruchsverschluss [181].

(V) Luftbefeuchtung

Das Behaglichkeitsempfinden von Menschen in geschlossenen Räumen ist abhängig vom Wärmeempfinden, der Luftqualität und der Luftfeuchte. Die relative Luftfeuchte sollte nie unter 35% absinken, da sonst die Schleimhäute austrocknen, in gewerblich genutzten Räumen muss produktionsbedingt die Luftfeuchte teilweise in engen Grenzen konstant gehalten werden.

Dezentrale Befeuchtung

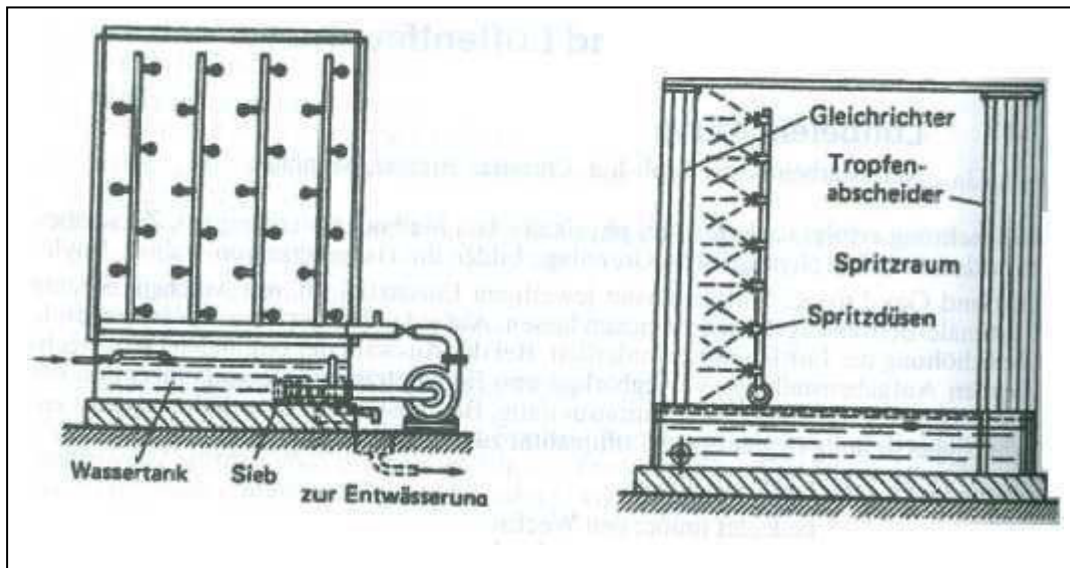
Wenn in Gebäuden die Räume eine unterschiedliche relative Luftfeuchtigkeit erfordern, werden Zerstäubergeräte eingesetzt, die das Wasser nach dem Zentrifugalprinzip in den Raum geben. Die Luftfeuchte der Räume wird individuell über Hygrostaten geregelt [181]⁶⁸.

Zentrale Befeuchtung

Wenn mehrere Räume die gleiche Luftfeuchte erfordern, werden die Befeuchter in das Zentralgerät eingebaut. Bei der Bauart des sog. Zerstäubungsbefeuchters (siehe Abbildung 4.3-13) wird die durchströmende Luft mit Wasser besprüht. Die Verdunstungswärme des von der Luft aufgenommenen Wassers wird aus der Luft entnommen. Überschüssiges Wasser und darin enthaltene Staubpartikel werden an einem Tropfenabscheider abgefangen und

laufen in eine Auffangwanne. Die Luft muss nacherwärmt werden, um die relative Feuchte zu regulieren [181]

Abbildung 4.3-13: Prinzip eines Umlauf-Zerstäubungsbefeuchters

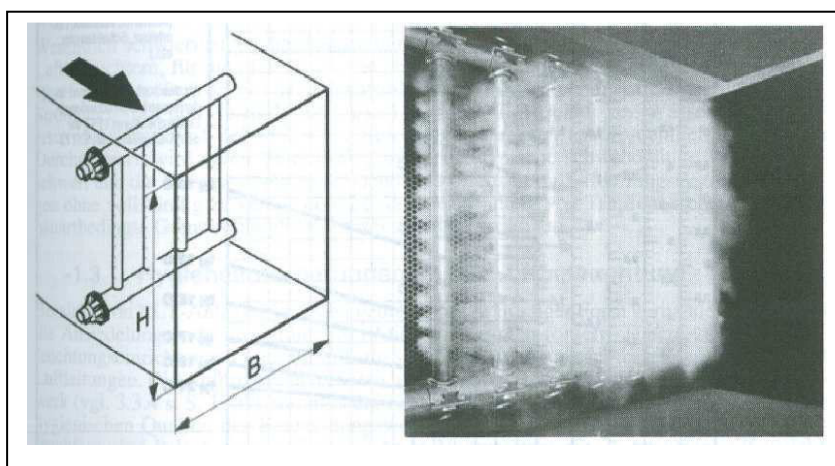


Quelle: [181]

Beim Dampfluftbefeuchter wird Dampf direkt in den Kanal eingeblasen. Der Dampf wird aus aufbereitetem Wasser entweder durch Elektroheizregister hergestellt oder steht als Fremddampf zur Verfügung. Die Befeuchtung mit Dampf ist hygienisch, verursacht keinen störenden Geruch und die Lufttemperatur bleibt nahezu unverändert.

Beim Rieselbefeuchter fließt Wasser durch eine Verteilrinne über einen Füllkörper nach unten. Auf der vergrößerten Oberfläche verdunstet das Wasser. Diese Befeuchtungsart wird aus hygienischen Gründen nur noch selten eingebaut. [181]

Abbildung 4.3-14: Prinzip eines Dampfluftbefeuchters



Quelle: [181]

4.3.2.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale

Eine Reihe von Maßnahmen existiert, um den Energieverbrauch von Klimaanlage und Ventilationssystem beträchtlich zu reduzieren. Diese Maßnahmen wurden in [171] analysiert und ihre Einsparpotentiale mit einem Simulationsmodell quantifiziert, siehe Tabelle 4.3-4.

Tabelle 4.3-4: Energieeffizienz-Maßnahmen und deren Einsparpotentiale für Raumlufthklimaanlagen

Maßnahme	Einsparpotential
Vergrößerung Kühlschlangen-Oberfläche (15%)	4%
Vergrößerung Kühlschlangen-Oberfläche (30%)	8%
Vergrößerung Kühlschlangen-Oberfläche (45%)	11%
Hinzufügen eines Kühlrohrs	10%
Hinzufügen zweier Kühlrohre	16%
Erhöhung der Kühlrippendichte (10%)	10%
Erhöhung der Kühlrippendichte (20%)	16%
Hinzufügen Unterkühler zum Verdichter	1%
Verbesserung der Kühlrippenkonstruktion	11%
Verbesserte Konstruktion des Kühlrohrs	8%
Verwendung von high efficiency Ventilatormotor	1%
Verwendung von elektronischem Kommutatormotor	2%
Verbesserter Kompressor-Wirkungsgrad (5%)	3%
Verbesserter Kompressor-Wirkungsgrad (10%)	5%
Verbesserter Kompressor-Wirkungsgrad (15%)	8%
Verwendung von R410a mit optimiertem System	5%
Verwendung eines Kompressors mit var. Geschwindigkeit	12%
Verwendung elektronischer Expansionsventile	5%
Verbesserte Regelung und Steuerung	4%

Quelle: [171]

Diese Maßnahmen sind nicht additiv zu verstehen, je nach Anlage und Anforderungen muss aus diesen Maßnahmen ein Maßnahmenbündel selektiert werden. In [171] wurden 4 typische Maßnahmenbündel zusammengestellt und die Einsparung exemplarisch berechnet. Für diese 4 Maßnahmenbündel ergaben sich in ebendieser Studie Einsparpotentiale von 20% - 63%. Die beste am Markt befindliche Anlage benötigt im Vergleich zu einem Bestandsdurchschnitt etwa 37% weniger Strom. Für die weiteren Berechnungen wird deshalb angenommen, dass etwa 30% des in Ventilations- und Klimaanlage verbrauchten Stroms eingespart werden kann.

Eine Reihe dieser Maßnahmen wie „Verbesserung der Kühlrippenkonstruktion“ und „verbesserte Konstruktion des Kühlrohrs“ sind dabei zu sehr geringen Zusatzkosten zu realisieren und weisen Amortisationszeiten von unter einem Jahr auf. Eine Verbrauchsreduktion von 30% ist dabei bei Amortisationszeiträumen von 3 – 11 Jahren

möglich. In diesem Sinne wird an dieser Stelle angenommen, dass die Verbrauchsreduktion von 30% unter Maximierung der Anstrengungen potentiell bis 2016 realisierbar wäre.

Fest steht, dass die Klimatisierung und Ventilation in Unternehmen häufig für einen hohen Anteil des Stromverbrauchs verantwortlich ist. Exakte Zahlen über den Energie- bzw. Stromeinsatz für Klimatisierung und Lüftung existieren nicht.

Zunächst wird ein Blick auf Deutschland geworfen, wo zumindest in der Vergangenheit relativ genaue Schätzungen über diesen Verbrauch vorliegen. So wurde der Verbrauch an elektrischer Energie in Deutschland für Klimatisierungszwecke und Ventilation 1996 auf etwa 40.000 GWh geschätzt [200]. 10 Jahre später wird allein der Verbrauch für die Klimatisierung auf 40.000 GWh und mehr geschätzt [176]. Ausgehend vom Wert von 1996 wird für das Jahr 2020 eine Verzehnfachung des Verbrauchs für die elektrische Klimatisierung prognostiziert [200].

In Österreich werden etwa 8.000 GWh Strom jährlich für Heizungszwecke und Klimaanlage aufgewendet und weitere 27.744 GWh zum Betrieb von Standmotoren. Eine Trennung des Verbrauchs für Heizungszwecke und Klimaanlage ist anhand der verfügbaren Statistiken nicht möglich, weiters enthalten diese Zahlen auch den Verbrauch von Haushalten in dieser Nutzungskategorie, der an dieser Stelle nicht relevant ist.

Würde das Verhältnis in Deutschland zwischen Strom für Klimaanlage und Strom für Heizungszwecke und Klimaanlage herangezogen – dies sind etwa 2/3 – ergibt sich für Österreich ein Stromverbrauch von etwa 5.000 GWh für Klimaanlage. Im Bereich des Stromverbrauchs für Ventilation und Luftqualitätsbereitung wird in Deutschland ein Verhältnis zum Stromverbrauch der Klimaanlage von 3 zu 1 angegeben. Würde dieses Verhältnis erneut auf Österreich übertragen, würde dies bedeuten, dass Standmotoren für Lüftungszwecke etwa 15.000 GWh Strom verbrauchen und sich somit ein Gesamtverbrauch für Klimaanlage und Ventilation von etwa 20.000 GWh ergibt.

In der österreichischen Studie [139] wird der Stromverbrauch für Lüftung/Ventilation/Klimatisierung in der Sachgüterproduktion auf etwa 24% des Stromeinsatzes für motorgetriebene Systeme geschätzt. Würde dieser Anteil auf den Gesamtstromverbrauch im Bereich der motorgetriebenen Systeme umgelegt – also inkl. Haushalte und Dienstleistungssektor, sowie Bau und Bergbau und Verkehr – ergäbe dieser Anteil etwa 8.500 GWh.

Auf Grund des spezifischen Österreich-Bezuges von [139] wird im Folgenden mit einem Gesamtstromverbrauch für Klimatisierung und Ventilation von 8.500 GWh gerechnet. Die deutschen Schätzungen lassen jedoch vermuten, dass der Verbrauch für diese Verbrauchsarten unter Umständen höher sein könnte.

Auf Basis dieser 8.500 GWh Stromverbrauch für Ventilation und Klimatisierung und der weiter oben berechneten 30% Einsparpotential ergeben sich damit Einsparpotentiale von 2.500 GWh. Auf Grund der Lebensdauer von Lüftungsanlagen von 15 Jahren und einer Lebensdauer von Klimaanlage von 17 Jahren [51] muss davon ausgegangen werden, dass dieses Potential realistischer, weise höchstens zu 2/3 bis zum Jahr 2016 ausgeschöpft wird. Damit ergibt sich eine realisierbare Einsparung von etwa 1.600 GWh.

4.3.2.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme

Die Kosten für Effizienzsteigerungen im Bereich der Klimatisierung und Ventilation werden in [200] dargestellt. Die hier angenommenen realisierbaren Effizienzsteigerungen von 30%

werden als wirtschaftliche Maßnahmen angeführt. Die Kosten sind dabei 33,5 – 108,9 Cent je jährlich eingesparter kWh. In der folgenden Kosten-Nutzen-Analyse wird mit dem gemittelten Wert von 71 Cent je jährlich eingesparter kWh gerechnet, dies entspricht einer mittleren Amortisationsdauer von unter 6 Jahren.

Zur Ausschöpfung des Einsparpotentials bis 2016 von 1.600 GWh sind demnach Investitionskosten von 1.135 Mio. € nötig. Die Aufteilung der Investitionen und damit auch die Aufteilung der Einsparungen werden als linear bis 2016 angenommen. Die Investitionen werden den energetischen und monetären Verbrauchsreduktionen in Tabelle 4.3-5 gegenüber gestellt.

Tabelle 4.3-5: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Klima- und Lüftungsanlagen in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor bis 2016

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	126 Mio. €	177,7 GWh/Jahr	22,2 Mio.€
2009	126 Mio. €	355,5 GWh/Jahr	44,4 Mio.€
2010	126 Mio. €	533,2 GWh/Jahr	66,6 Mio.€
2011	126 Mio. €	710,9 GWh/Jahr	89,0 Mio.€
2012	126 Mio. €	888,6 GWh/Jahr	111 Mio.€
2013	126 Mio. €	1.066 GWh/Jahr	133 Mio.€
2014	126 Mio. €	1.244 GWh/Jahr	156 Mio.€
2015	126 Mio. €	1.421 GWh/Jahr	178 Mio.€
2016	126 Mio. €	1.600 GWh/Jahr	200 Mio.€

Quelle: eigene Berechnungen

Wie in Tabelle 4.3-5 ersichtlich, stehen bei der Maßnahme „Optimierung von Klima- und Lüftungsanlagen“ hohe Einsparpotentiale relativ hohen Investitionskosten gegenüber. Trotzdem ist diese Maßnahme in vielen Unternehmen und bei vielen Anforderungsprofilen kosteneffizient umzusetzen.

4.3.3 Pumpensysteme

4.3.3.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Pumpen werden in Unternehmen und im öffentlichen Sektor für eine Reihe von Einsatzzwecken herangezogen. Dazu gehören vor allem:

- Befüllen, Entleeren, Umpumpen
- Stofftransport über weite Strecken
- Umwälzen
- Druckerzeugung, Druckerhöhung
- Dosieren, Zuteilen

Eine der Hauptanwendungsgebiete von Pumpen ist dabei das Umwälzen von Flüssigkeiten – häufig eines Heizmediums. Dies entspricht dann den im Haushaltsbereich bezeichneten Umwälzpumpen, lediglich sind die Fördermengen im Unternehmensbereich naturgemäß größer. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass Pumpen zwar technisch gesehen eigenständige Geräte sind, in größeren Anlagen jedoch relevante Energieeinsparungen dann erzielt werden, wenn das Gesamtsystem optimiert wird. Dazu gehören vielfach mehrere Pumpen unterschiedlicher Dimensionen, die über ein Regelungssystem miteinander verbunden sind.

Tabelle 4.3-6 gibt jeweils häufige Beispiele für die unterschiedlichen Anwendungskategorien von Pumpen in Unternehmen und dem öffentlichen Sektor.

Tabelle 4.3-6: Anwendungsarten mit Beispielen für Pumpen in Unternehmen und dem öffentlichen Sektor

Anwendungsart	Anwendungsbeispiele
Fördern, Transportieren	Förderung von flüssigen Energieträgern in Pipelines (z.B. Erdölförderung)
Umwälzen, Umpumpen	Kreisläufe in Heiz- und Kühlsystemen (z.B. in der Gebäudetechnik), Schmierkreisläufe in Motoren und Getrieben
Entleeren, Füllen, Abfüllen	Getränkeabfüllungen in der Lebensmittelindustrie, Füllen und Entleeren von Klärschlammbehältern in Klärwerken
Druckerhöhung	Druckerhöhungsanlagen bei der Brauchwasserversorgung in Hochhäusern, Druck- und Materialprüfungen durch Berstversuche im Maschinen und Anlagenbau
Zuteilen, Dosieren	Analysetechnik, chemische Industrie, Einspritzpumpen in der Motorentechnik
Sonderanwendungen	Wasserstrahlschneiden im Maschinenbau, Erzeugung von kinetischer Energie für Hydraulikmotoren

Quelle: [200]

Die Steigerung der Effizienz von Pumpen kann primär durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Die Optimierung der Strömungsverhältnisse
- Eine verbesserte Regelung
- Eine verbesserte Anpassung der Motoren an die Pumpen
- Einer verbesserten Anpassung der Pumpen an den konkreten Anwendungsfall
- Vermeidung von Dichtungslücken in den Pumpen

Ob diese Maßnahmen bzw. Optionen nur bei der Neuanschaffung berücksichtigt werden können oder ob die Effizienzsteigerungen auch durch Nachrüstung erzielt werden können, hängt von verschiedenen Faktoren ab. 1. sind nachträgliche Ein- bzw. Umbauten nur bei größeren Pumpenanlagen wirtschaftlich. Dazu gehören vor allem Anlagen in der Industrie 2. ist von den oben dargestellten Maßnahmen vor allem die verbesserte Regelung des Systems und der Austausch einzelner Pumpen nachträglich möglich.

Tabelle 4.3-7: Technische Einsparpotentiale bei der Neuanschaffung und Nachrüstung von Pumpensystemen im Vergleich zu bestandsüblichen Kennzahlen

Maßnahme	Nachrüstung möglich	Einsparpotential
Auswahl von Pumpen mit höherem Wirkungsgrad	X	3%
Korrekte Pumpendimensionierung		4%
Bessere Installation/regelmäßige Wartung	X	3%
Bessere Anlagenauslegung und – Dimensionierung		10%
Regelung des Pumpensystems	X	20%

Quelle: [193]

In Tabelle 4.3-7 werden die technischen Einsparpotentiale unterschiedlicher Maßnahmen an Pumpensystemen wiedergegeben. Von diesen Einsparpotentialen werden in [56] 12-15% als wirtschaftliche Einsparpotentiale angeführt. In den Folgenden Berechnungen wird deshalb ein Einsparpotential von durchschnittlich 13,5% zugrunde gelegt.

4.3.3.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale

Für die Berechnung der potentiellen Energieeinsparungen durch Neuanschaffung effizienter Pumpensysteme bzw. deren Nachrüstung wird die in Österreich jährlich in diesen Systemen eingesetzte Energiemenge analysiert. In der Nutzenergieanalyse 2007 wird der Verbrauch an elektrischer Energie in Standmotoren auf etwa 27.000 GWh geschätzt. Der Anteil der in Pumpensystemen eingesetzten Strommenge an der gesamten in Standmotoren eingesetzten Strommenge wird auf etwa 28% geschätzt [193], [139]. Damit ergibt sich ein Gesamtverbrauch von etwa 7.500 GWh. Bei einem durchschnittlichen Einsparpotential von 13,5%, wie in Abschnitt 4.3.3.1 berechnet, ergibt dies ein gesamtes Einsparpotential von etwa 1.000 GWh.

Von diesem Gesamtpotential entfallen etwa 2/3 auf Maßnahmen an bestehenden Anlagen (Nachrüstung, siehe Tabelle 4.3-7) und 1/3 auf effiziente Neuanschaffungen. Auch wenn bis 2016 noch mit einer hohen Anzahl an neu installierten Pumpensystemen zu rechnen ist, werden zur Vermeidung von Überschätzungen nur die 2/3 des Gesamtpotentials als bis 2016 realisierbar eingestuft. Dies ergibt in weiterer Folge ein realisierbares Einsparpotential von etwa 650 GWh bis zum Jahr 2016.

4.3.3.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme

Wie bei den vorangegangenen Energieeffizienz-Maßnahmen auf Großabnehmerebene werden auch bei den Pumpensystemen die vorhandenen Fallstudien analysiert um einen Schätzer für die notwendigen Investitionskosten je jährlich eingesparter kWh zu erhalten. Hierbei wurden die Berichte von 9 Fallstudien analysiert. Diese waren 8 Best Practice Beispiele der Deutschen Energieagentur [73] und ein Beispiel eines Pumpenherstellers [193]. Für diese Beispiele ergeben sich durchschnittliche Kosten je jährlich eingesparter kWh

von 29 Cent. Dies entspricht einer Amortisationszeit von etwa 3 Jahren. Für die weiteren Berechnungen wird deshalb mit notwendigen Investitionskosten von durchschnittlich 29 Cent/kWh jährlich eingesparter Energie gerechnet, wobei diese Kosten von Unternehmen zu Unternehmen und von Anwendungsfall zu Anwendungsfall selbstverständlich teilweise stark divergieren können.

Die jährliche Verbrauchsreduktion von 650 GWh entspricht einem notwendigen Investitionsvolumen von 188 Mio. €. Wird von einer linearen Potentialausschöpfung bis 2016 ausgegangen, werden deshalb jährliche Investitionen von etwa 21 Mio. € wirksam.

Tabelle 4.3-8: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Pumpensystemen in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor bis 2016

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	21 Mio. €	72 GWh/Jahr	9,0 Mio.€
2009	21 Mio. €	144 GWh/Jahr	18,1 Mio.€
2010	21 Mio. €	217 GWh/Jahr	27,1 Mio.€
2011	21 Mio. €	292 GWh/Jahr	36,1 Mio.€
2012	21 Mio. €	361 GWh/Jahr	45,2 Mio.€
2013	21 Mio. €	432 GWh/Jahr	54,2 Mio.€
2014	21 Mio. €	504 GWh/Jahr	63,2 Mio.€
2015	21 Mio. €	577 GWh/Jahr	72,3 Mio.€
2016	21 Mio. €	650 GWh/Jahr	81,3 Mio.€

Quelle: eigene Berechnungen

Die sehr kurzen Amortisationszeiten von durchschnittlich 3 Jahren und das gleichzeitig hohe Einsparpotential an elektrischer Energie machten die Optimierung von Pumpensystemen zu einer sehr wichtigen und gleichzeitig rasch realisierbaren Maßnahme.

4.4 Kühlanlagen

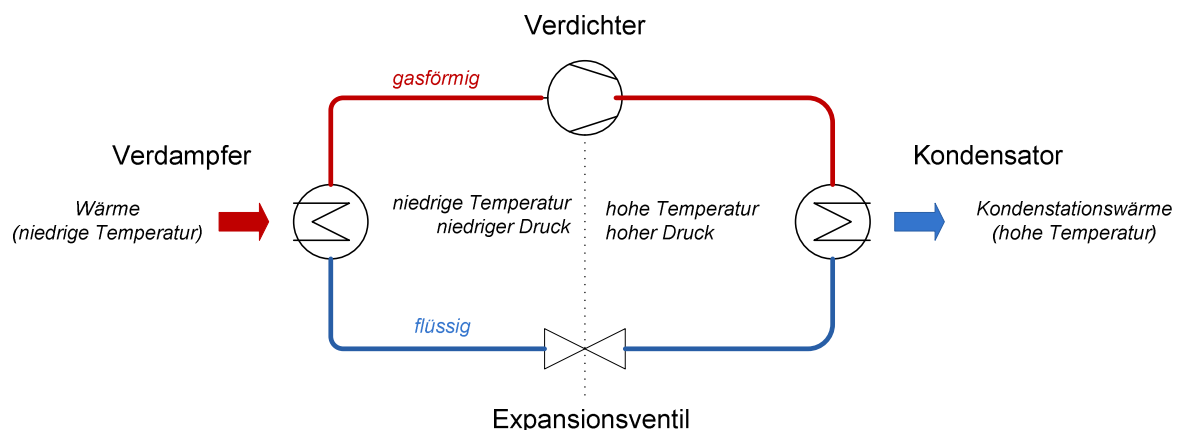
Der gegenständliche Abschnitt charakterisiert zum einen das Einsparungspotential von elektrischer Energie im Bereich der Kälteanlagen, aber auch die Möglichkeit der Abwärmenutzung bei Kälteanlagen. Dabei wird der gewerbliche Einsatz von Kältetechnik analysiert, auf Klimaanlage bzw. raumluftechnische Anlagen zur Klimatisierung wird in diesem Abschnitt nicht detailliert eingegangen, ebenso nicht auf Kälteanlagen im Haushaltsbereich (z.B. Kühlschränke, Gefrierschränke, usw.) Weiters wird auf die

Themenbereiche Solares Kühlen bzw. Fernwärme-Kälte nicht genauer eingegangen.

4.4.1 Systemkomponenten von kältetechnischen Anlagen

Kältetechnische Anlagen kommen in vielen industriellen und gewerblichen Bereichen zum Einsatz. In Frage kommen zentrale und dezentrale Lösungen, direkte und indirekte Kühlung sowie verschiedene Formen des Wärmetauschs. Um die mögliche Energieeinsparungspotentiale im Bereich der Kälteanlagen aufzuzeigen, ist es erforderlich den thermodynamischen Kreisprozess einer Kälteanlage näher zu betrachten.

Abbildung 4.4-1: schematische Darstellung des Kreisprozesses einer Kälteanlage



Quelle: eigene Darstellung

Eine Kompressionskälteanlage besteht im Wesentlichen aus einem Verdichter mit einem meist elektrischen Antriebsmotor zur Temperatur- und Druckerhöhung, einem Verflüssiger zur Wärmeabgabe (Kondensator), einem Drosselorgan zur Temperatur- und Druckabsenkung und einem Verdampfer zur Wärmeaufnahme.

Kältemittel: Das Kältemittel ist jener Stoff, welcher in einer Kühlanlage zirkuliert und den erforderlichen Wechsel des Aggregatzustands realisiert. Neben anorganischen Verbindungen wie Ammoniak (NH_3) oder Kohlendioxid (CO_2) werden Kältemittel häufig auf Kohlenwasserstoffbasis erzeugt, aber auch Wasser wird eingesetzt.

Verdichter: Als Verdichter werden meist Hubkolbenverdichter, in manchen Fällen auch Drehkolbenverdichter, bei größeren Anlagen (über 500 kW) zunehmend auch Schraubenverdichter eingesetzt. Als Antriebe werden meist Elektromotoren mit hohem Anlaufdrehmoment eingesetzt. Die Energieeffizienz von Elektromotoren wird nach der freiwilligen Vereinbarung der Hersteller von elektrischen Maschinen und Leistungselektronik (CEMEP) und der Europäischen Kommission klassifiziert, wobei Effizienzklasse 1 (eff1) für den geringsten Energieverbrauch steht.

Verflüssiger: Der Verflüssiger gibt die im Verdampfer und durch die Verdichtung zugeführte Energie meist über Luftkühlung aber auch über Wasserkühlung an die Umgebung ab.

Drosselorgan: Über das Expansionsventil wird der Druck des Kältemittels vom Verflüssigungsdruck auf den Verdampfungsdruck reduziert und die Verdampferleistung über den Massenstrom des Kältemittels geregelt.

Verdampfer: Durch die Verdampfung des Kältemittels wird die abzuführende Wärmeenergie aufgenommen und die gewünschte Kühlwirkung erzielt. Der Verdampfer, wie auch der Verflüssiger, sind Wärmetauschers somit ist im Grunde eine Kälteanlage ein Wärmetauscher, der durch unterschiedliche Druckniveaus (vor und nach dem Verdichter) einen Wärmetausch auf unterschiedliche Temperaturen ermöglicht. Das heißt im Fall einer Kühlanlage, dass dem zu kühlendem Medium Wärme entzogen wird (Verdampfer) und diese meist an die Umgebung wieder abgegeben wird (Kondensator). [60] Zusätzlich kommt in manchen Fällen ein Kältenetz oder ein Kältespeicher zur Anwendung. Das wohl wichtigste für Energieeinsparung ist, dass die Kühlarbeit in etwa gleich groß ist, wie die Wärmeabgabe am Kondensator (abgelesen als Beispiel aus dem T,s-Diagramm von Ammoniak mit den Auslegungspunkten $-10^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}$). In der Regel wird die Wärme am Kondensator an die Umgebung abgegeben, was eine Nutzung unmöglich macht. Der relevante Zusammenhang zwischen erforderlicher Kompressorleistung und zu transportierender Wärmemenge pro Zeiteinheit sowie der Temperaturdifferenz führt zu den wesentlichen Ansatzpunkten für einen effizienten Energieeinsatz in Kälteanlagen.

Der technologische Unterschied zwischen Kompressions- und Adsorptionskältemaschinen liegt im Wesentlichen darin, dass bei der Adsorptionskälteanlage die Antriebsenergie in Form von Wärme und bei Kompressionskälteanlagen in Form von elektrischer Energie zugeführt wird. Bei ersterer wird mechanische Arbeit nur mehr zur Überwindung interner Druckverluste (im Bereich des Expansionsventils) aufgewendet. In der Adsorptionskältemaschine wird ein festes Lösungsmittel eingesetzt, an welchem das Kältemittel in abwechselnden Zyklen adsorbiert wird, was eine Wärmeabfuhr darstellt, und durch Wärmezufuhr wieder desorbiert wird. Dieser Arbeitszyklus wird durch getrennte Kammern mit Adsorbens quasi kontinuierlich umgesetzt. Je nach Verfahren unterscheidet man Absorptionskältemaschinen, bei denen das Kältemittel Wasser in wässrigem Lithiumbromid oder einem Gemisch aus Ammoniak und Wasser gelöst wird, und Adsorptionskältemaschinen mit Silikagel oder Lithiumchlorid als Sorbens. [202] Adsorptionskälteanlagen nehmen derzeit in der Kältetechnik Anwendung jedoch noch eine untergeordnete Rolle ein, weshalb die gegenständliche Potentialabschätzung auf Kompressionskälteanlagen fokussiert.

Kompressionskältemaschinen werden über die Leistungszahl ε energetisch bewertet. In der aktuellen Normung wird für Kälteanlagen der Begriff EER (energy efficiency ratio) und für Wärmepumpen COP (Coefficient of Performance) verwendet. [3] Die Leistungszahl kann wie folgt definiert werden:

$$\varepsilon = \frac{\text{Kälteleistung}}{\text{Antriebsleistung}} = \frac{Q}{W}$$

Als idealer Vergleichsprozess wird für die Kompressionskältemaschinen der Carnot-Prozess herangezogen, wobei der Prozess umso effizienter abläuft, je näher die Kondensatortemperatur T_c und die Verdampfungstemperatur T_o zusammenrücken.

$$\varepsilon = \frac{T_o}{T_c - T_o}$$

Je größer die Kälteanlage ist, desto größer ist natürlich auch das mögliche Rückgewinnungspotential der Kondensatorwärme. Es gibt bereits Kopplungsanlagen, die

Heizsysteme mit einer Kälteanlage koppeln und somit die Kondensationswärme nutzen.

Die einzige Arbeit die in diesem Kreislauf notwendig ist, ist die Verdichterarbeit (W). Bei der Kompressionskälteanlage wird dies über einen elektrischen Motor realisiert und somit elektrische Energie (kWh) benötigt [151].

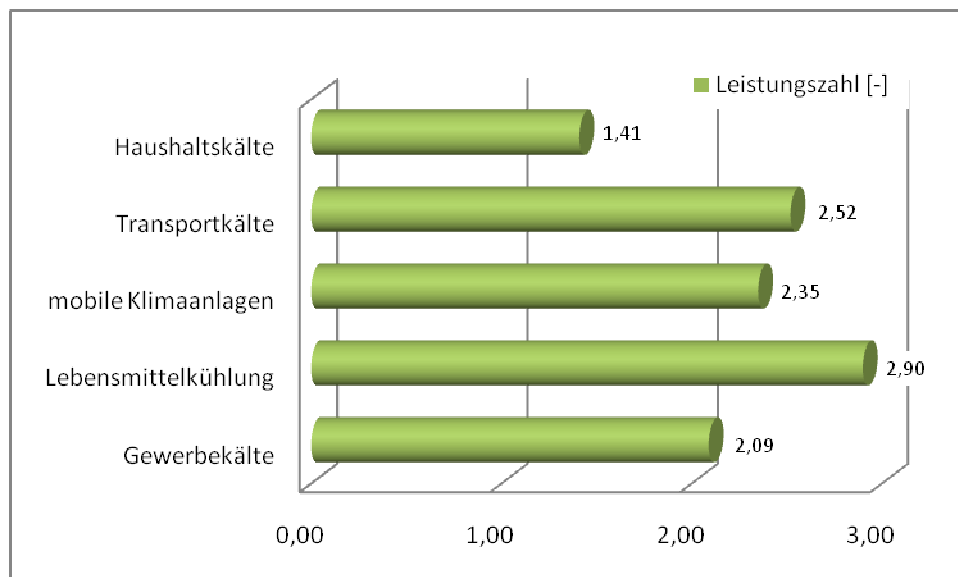
Bei Adsorptionskältemaschinen wird die vergleichende Größe nicht über die Leistungszahl, sondern mit dem Wärmeverhältnis ξ beschrieben.

$$\xi = \frac{\text{Kälteleistung}}{\text{Antriebswärmeleistung}} = \frac{Q}{W}$$

Die Unterscheidung wurde vorgenommen, da die Antriebsenergien thermodynamisch von unterschiedlicher Wertigkeit sind.

Die Kälteleistungszahlen schwanken, wie in Abbildung 4.4-2 für Deutschland illustriert, auf Basis der vorgestellten thermodynamischen Rahmenbedingungen.

Abbildung 4.4-2: Schwankungsbreite der Leistungszahlen in den verschiedenen Kälteanwendungssegmenten



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten [92]

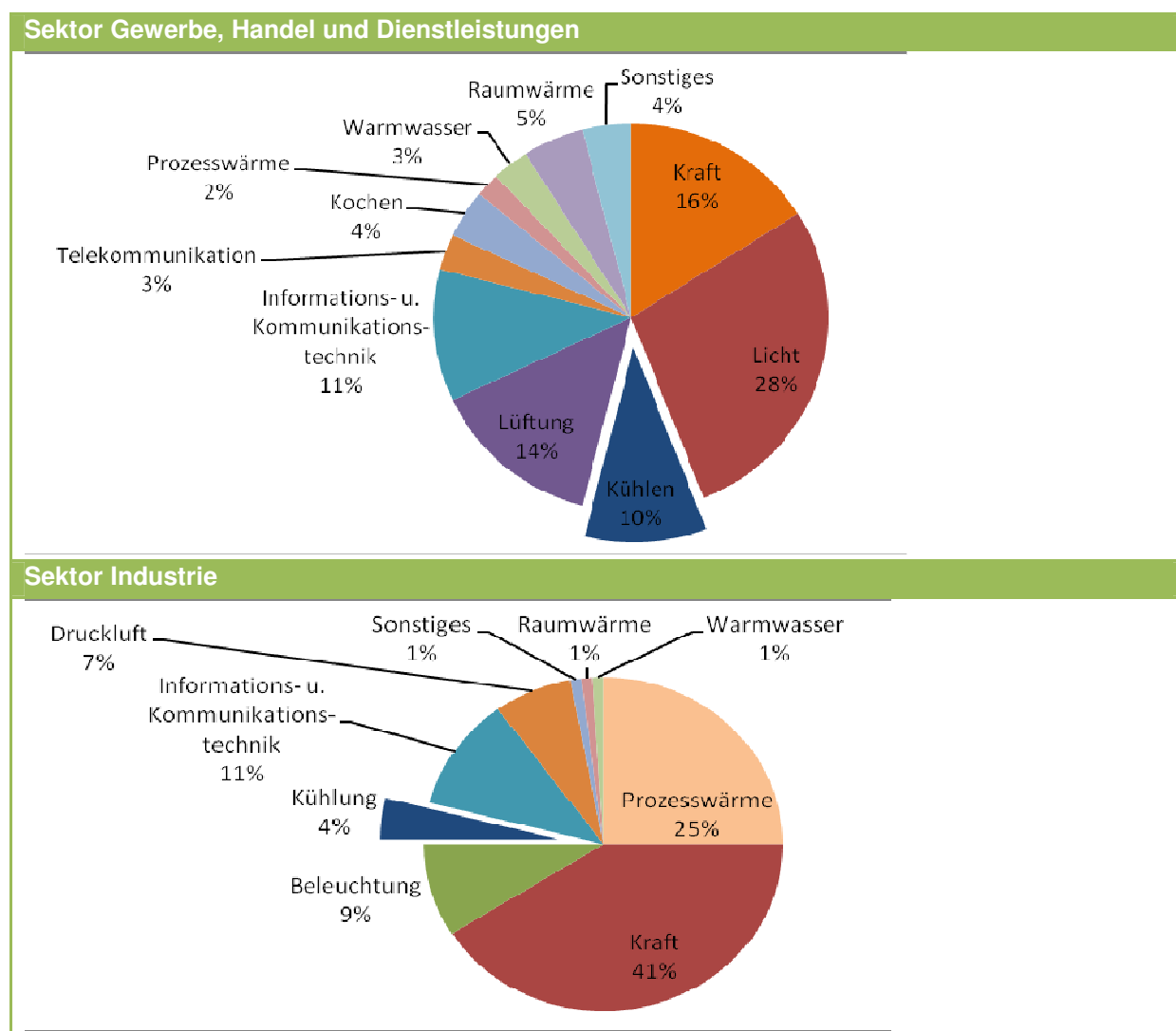
Die wesentliche Auslegungsgröße für eine neue Kälte- oder Klimaanlage bilden die maximalen Kühllastbedingungen, die Ermittlung erfolgt z.B. nach den in der VDI 2078 festgelegten Kühllastregeln [243] im realen Anlagenbetrieb wird diese Maximalleistung häufig nur zu ca. 10 – 20% benötigt, 80% der Betriebszeit wird im Teillastbetrieb mit geringerer Effizienz gekühlt. Diese Schwankungsbreite im realen Betrieb gibt einen Anhaltspunkt für die Quantifizierung von Energieeinspareffekten in diesem Gebiet.

4.4.2 Energetischer Endverbrauch für Kälteanlagen und Differenzierung der

Anwendung

Der elektrische Endenergieverbrauch für Kälteanlagen in Österreich ist schwer zu quantifizieren, da in der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria keine weitere Unterscheidung der Segmente Raumheizung und Klimaanlage bzw. Standmotoren stattfindet. Für Deutschland sind hier wesentlich detailliertere Diversifikationen verfügbar. (siehe Abbildung 4.4-3)

Abbildung 4.4-3: Prozentuelle Aufteilung des Stromverbrauchs in Deutschland (Stand 2003)

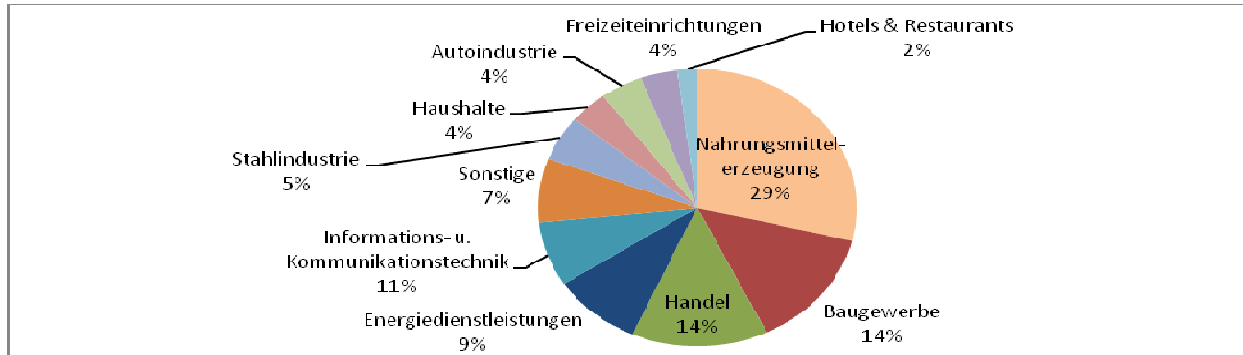


Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten aus [17]

Werden vergleichbare Wirtschafts- und Verbrauchsstrukturen für Deutschland und Österreich angenommen, und der Endenergieverbrauch analysiert, kann davon ausgegangen werden, dass der Bereich Nahrungsmittel (Erzeugung, Verkauf, usw.), gefolgt von Klimatisierung und Industriekälte die wesentlichen Kühlenergieverbraucher darstellen. Dies wird auch bei einer Analyse der Kundenverteilung des Wirtschaftssektors „Kühlung, Klimatisierung und Wärmepumpentechnologien“, bestätigt (siehe Abbildung 4.4-4). Daher

können vor allem in diesen Segmenten Energieeffizienz-Maßnahmen greifen. Somit sind die Kältetechnikanwendungen in diesen Branchen zu analysieren.

Abbildung 4.4-4: Kundenverteilung des Wirtschaftssektors ‚Kühlung, Klimatisierung und Wärmepumpentechnologien‘ in Österreich.



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten aus [166]

4.4.3 Mögliche Einsparungspotentiale bei Kälteanlagen

Mit Bezug auf energieeffiziente Kältetechnik wird in der Literatur eine Reihe von Maßnahmen kommuniziert. (Tabelle 4.4-1)

Tabelle 4.4-1: Energieeinsparpotentiale bei Kältesystemen

Maßnahme	Einsparpotential
Verminderung des Kältebedarfs	
Systemoptimierung	8 -10 [%]
Betriebs- und Wartungsmaßnahmen	4 – 8 [%]
Stärkere Wärmedämmung	5 -10 [%]
Wärmerückgewinnung	80 [%] der Wärme
Benutzung von effizienten Geräten und Anlagen	
Effiziente Geräte / Beleuchtung in Kühlräumen	2 [%]
Antriebe mit Drehzahlregelung für Verdichter, Ventilatoren und Pumpen	4 – 6 [%]
Hocheffizienzmotoren für den Ventilator am Verdampfer	2 – 5 [%]
Hocheffizienter Kältekompressor	2 – 5 [%]
Hocheffizienzmotoren für den Ventilator am Kondensator	2 – 5 [%]
Verdunstungskühler	
Reinigung der Wärmeübertragerflächen	3 [%]
Steuerung des Verdichtungsendrucks am Kältekompressor	10 – 15 [%]
Abtaustuerung	5 [%]

Quelle: [13]

Der in Deutschland initiierte Forschungsrat Kältetechnik e.V. gibt für die Kälte- und Klimatechnik ein mögliches Energieeinsparpotential von bis zu 40% an. Die gemittelten Einsparpotentiale für Teilsysteme und Einzelmaßnahmen werden dabei wie folgt beziffert:

- Betrieb sowie Auslegungsrichtlinien für Kälteanlagen: ca. -10%
- Reduzierung der treibenden Temperaturdifferenzen an Wärmetauschern: ca. -12%
- Einsatz von hocheffizienten Antriebsmaschinen: ca. – 3%
- Einsparung des Kältebedarfs: ca. – 7%
- Anlagenoptimierung, Auslegung nach Jahrestemperaturverlauf, Wärmerückgewinnung und weitere Optimierungen: ca. – 8% [246]

4.4.4 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Maßnahmen

Die Bewertung der Maßnahmen und deren Einspareffekte erfolgt innerhalb von zwei wesentlichen Maßnahmenpaketen:

- Effizienzsteigerung bei Kühlmöbeln im Einzelhandel und Abwärmenutzung bei Kälteanlagen in der Lebensmittelverfahrenstechnik
- Maßnahmen zur Senkung des elektrischen Energieeinsatzes bei Prozesskältesystemen

4.4.4.1 Effizienzsteigerung bei Kühlmöbeln

Bei Lebensmitteln sind spezifische Anforderungen an Temperaturen und Kühlgeschwindigkeiten gegeben. Kühlmöbel im Lebensmittelhandel sind wesentliche Energieverbraucher. Je nach Ausstattung des Lebensmittelhändlers werden pro Jahr und Quadratmeter Verkaufsfläche zwischen 80 und 350 kWh elektrischer Energie für Kühlmöbel benötigt. Dabei entfallen bis zu 80% auf die eigentliche Erzeugung der Kälte, der Rest auf die weiteren Verbraucher wie Beleuchtung, Ventilatoren, Abtauung usw.

Bei der Anschaffung neuer Kühlmöbel ist auf die effektiven Verdampfungstemperaturen und Leistungsaufnahmen zu achten, dieser Einfluss ist in Tabelle 4.4-2 in einem Vergleichsbeispiel illustriert.

Tabelle 4.4-2: Einfluss der Verdampfungstemperatur in einem Fleischkühlmöbel

Kälteleistung 50 kW Betriebsdauer 5.000 Std./Jahr	Kälteanlage 1	Kälteanlage 2
Verdampfungstemperatur	- 13 °C	- 9 °C
Leistungszahl	2,3	2,5
Stromverbrauch	109.000 kWh/Jahr	97.000 kWh/Jahr

Quelle: [18]

Schmutzschichten auf den Verdampfern und Verflüssigern behindern den Wärmetransport und bewirken dadurch sinkende Leistungszahlen und steigenden Energieverbrauch. (siehe Tabelle 4.4-3) Eine regelmäßige Reinigung ist daher unbedingt erforderlich.

Tabelle 4.4-3: Erhöhter Energieverbrauch einer Kälteanlage durch Verschmutzung der Wärmetauscher

Kälteleistung	50 kW
Verbrauch im Neuzustand	97.000 kWh/Jahr
Verbrauch mit verschmutzten Wärmetauschern	101.900 kWh/Jahr

Quelle: [18]

Der Energieverbrauch dieser sogenannten Kühlmöbel ist wesentlich abhängig von ihrer Bauform, wobei möglichst geschlossenen Geräte die höchste Energieeffizienz aufweisen. Kühltruhen mit Nachtdeckung bzw. permanenten Glasabdeckungen senken den Energieverbrauch um bis zur Hälfte. Untersuchungen in einem fleischverarbeitenden Betrieb zeigten beispielsweise, dass der Anteil der Kälte- und Klimatechnik ca. 50% des gesamten Energieverbrauchs ausmacht. Im Bereich der Supermarktkühlung liegt der Anteil des Energie-Stromverbrauchs der Kältetechnik im Bereich von 40 bis 60%. Neben einer Verbesserung der einzelnen Anlagenkomponenten wie Verdichter, Wärmeübertrager, Expansionsventil, bietet in diesem Bereich auch eine Änderung des Nutzerverhaltens bzw. optimale Prozessführung wesentliche Einsparpotentiale. [23]

Als Anhaltspunkt wird von der Österreichischen Energieagentur der Gesamtbestand an steckerfertigen gewerblichen Kühl- und Gefriergeräten mit ca. 664.000 Stück abgeschätzt. Weiters wird deren Verbrauch an elektrischer Energie mit ca. 1.590 GWh, was ca. einem Anteil von 3,1% am österreichischen Gesamtstromverbrauch entspricht vorgestellt. Auf Basis

einer Analyse der spezifischen Verbrauchswerte der verschiedenen Geräte-Typen wird ein Einsparpotential von ca. 25% oder 400 GWh angegeben. [12]

4.4.4.2 Abwärmenutzung bei Kälteanlagen

Die Abwärme einer Kühlanlage eignet sich zur Vorwärmung von Brauchwasser über einen zusätzlichen Wärmetauscher bis 45 °C (je nach Kondensationstemperatur des Kühlmittels). In dieser Situation kann pro kW elektrische Kompressorantriebsleistung mit einer Abwärmeleistung von 3 bis 3,5 kW am Verflüssiger gerechnet werden. [104] Das bedeutet, mit einer Kühlanlage von 3 kW lässt sich ohne zusätzlichen Energieeinsatz eine theoretische Heizleistung von 3 kW realisieren, wobei Wärmetauschverluste von ca. 20% noch zu berücksichtigen sind. Ein wichtiger Punkt ist, dass klarerweise nur eine Heizleistung erzeugt werden kann, wenn die Kälteanlage läuft und eine Kopplung der Kälteanlage mit Wärmenutzung nur dann sinnvoll ist, wenn die Kälteanlage über eine entsprechende Leistung verfügt, und hohe tägliche Laufzeiten aufweist. Dies nimmt auch Bezug auf die jahreszeitlichen Schwankungen: Während im Sommer beinahe nur Wärme für die Warmwasserbereitung benötigt wird, ist im Winter der Heizbedarf höher als die mögliche Abwärmenutzung der Kälteanlage. Für eine vollständige Deckung des Heizwärmebedarfs ist daher ein zusätzliches Heizsystem wie beispielsweise eine Wärmepumpe erforderlich. In der Tabelle 4.4-4 ist eine Beispielrechnung für die Nutzung der Abwärme zur Warmwasserbereitung angegeben.

Tabelle 4.4-4: Beispielberechnung zur Abwärmenutzung der Kühlanlagen zur Warmwasserbereitung (Basis 300 Betriebstage/Jahr)

Verkaufsfläche	350 m ²	700 m ²	1.000 m ²
Warmwasserbedarf / Tag	130 Liter	350 Liter	500 Liter
Investitionskosten	2.400 €	4.300 €	5.500 €
Wärmerückgewinnung			
Ersparnis gegenüber elektrischer Warmwasserbereitung	300 €	810 €	1.160 €
Amortisation	< 8 Jahre	< 5,5 Jahre	< 5 Jahre

Quelle: [18]

Einige Unternehmen wie beispielsweise die Firma Hauser Kühlanlagen GmbH versuchen dieses Potential über das Prinzip der oben beschriebenen Kopplung von Kühlung und Abwärmenutzung in die breite Anwendungsebene zu bringen. Als Beispiel wird bei Nutzung dieses Systems in einem umgebauten Lebensmitteleinzelhandel eine Einsparung von 49% des jährlichen Verbrauchs bzw. 132.874 kWh in Form von Brennstoffwärmeleistung angegeben. Für einen neu errichteten Supermarkt wird die Einsparung mit 29% bzw. einer jährlichen Energieeinsparung von 94.751 kWh in Form von wegfallendem Brennstoffverbrauch angegeben.⁶⁹

⁶⁹ telefonische Information Firma Hauser GmbH, Pressemitteilung vom 7. April 2009: 'Förderpreis für hocheffiziente Kälte- und Klimatechnologien verliehen - Auszeichnung für HAUSER Eco ES System'. [112]

Derartige Praxisbeispiele für die Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen im Bereich von Kühlanlagen wurden für die Bewertung der Maßnahmen als Benchmark analysiert und die anrechenbaren Einsparungen sowie abgeschätzten Kostenstrukturen (Betriebs- und Investitionskosten) auf die einzelnen Segmente übertragen. Dabei wurde berücksichtigt, dass es sich dabei um sogenannte Vorzeigeprojekte bzw. Best-practice-Beispiele handelt, und eine durchschnittliche Umsetzung wahrscheinlich geringere Einspareffekte zu höheren Investitionskosten mit sich bringt.

Im Weiteren wird auf Unternehmen eingegangen, die die Anforderungen für eine Abwärmenutzung erfüllen. Im Genaueren sind hier Lebensmittelunternehmen gemeint, die großen Kühlanlagen besitzen, das sind unter anderem Kaufhäuser, Getränkehersteller, Fleischverarbeitung, usw. Laut Statistik Austria gibt es österreichweit 5.599 Einzelfachhändler mit Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Getränken. Es wird abgeschätzt, dass für 50% der Händler diese Maßnahme überhaupt systemtechnisch realisierbar ist, wobei davon 20% in die Kategorie Neubau fallen. Über diese Abschätzung, unter Zuhilfenahme von Praxisbeispielen, ergibt sich eine maximale jährliche Einsparung von 350 GWh pro Jahr. Daraus lassen sich die maximal eingesparten Energiekosten mit ca. umgerechnet 21 Millionen Euro pro Jahr beziffern bzw. durchschnittliche Amortisationszeiten von 4,6 Jahren kalkulieren.

Andere Unternehmensgruppen mit Kälteanlagen, die unserer Ansicht nach ausreichend sind, um größere Teile der Heizlast zu decken, sind in der nachfolgenden Tabelle 4.4-5 aufgelistet und aus Daten der Statistik Austria abgeleitet.

Tabelle 4.4-5: Weitere Unternehmensgruppen mit größeren Kälteanlagen

Unternehmensgruppen mit größeren Kälteanlagen	Anzahl	Quelle
Schlachthäuser und Fleischverarbeitung	1.128	[221]
Fischverarbeitung	5	[221]
Obst- und Gemüseverarbeitung	114	[221]
Milchverarbeitung; H.v.Speiseeis	173	[221]
Getränkeherstellung	329	[221]
Summe	1.749	Eig. Berechnung

Quelle: [221]

Für den Lebensmitteleinzelhandel liegen sehr genaue Einsparpotentiale auf Basis von Best-practice-Realisierungserfahrungen vor. Bei den anderen Unternehmensgruppen ist ein weniger detaillierter Informationsstand gegeben, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei den oben gewählten Gruppen im Durchschnitt, ebenso wie bei den Kaufhäusern, die Heizlast zu einem großen Teil gedeckt werden kann. Daher erscheint ein Einsparungspotential von 29% und 94.751 kWh im Jahr für die angeführten Unternehmensgruppen im Durchschnitt durchaus als realisierbar. Unter Zuhilfenahme von Praxisbeispielen und Expertenbefragungen ergibt sich durch Hochrechnung eine maximale jährliche Einsparung von 165,7 GWh pro Jahr. Daraus lassen sich die maximal eingesparten Energiekosten mit ca. umgerechnet 9,9 Millionen Euro pro Jahr beziffern bzw. durchschnittliche Amortisationszeiten von 4,5 Jahren kalkulieren.

Zusammenfassung der Einspareffekte durch Abwärmenutzung bei Kälteanlagen:

Tabelle 4.4-6: Einspareffekte durch Abwärmenutzung im Einzelhandel

Daten	Einheit	Wert	Quelle
Fach-EH m.Nahrungs. Genussm.,Getränken	Anzahl	5.599	<i>Statistik Austria</i>
Jährliche Einsparung Umbau Kaufhaus Kälteanlage zur Abwärmenutzung	kWh/a	132.854	<i>Firma Hauser Kühlanlagen GmbH</i>
	cent/kWh	6	<i>eig. Berechnung Energieträgermix</i>
	€/a	7.971	<i>eig. Berechnung</i>
Jährliche Einsparung Neubau Kaufhaus Kälteanlage zur Abwärmenutzung	kWh/a	94.751	<i>Firma Hauser Kühlanlagen GmbH</i>
	cent/kWh	6	<i>eig. Berechnung Energieträgermix</i>
	€/a	5.685	<i>eig. Berechnung</i>
Jährliche Einsparung an Betriebskosten (österreichweit)	GWh/a	350,6	<i>eig. Berechnung</i>
	Mio. €/a	21,0	<i>eig. Berechnung</i>

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 4.4-7: Einspareffekte durch Abwärmenutzung in Unternehmen mit größeren Kälteanlagen

Daten	Einheit	Wert	Quelle
Unternehmensgruppen mit größeren Kälteanlagen	Anzahl	1.749	<i>Statistik Austria</i>
Jährliche Einsparung Umbau Kälteanlage zur Abwärmenutzung	kWh/a	94.751	<i>Eig. Berechnung auf Basis von Expertenbefragung & Firma Hauser Kühlanlagen GmbH</i>
	cent/kWh	6	<i>eig. Berechnung Energieträgermix</i>
	€/a	5.685	<i>eig. Berechnung</i>
Jährliche Einsparung an Betriebskosten (österreichweit)	GWh/a	165,7	<i>eig. Berechnung</i>
	Mio. €/a	9,9	<i>eig. Berechnung</i>

Quelle: eigene Berechnung

Ein jährliches Einsparpotential von 516,3 GWh durch Deckung des Warmwasser- bzw. Heizwärmebedarfs durch die Abwärmenutzung von Kälteanlagen in österreichischen Handels- und Gewerbeunternehmen erscheint für die gewählten Unternehmenssektoren als durchaus realistisch. Es ist jedoch erneut auf die unzureichende Datenlage bzw. betrieblichen Spezifika in diesem Bereich hinzuweisen. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Investitionen und damit verbundenen Einspareffekte aufgeteilt bis zum Jahr 2016 wirksam werden. Die damit einhergehende Entwicklung der monetären sowie energetischen Reduktion der Aufwendungen für Heizwärme ist in den Tabelle 4.4-6 und Tabelle 4.4-7 dargestellt.

Tabelle 4.4-8: Zusammenfassung des Investitionsvolumen und der energetischen Verbrauchsreduktion durch Abwärmenutzung bei Kälteanlagen als Zeitreihe bis 2016

Jahr	Investitionskosten	energetische	Monetäre
	[Mio. €/a]	Verbrauchsreduktion	Verbrauchsreduktion
		[GWh/a]	[Mio. €/a]
2008	15,8	57,4	3,4
2009	15,8	114,8	6,8
2010	15,8	172,2	10,2
2011	15,8	229,6	13,6
2012	15,8	287,0	17,0
2013	15,8	344,4	20,4
2014	15,8	401,8	23,8
2015	15,8	459,2	27,2
2016	15,8	516,6	30,6

Quelle: eigene Berechnungen

4.4.5 Maßnahmen zur elektrischen Energieeffizienz-Steigerung bei Prozesskältesystemen

Wie bei der Abwärmenutzung werden auch für die Potentialermittlung im Bereich Einsatz von Hocheffizienzmotoren für Kältekompressoren bzw. Systemoptimierungen wie Abtausteuern, Drehzahlregelung usw. Praxisbeispiele herangezogen. Für die Bewertung der Maßnahmen werden diese Referenzmaßnahmen als Benchmark analysiert und die anrechenbaren Einsparungen sowie abgeschätzten Kostenstrukturen (Betriebs- und Investitionskosten) auf die einzelnen Segmente übertragen. Dabei wurde berücksichtigt, dass es sich dabei um sogenannte Vorzeigeprojekte bzw. Best-practice-Beispiele handelt, und eine durchschnittliche Umsetzung wahrscheinlich geringere Einspareffekte zu höheren Investitionskosten bewirkt.

Eine genauere Quantifizierung der Einspareffekte bzw. generierten Kosten durch die Umsetzung von in Tabelle 4.4-9 angegebenen Maßnahmen im Bereich Kälteanlagen ist aufgrund deren Bandbreite und vorhandenen Datenlage nicht möglich. Maßnahmen wie Systemoptimierungen usw. sind einzelbetriebliche Maßnahmen, welche auch auf einzelbetrieblicher Ebene exakt beschreibbar sind. Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist je nach Anwendungsfall spezifisch zu prüfen, wie sich Investitionskosten durch energieeffizientere Kälteanlagenkomponenten im laufenden Betrieb durch die niedrigeren Betriebskosten amortisieren.

Der damit verbundenen maximalen Reduktion des jährlichen Stromverbrauchs dieser Maßnahmen von 1.103 GWh stehen Investitionen von rund 855 Mio. € gegenüber. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass diese Maßnahmen schrittweise zur Realisierung kommen, und die damit verbundenen Investitionen bis zum Jahr 2016 wirksam werden. Die Entwicklung der Investitionen im Vergleich zu den energetischen und monetären Verbrauchsreduktionen sind in Tabelle 4.4-10 zusammengefasst.

Das Gesamteinsparpotential ist jedoch immer unter Berücksichtigung der sehr unzureichenden Datenlage hinsichtlich IST-Verbrauch und spezifischen Investitionskosten zu

sehen.

Tabelle 4.4-9: Mögliche Einsparmaßnahmen und deren Einsparungspotentiale

	Anwendbarkeit	mittl. technisches Einsparpotential*	energetische Verbrauchsreduktion
Energieeffizienz-Maßnahme	[%]	[%]	[GWh]
hocheffiziente Kältekompressoren (mehrstufige, drehzahlgeregelte Antriebe)	45	10	262
Verminderung der Kühllast	25	5	73
Regelmäßige Reinigung u. Wartung	60	8	279
Verbesserte Wärmedämmung	40	6	140
Systemoptimierung (Verbundanlagen, Steuer- u. Regelungstechnik usw.)	60	10	349

* spezifische Werte (nicht kumulativ)

Tabelle 4.4-10: Vergleich der monetären Verbrauchsreduktion und der Investitionskosten

	Monetäre Verbrauchsreduktion	Investitions- kosten
Energieeffizienz-Maßnahme	[Mio. €]	[Mio. €]
hocheffiziente Kältekompressoren (mehrstufige, drehzahlgeregelte Antriebe)	47	292
Verminderung der Kühllast	13	81
Regelmäßige Reinigung u. Wartung	50	312
Verbesserte Wärmedämmung	25	156
Systemoptimierung (Verbundanlagen, Steuer- u. Regelungstechnik usw.)	63	390

Quelle: eigene Zusammenstellung, auf Basis von Daten aus: [200], [95], [13]

Zusammenfassung des Investitionsvolumen und der energetischen Verbrauchsreduktion durch die in Tabelle 4.4-11 angegebenen Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz-Maßnahmen bei Kälteanlagen als Zeitreihe bis 2016.

Tabelle 4.4-11: Zusammenfassung des Investitionsvolumens und der energetischen Verbrauchsreduktion durch Abwärmenutzung und elektrische Effizienzsteigerung bis zum Jahr 2016

Jahr	Investitionskosten	energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
	[Mio. €/a]	[GWh/a]	[Mio. €/a]
2008	95,0	122,5	15,3
2009	95,0	245,0	30,6
2010	95,0	367,5	45,9
2011	95,0	490,0	61,2
2012	95,0	612,5	76,5
2013	95,0	735,0	91,8
2014	95,0	857,5	107,1
2015	95,0	980,0	122,4
2016	95,0	1.102,5	137,7

Quelle: eigene Berechnung

4.5 Raumwärme

In diesem Abschnitt wird auf die Möglichkeiten, das Einsparungspotential von Endenergie im Bereich der Raumwärme im Industrie- und Dienstleistungssektor zu erhöhen, eingegangen. Der Anwendungsbereich Raumheizung, Klimaanlage und Warmwasser ist der zweitgrößte Verbrauchssektor in Österreich. Im Jahr 2007 lag der Endenergieeinsatz in diesem Bereich für alle Sektoren inklusive der privaten Haushalte bei etwa 84 TWh, was 28% des gesamten energetischen Endverbrauchs ausmachte. [221] Rund 20,8 TWh wurden für Raumbeheizung im Industrie- und Dienstleistungssektor aufgewendet. Das bedeutet, dass ca. 7% des gesamtösterreichischen Energieverbrauchs auf die Raumbeheizung in diesen Sektoren fallen.

Derzeit wird in vielen Betrieben die Optimierung des Energieverbrauchs im Raumwärmebereich vernachlässigt, obwohl gerade in diesem ein enormer Energieverbrauch stattfindet. So liegt der Mittelwert der Heizenergie in öffentlichen Gebäuden (z.B. Verwaltungsgebäuden) bei rund 100 kWh/m². [129]

In der Arbeitsstättenverordnung werden empfohlene Raumtemperaturen mittels folgender Richtwerte angegeben⁷⁰:

- Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung (z.B. Büroarbeit) 19-25 °C
- Arbeiten mit normaler körperlicher Belastung 18-24 °C
- Arbeiten mit hoher körperlicher Belastung > 12 °C

In Abhängigkeit vom jeweiligen Raumtyp wird die erforderliche Wärme in einer Anlage generiert, über ein Rohrleitungssystem zu dem betreffenden Raum befördert und dort vor Ort abgegeben. Eine Heizungsanlage besteht aus Komponenten zur Wärmeerzeugung, Wärmespeicherung, Wärmeverteilung, Wärmeübergabe und Steuerung oder Regelung der Anlage.

Die Heizungsanlagengliederung kann nach folgenden Kriterien vorgenommen werden:

⁷⁰ Siehe: http://www.esv.or.at/_oec_/fileadmin/esv_files/Unternehmen/Raumwaerme.pdf

- Lage der Wärmeerzeuger (Einzel-, Zentral- und Fernheizungen)
- Energieart zur Wärmeerzeugung
- Wärmeträger
- Art der Wärmeabgabe.

Durch Reduktion der Raumtemperatur um 1 °C können 5 -6% an Energie eingespart werden. Dazu ist es notwendig, Heizzeiten und Temperaturniveau zu optimieren und Heizungsanlagen mit Thermostatventilen nachzurüsten. Der Wärme- und Energieverbrauch kann nicht nur durch logistische, sondern vor allem auch durch technische Maßnahmen reduziert werden. Großes Einsparungspotential liegt beispielsweise in der Abwärmenutzung. Im Weiteren werden diese unterschiedlichen Maßnahmen näher erläutert.

Um Raumwärme zu erzeugen können verschiedene Techniken eingesetzt werden. Wärme kann durch den Einsatz von Brennstoffen oder mit Hilfe von elektrischer Energie generiert werden. Bei der Auswahl der richtigen Heizungstechnik (z.B. Wasserheizung, Luftheizung, Elektroheizung, Konstanttemperaturkessel, Niederwertkessel, Brennwertkessel, Elektroheizung, etc.) müssen viele Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Unterschiedliche Anforderungen an das Heizsystem müssen in Betracht gezogen werden. Es soll die Frage beantwortet werden: Wie muss die Heizungsanlage beschaffen sein, um die Luft energieeffizient, wirtschaftlich, bedienungsfreundlich, unter Berücksichtigung der rechtlichen Aspekte und zu bestimmten Zeiten auf eine vorgegebene Temperatur in Räumen, Betriebs- und Fertigungshallen zu bringen.

Im Folgenden werden zuerst verschiedene Wärmebereitstellungs- und Wärmeverteilungssysteme beschrieben und danach wird auf Energiesparpotentiale im Bereich der Raumwärme eingegangen.

4.5.1 Heizkessel und Wärmerückgewinnung

4.5.1.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

Im Industrie- und Dienstleistungssektor werden folgende Techniken zur Heizwärmeerzeugung eingesetzt:

- Strahlungsheizungen
- Niedertemperaturkessel
- Brennwertkessel
- Wärmepumpen
- KWK-Anlagen
- Blockheizkraftwerke.

Je nach verwendetem Brennstoff sind oder werden folgende Heizungssysteme in Betrieben installiert: Standard-Heizkessel (Erdgas oder Öl), Niedertemperatur-Heizkessel (Erdgas oder Öl), Brennwert-Heizkessel (Erdgas oder Öl), Kohle-Heizkessel, Stückgut-Heizkessel,

Pellets/Hackschnitzel-Heizkessel.

Je nach Gegebenheit und örtlichen Bedingungen in einem Betrieb wird die Entscheidung für eine der Techniken unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte gefällt.

So werden beispielsweise für die Beheizung von größeren Räumen und Hallen im Industrie- und Dienstleistungssektor meistens Luftheizgeräte mit Öl- oder Gasfeuerung verwendet. Die benötigte Wärmeleistung kann zwischen 100 kW und 1.000 kW betragen. Luftheizgeräte haben eingebaute Ventilatoren, welche für die Luftzirkulation sorgen. In Produktionshallen w anstatt einer großen Heizungsanlage oft mehrere Wandheizgeräte entlang der Außenwände eingebracht. Dadurch wird eine bessere Wärmeverteilung und eine einfachere Regelung erzielt.

In Folgenden werden einige Heizungssysteme genauer dargestellt.

Gas-Strahler

Für die Beheizung von Großräumen werden Gas-Infrarotstrahler eingesetzt. Dabei werden Infrarot-Hellstrahler und Infrarot-Dunkelstrahler voneinander unterschieden. Gasstrahler bestehen aus perforierten, keramischen Platten aus Katalyt, die bei Temperaturen von 800 bis 950°C zu glühen beginnen. In Infrarot-Dunkelstrahlern wird die Wärme durch Verbrennung eines Luft-Gasgemisches erzeugt. Auf einer bis zu 600 °C erhitzten Oberfläche wird die Energie in Form von Infrarotwellen an die Umgebung abgegeben. Der Wirkungsgrad einer Infrarot-Heizung liegt etwas über 90%. Diese zentralen Heizsysteme finden ihre optimale Anwendung in Räumen mit geringer Luftverunreinigung - beispielsweise Lagerhallen, Fertigungshallen, Einzelplätze in der Fertigung, Türbereiche. Dunkelstrahler finden ihre Anwendung in Hallen bis zu 6 m Höhe.[81]

Dezentrale Strahlungsheizungen arbeiten im Leistungsbereich von 10 bis 40 kW und haben einen sehr hohen energetischen Wirkungsgrad. Sie können beispielsweise bei Bedarf zur teilweisen Beheizung von Hallen eingesetzt werden. Infrarot-Dunkelstrahler können auch in dezentralen Systemen zum Einsatz kommen. Dezentrale Heizsysteme weisen einen Leistungsbereich von 89 bis 1600 kW und etwas niedrigere Wirkungsgrade als zentrale Anlagen auf. [58]

Hellstrahler erreichen eine Temperatur bis zu 950 °C an der Oberfläche und übertragen Wärme nur mit sehr geringen Verlusten an ihre Umgebung. Der Wirkungsgrad eines Infrarot-Hellstrahlers beträgt etwas über 95%, deshalb wird dieser in Hallen mit einer Höhe von über 6 m verwendet.

Für den Einsatz einer Strahlungsheizung zum Zweck der Großraum- und Hallenbeheizung sprechen folgende Faktoren:[81]

- Heizkosten fallen in Vergleich mit anderen Heizungsanlagen geringer aus
- Installation der Anlage ist einfach
- Wartungsaufwand ist gering
- Keine Staubaufwirbelung
- Zonenbeheizung, Teilbeheizung möglich
- Geräuschfrei
- Minimale (kurze) Aufheizzeiten
- Trägermedium friert nicht ein

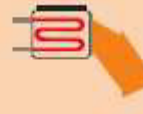
- Betriebssicherheit ist hoch
- Kein extra Heizungsraum oder Lagerraum ist erforderlich
- Einsetzbar in hohen Hallen, da keine Temperaturschichten im Raum gebildet werden
- Einsetzbar in Hallen mit einer Höhe ab 3 – 5 m
- Geringe Wärmeverluste
- Heizungssystem ist um zusätzliche Module erweiterbar
- Vorteilhaft bei geöffneten Hallentoren
- Energieeinsparung gegenüber herkömmlichen Hallenheizungsanlagen liegt bei 30-50%

Infrarot-Strahlung erzielt eine Energiekostensparnis von 30 bis 45% im Vergleich zu herkömmlichen Hallenheizungssystemen. Dabei wird eine gleichmäßige und als angenehm empfundene Wärme ausgestrahlt. In größeren Räumen bzw. Hallen können ausgewählte Teilflächen beheizt werden. Der Vorteil dieser Heizung liegt in schnellen Aufheizungszeiten und es kommt zu keiner Zugluft oder Staubaufwirbelung, was in Industriebetrieben von großer Bedeutung ist. Die Wärme bleibt im nutzbaren Bereich und wird nicht wie bei herkömmlichen Heizungen mit der erwärmten Luft nach oben gezogen. [204]

Warmluft- und Strahlungssysteme sind mögliche Techniken zur Hallen- und Großraumbeheizung. Warmlufterzeuger funktionieren in ähnlicher Weise wie öl- oder gasbefeuerte Heizungsanlagen, wobei die Verbrennungswärme dem zu beheizenden Raum unmittelbar zugeführt wird.

In der folgenden Tabelle findet der Vergleich zwischen Warmlufterzeugern und Strahlungsheizung nach verschiedenen, für Betriebe relevanten, Kriterien statt.

Tabelle 4.5-1: Vergleich von Warmlufterzeugern mit Strahlungsheizung

Systeme Eigenschaften	Warmlufterzeuger		Strahlungsheizung	
	direkt 	indirekt 	Hellstrahler 	Dunkelstrahler 
Anlagenwirkungsgrad	gut	geringer	sehr gut	sehr gut
Hilfsenergiebedarf	erheblich	erheblich	sehr gering	gering
Geräusche	vorhanden	vorhanden	keine	vorhanden
Luftbewegung	ja	ja	nein	nein
Lufterneuerung	möglich	möglich	nicht möglich	nicht möglich
Aufheizzeit	kurz	lang	sehr kurz	kurz
Teilbereichsheizung	bedingt möglich	bedingt möglich	möglich	möglich
Beheizung von Räumen mit leicht entzündbaren Stoffen	bedingt möglich	möglich	bedingt möglich	bedingt möglich

Quelle: Erdgas für die Beheizung von Großräumen und Hallen, Bundesverband der deutschen Gas und Wasserwirtschaft (BGW), 1999.[81]

Zentralheizung

In einem Heizkessel wird Wasser auf die gewünschte Temperatur gebracht und mit Hilfe von Pumpen durch Rohrleitungssysteme zu den Heizkörpern transportiert. Beim Heizen mit Fernwärme bleibt die Wärmeverteilung im Gebäude selbst gleich, nur wird die Wärme in diesem Fall nicht vom eigenen Heizkessel geliefert, sondern von einem Kraftwerk. [69]

Niedertemperatur-Heizkessel

Für Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung im Industrie- und Dienstleistungssektor wird Wärme bei niedrigeren Temperaturen nachgefragt. In einem geeigneten Kessel können Abgastemperaturen auf ein niedrigeres Temperaturniveau gebracht werden. Hervorragend eignet sich dazu ein Niederwertkessel, der einen höheren energetischen Nutzungsgrad aufweist. In Betrieben werden zur Raumwärmebereitung vermehrt Kessel der Leistungsklasse von etwa 500 kW thermisch eingesetzt. Am Markt werden sowohl öl-, als auch gasbefeuerte Niedertemperatur-Heizkessel angeboten. Um Wärmeverluste des Kessels zu reduzieren, lässt sich die Wassertemperatur des Kessels in Abhängigkeit von Außentemperatur und Raumwärmebedarf stufenweise regeln. Die modernen Kessel können auch bei sehr niedrigen Temperaturen eingesetzt und bei Bedarf z.B. im Sommer komplett ausgeschaltet werden. Niedertemperatur-Heizkessel sind am europäischen Markt in fast allen Leistungsbereichen (von kW bis MW) erhältlich. Diese gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Es werden Kessel mit Gebläsebrennern oder mit atmosphärischen Brennern angeboten. Niedertemperatur-Heizungen sind weit verbreitet. Sie haben einen Heizkesselwirkungsgrad von ca. 91% und eine Heizkesseltemperatur von 60°C. [58]

Niedertemperaturkessel gibt es in folgenden Ausführungen:

- Gaskessel mit atmosphärischem Brenner
- Gaskessel mit Gebläsebrenner
- Gas-Etagenheizung (Umlauf-Gaswasserheizer)
- Ölkessel mit Gebläsebrenner

Für Raumbeheizung im Industrie- und Dienstleistungssektor sind Niedertemperaturkesseln weniger geeignet als Brennwertkesseln.

Brennwertkessel

Die Brennwerttechnik ist eine Weiterentwicklung des Niedertemperaturkessels. Bei der Brennwerttechnik werden Rauchgase auf Raumtemperatur abgekühlt, sodass der gesamte Stoffbrennwert ausgenutzt wird. Damit lässt sich der Energieverbrauch noch weiter reduzieren und die Stickoxid-Emissionen erheblich senken. Bei der Brennwerttechnik wird die Kondensationsenthalpie des Wasserdampfs im Abgas genutzt. Bei Gasfeuerungen können mit Hilfe der Brennwerttechnik Wirkungsgrade bis zu 104%, bezogen auf den Heizwert, erzielt werden.

Am Markt sind derzeit Brennwertkessel in vielen Leistungsbereichen erhältlich. Für die Raumbeheizung gelten niedrigere Temperaturanforderungen, deshalb eignen sich Brennwertkessel dafür hervorragend.⁷¹

Im Gegensatz zu konventionellen Kesselanlagen, die derzeit vor allem im Industriesektor breite Anwendung finden, nutzen Brennwertkessel die zur Verfügung stehende latente Wärme aus. Die Brennwerttechnik ist im Hinblick auf Energieeffizienz eine interessante und sehr gut geeignete Alternative, um in Betrieben die Kosten für Raumbeheizung zu reduzieren. Derzeit wird die Brennwerttechnologie selten in der Industrie eingesetzt. Die mögliche Reduktion der Energie bei Einsatz der 15 MW Kessels beträgt rund 5 GWh jährlich. [110]

Wärmepumpen

Eine Wärmepumpe entzieht ihrer Umwelt Wärme und stellt diese dem Heizsystem zur Verfügung.

Eine Wärmepumpe kann die Temperatur aus folgenden Wärmequellen nutzen: Grundwasser, Erdreich, Außenluft, Abwasserwärme. Wärmepumpen nutzen die Wärme aus ihrer Umgebung mit Hilfe von Zusatzenergie. Bei der Zusatzenergie kann es sich um Strom oder um Gas handeln. Durch den Einsatz von Wärmepumpentechnologie kann die Wärmeenergie einer Wärmequelle durch Anreicherung mit höherwertiger Energie auf ein gewünschtes Betriebstemperaturniveau gebracht werden. Die dafür benötigte exergetische Energie kann in Form mechanischer Energie oder Wärme bzw. Abwärme in das System eingebracht werden, dem entsprechend kommen Kompressions- oder Absorptionswärmepumpen zum Einsatz. Die Heizleistung einer Wärmepumpe hängt von der Temperatur der Wärmequelle und dem Wärmeverbrauch ab. Wärmepumpen können in monovalenten Betrieb, wo sie allein für die gesamte Wärmeerzeugung eingesetzt werden,

⁷¹ Siehe: ebenda, S. 88-89

oder in bivalenten Betrieb arbeiten. In letzterem wird die Wärmepumpe gemeinsam mit einem Kessel verwendet. Hier unterscheidet man die bivalent-parallele betriebsweise (beide Wärmeerzeuger arbeiten gleichzeitig) oder den Bivalent-alternativen Betrieb (nur ein Wärmeerzeuger arbeitet).

Vorteile von Wärmepumpen:

- niedrige CO_2 -Emissionen
- exzellente Abgasbilanz
- kein Vorratsraum notwendig
- platzsparend.

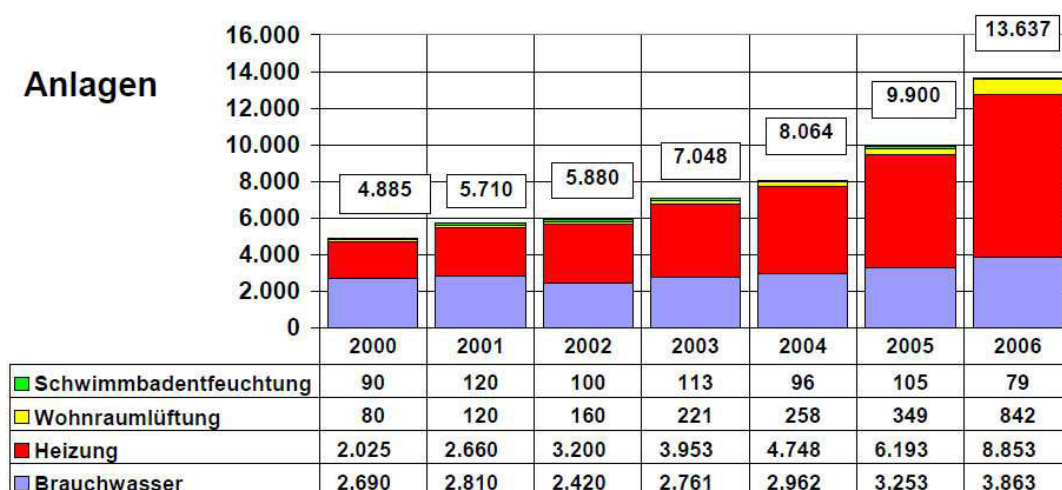
In Industrie- und Dienstleistungsbereich werden diese erfolgreich zur Raumbeheizung verwendet, vor allem wenn eine höhere Temperatur für den Wärmeabnehmer benötigt wird als die Abwärme hat, ist es sinnvoll, den Einsatz einer Wärmepumpe für die Temperaturerhöhung in Betracht zu ziehen. In der Industrie ist derzeit der Einsatz von Wärmepumpen bei älteren Gebäuden selten, im Gegensatz dazu werden bei Neuplanungen der Heizungssysteme vermehrt Wärmepumpen installiert. In Hallen findet man vor allem den Einsatz von Luftwärmepumpen. Die Installation so einer Anlage ist vergleichsweise einfach.

Der Wärmepumpen-Einsatz erweist sich in einem Gewerbeobjekt gegenüber konventionellen Anlagen als vorteilhaft. Die Jahresgesamtkosten für eine Wärmepumpenanlage (Heizung 120 kW) belaufen sich pro Wärmepumpe auf ca. 14.500 €/a. Dies ist im Vergleich zu einer Ölheizung (Gesamtkosten 21.400 €/a) jährlich um 6.900 € weniger und verglichen mit einer Gasheizung um 1.400 €/a geringer. So können beispielsweise mit dem Einsatz einer Wärmepumpe bei der Beheizung eines Bürogebäudes (1000 m³, 70 MWh/a) zwischen 50% und 80% an Energie eingespart werden.

Im der Industrie können vor allem Groß-Wärmepumpen mit einem Leistungsbereich von 100 kW bis 1.500 kW Heizleistung eingesetzt werden. Derzeit existieren keine Bestandszahlen für Groß-Wärmepumpen in Österreich. Dennoch kann das Potential von Groß-Wärmepumpen für den Raumwärmebereich nach Recherchen der Autoren auf ca. 287 GWh geschätzt werden (6,6% des Energiebedarfs der österreichischen Industrie für Raumwärme). [140]

Der Wärmepumpenmarkt in Österreich zwischen den Jahren 2000 und 2006 bildet sich folgendermaßen ab:

Tabelle 4.5-2: Wärmepumpenmarkt in Österreich



Quelle: [96]

4.5.1.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale von Wärmepumpen

Der Anteil des Endenergieverbrauchs im Dienstleistungssektor lag im Jahr 2004 bei 11,7%. Diese, ist durch ein jährliches Wachstum von ca. 1,6% gekennzeichnet. Der Anteil des energetischen Verbrauchs des Industriesektors betrug 36,1%. Der Endenergieverbrauch des Industriesektors steigt durchschnittlich von Jahr zu Jahr um 0,5%. [231]

Folgende Tabelle 4.5-3 zeigt die Potentiale des Wärmepumpeneinsatzes in unterschiedlichen Branchen:

Tabelle 4.5-3: Potentiale von Wärmepumpen bis zum Jahr 2020

Branche		Gastronomie, Hotellerie	Öffentliche Verwaltung	Unterricht	Gesundheit	Versicherungen Kredit
Maximale Potential WP in Bereich Raumwärme	klein ⁷²	50%	50%	50%	25%	25%
	mittel ⁷³ & groß ⁷⁴	25%	10%	10%	5%	5%
Branche		Unternehmen in DL	Sonstige DL	Industrie / Gewerbe		
Maximale Potential WP in Bereich Raumwärme	klein	25%	25%	50%		
	mittel & groß	5%	5%	10%		

Quelle: [231]

Um den Nutzenergieverbrauch im Bereich Raumwärme/Warmwasser zu ermitteln wurden die Werte von der Statistik Austria mit Hilfe durchschnittlicher Wachstumsraten auf das Jahr 2016 hochgerechnet.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Potentiale und Einsparungen in Industrie- und Dienstleistungssektor gegliedert nach Branchen beim Einsatz von Wärmepumpen statt herkömmlicher Heizungsanlagen. Der Nutzwärmebedarf für den Bereich Raumwärme, Warmwasser und Klima wird unter Berücksichtigung von durchschnittlichen Wachstumsraten von 0,5% im Industrie- und von 1,6% im Dienstleistungssektor geschätzt.

⁷² Kleine Betriebe mit 1-9 Beschäftigten

⁷³ Mittlere Betriebe mit 10-49 Beschäftigten

⁷⁴ Große Betriebe mit 50 und mehr Beschäftigten

Tabelle 4.5-4: Potentiale für Wärmepumpen im Industrie- und Dienstleistungssektor bis 2016

	Gastronomie Hotellerie	Öffentliche Verwaltung	Bereich Schule	Bereich Gesundheit	Kredit, Ver- sicherungen	Untern. DL	Sonst. DL	Industrie Gewerbe	Summe
Max. % Potential WP	42%	34%	34%	17%	17%	17%	17%	34%	
Nutzenergie 2016 in GWh	2323,7	1.519	4.234	3.340	513	413	4.893	7.597	24.833
Nutzenergie WP 2016	883	206	684	334	50	51	663	1063	3934
Endenergie konventionelle Heizsystem; durchschnittliche Wirkungsgrad [1] $\eta = 92\%$	960	24	744	363	54	44	720	1156	4276
Strom WP in GWh (JAZ[2] = 4)	221	52	171	83	12	13	166	266	984
Einsparung WP in GWh	739	173	573	280	42	42	554	890	3293

Quelle: [231], eigene Berechnungen

Der geschätzte Nutzenergiebedarf beträgt 24.833 GWh. Durch Wärmepumpen können rund 3.934 (15,8%) GWh erzeugt werden. Die Einsparung gegenüber konventionellen Heizungsanlagen beträgt 3.293 GWh, was bedeutet, dass Endenergieeinsparungen von bis zu 77% möglich sind. Bis zum Jahr 2016 können daraus 560 GWh (17% Reduktion) eingespart werden.

4.5.1.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme

Nach Recherchen der Autoren schwanken die durchschnittlichen Investitionskosten der jährlichen Verbrauchsreduktion zwischen 30 und 80 Cent/kWh. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass diese Kosten je nach spezifischem Bedarfsfall und gegebenen Rahmenbedingungen deutlich schwanken können. Für die weiteren Berechnungen werden durchschnittliche Investitionskosten von 55 Cent/kWh angenommen.

Um die besagten 560 GWh bis zum Jahr 2016 einsparen zu können, sind Investitionskosten von 308 Mio. € notwendig. Für die Berechnungen wird davon ausgegangen, dass sich diese Kosten über 9 Jahre gleichmäßig verteilen. In der folgenden Tabelle wird die Entwicklung von Investitionen und Einsparungen demonstriert.

Tabelle 4.5-5: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Ersatz von konventionellen Heizungsanlagen durch Wärmepumpen

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	34 Mio. €	62 GWh/Jahr	4,56 Mio.€
2009	34 Mio. €	124 GWh/Jahr	9,12 Mio.€
2010	34 Mio. €	186 GWh/Jahr	13,68 Mio.€
2011	34 Mio. €	248 GWh/Jahr	18,25 Mio.€
2012	34 Mio. €	310 GWh/Jahr	22,82 Mio.€
2013	34 Mio. €	372 GWh/Jahr	27,4 Mio.€
2014	34 Mio. €	434 GWh/Jahr	32 Mio.€
2015	34 Mio. €	496 GWh/Jahr	36,5 Mio.€
2016	34 Mio. €	558 GWh/Jahr	41,1 Mio.€

Quelle: eigene Berechnung

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass sich Investitionen in die Installation von Wärmepumpen etwa nach 7 Jahren amortisieren. Diese Zahlen können von Branche zu Branche und darin von Betrieb zu Betrieb stark variieren. An dieser Stelle ist nur eine allgemeine Aussage mit einem Richtwert möglich und keine präzise Auswertung von Einsparungspotentialen, da diese in der Praxis von sehr vielen Faktoren beeinflusst werden.

Kraft –Wärme-Kopplungsanlagen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen generieren gleichzeitig Strom und Wärme. Ob diese Anlagen genutzt werden können, wird von bestimmten Voraussetzungen bestimmt. Die Leitungsnetze sind für die Strom- und für die Wärmeverteilung notwendig. Es ist möglich, Anlagen dem Strom- oder Wärmebedarf anzupassen. Im europäischen Raum werden in der Industrie und im Dienstleistungssektor großteils Dampfturbinen-Heizkraftwerke eingesetzt. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen stellen eine gute Alternative zu herkömmlichen Kraftwerken dar. Dampfturbinen-Heizwerke werden mit Öl, Gas oder Kohle befeuert. Die Wahl der passenden KWK-Anlage muss unter Berücksichtigung des Wärmebedarfs und von wirtschaftlichen Aspekten geschehen.⁷⁵ An dieser Stelle können nur allgemeine Aussagen getroffen werden. Eine genauere Quantifizierung von Einsparpotentialen und Kosten im Bereich der Raumwärme ist aufgrund nicht näher spezifizierter Datenmengen zu KWK-

⁷⁵ Siehe: <http://oops.ibit.uni-oldenburg.de/volltexte/incoming/2003/606/pdf/kap02.pdf>

Anlagen in Österreich nicht machbar.

Laut Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates von 5. April 2006 werden die Energieeffizienz-Maßnahmen im Bereich Kraft-Wärme-Kopplung bei der Anrechnung im Industriesektor nur dann berücksichtigt, wenn „sie zu Energieeinsparungen führen, die sich gemäß den Leitlinien in Anhang IV eindeutig messen und überprüfen oder schätzen lassen, und wenn ihre Energieeinsparwirkungen nicht bereits im Rahmen anderer Maßnahmen angerechnet worden sind“ [85]. Somit werden im Industriesektor nur hocheffiziente KWK-Anlagen berücksichtigt. Als hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen gelten solche, durch die eine Primärenergie von mindestens 10% im Vergleich zur getrennten Strom- und Wärmeerzeugung eingespart werden kann.

Im Industriesektor können folgende KWK-Technologien eingesetzt werden:

- Gasturbinen
- Dampfturbinen: wandeln mechanische Energie durch einen Generator in elektrische um. Wärmedampf wird zur Generierung der Wärme genutzt. Diese werden in Industrie- und Energieversorgungsunternehmen installiert. Der Leistungsbereich liegt zwischen 0,5 MWel bis mehreren 100 MWel. Dampfturbinen sollen dort verwendet werden, wo stetiger Bedarf an Wärme besteht.
- Dampfturbine mit Entnahme- Kondensationsdampfturbinen: Hier kann ein Teil des Dampfs zur Wärmebereitstellung entnommen werden. Der restliche Dampf dient der Stromerzeugung.
- Dampfturbine mit Gegendruckdampfturbinen: Hier steht Wärme direkt aus dem Prozessdampf zur Verfügung.
- Gasturbinen mit Wärmerückgewinnung: bestehen aus Verdichter, Turbine, Brennkammer, Wärmetauscher. Die verdichtete Luft wird der Brennkammer gemeinsam mit dem Brennstoff zugeführt. Dabei entstandenes Rauchgas wird in der Turbine, die den Stromgenerator antreibt, entspannt. Das entstehende Abgas und die Abwärme werden zum Zweck der Wärmeerzeugung rückgeführt. Gasturbinen mit Leistungen über 30 MWel werden in Betrieben mit konstantem Wärmebedarf installiert.
- Verbrennungsmotoren
- Mikroturbinen: funktionieren wie Gasturbinen. Sie werden in BHKW eingesetzt. In Österreich waren im Jahr 2004 vier Anlagen im Betrieb.
- Stirling-Motoren: sind Wärmekraftmaschinen; Stirling-Motoren wandeln die Wärmeenergie in mechanische Energie um. Sie sind wartungsarm. Stirlingmotoren sind für Kleingewerbe geeignet. Im Jahr 2004 gab es in Österreich 2 solche Anlagen.
- Brennstoffzellen: wandeln die im Brennstoff enthaltene Energie sogleich in Strom und Wärme um. Sie können für dezentrale Wärme- und Stromerzeugung eingesetzt werden.
- Dampfmaschinen

- Anlagen mit Rankine-Kreislauf organischem Fluid (ORC): ORC-Prozesse funktionieren auf die gleiche Art und Weise wie Dampfturbinen-Prozesse, mit dem Unterschied, dass bei ORC-Anlagen anstatt Wasser ein organisches Fluid verwendet wird, das bereits bei niedrigen Temperaturen verdampft. Deshalb sind ORC-Anlagen besonders gut geeignet bei der Gewinnung von Energie aus Biomasse und auch für die dezentrale Versorgung.

KWK-Heizungsanlagen können in folgende zwei Gruppen unterteilt werden [200]:

1. Anlagen mit einem Freiheitsgrad (Verbrennungskraftmaschinen, Brennstoffzellen, Gegendruckturbinen, Gasturbinen): Hier kann das Verhältnis zwischen Wärme- und Stromerzeugung nicht verändert werden. Für die Raumwärmebereitstellung werden in Industrie- und Dienstleistungssektor vor allem die Verbrennungskraftmaschinen eingesetzt.
2. Anlagen mit zwei Freiheitsgraden: Das Verhältnis zwischen Wärme- und Stromerzeugung ist frei einstellbar. BHKW gibt es nicht mit 2 Freiheitsgraden.

Der KWK-Einsatz ist der effizienteste Weg zu Wärme- und Stromerzeugung. Durch ihn können bis zu 36% an Primärenergie eingespart werden. Die KWK wird gefördert, da derzeit laut Schätzungen der BMWI nur 5% des KWK-Potentials im Industrie- und Gewerbesektor genutzt werden. [138]

Die Investitionskosten für hocheffiziente KWK-Anlagen liegen laut einer Studie des Bremer Energie Instituts bei ca. 25 – 35 Cent/kWh und laut anderen Quellen zwischen 20 und 40 Cent/kWh. [65], [70]

Blockheizkraftwerke

Blockheizkraftwerke (BHKW) werden in der Industrie und im Dienstleistungssektor sowie öffentlichen Einrichtungen für die gekoppelte Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme eingesetzt. Dabei können Emissionen und Verbrauch der Primärenergie vermindert werden. Diese werden für die Abdeckung des Wärmebedarfs in einem Versorgungsgebiet ausgelegt. Eine BHKW-Anlage kann auf viele Arten realisiert werden. [200]

Eine BHKW-Anlage besteht aus mehreren BHKW-Modulen, einem Spitzenlastkessel und manchmal aus einem Wärme-Pufferspeicher. Verbrennungskraftmaschinen werden mit Diesel oder Erdgas angetrieben. Die Leistungsabgabe geschieht durch das Ein- und Ausschalten der Einzelkomponenten der BHKW-Anlage. [200]

Durch den BHKW-Einsatz in Nichtwohngebäuden kann Energie im Bereich Raumwärme und Warmwasser eingespart werden. Ob eine BHKW-Heizanlage in einem Betrieb eingesetzt werden soll, hängt vom Wärmebedarf im jeweiligen Unternehmen ab.

Für den KWK und BHKW Einsatz sprechen folgende Faktoren:

- Ressourcenschonung
- Reduktion von CO₂-Emissionen und Luftschadstoffen
- Kurze Amortisationszeiten
- Wirtschaftlichkeit.

Tabelle 4.5-6: Übersicht KWK-Technologien I

	Dampfturbine	Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)	Gasturbine	Cheng Cycle	Gas und Dampf Kombination (GuD)	Organic Rankin Cycle (ORC)
Primärenergieträger	Erdgas, Steinkohle, Braunkohle	Steinkohle, Braunkohle	Erdgas	Gas, Erdöl, Kohle- vergasung	Erdgas, Heizöl extra leicht	Biomasse, grundsätzlich ist jedoch jeder Primärenergieträger möglich
Verstromungsgrad	46%	k.A.	40%	40%	34%-40%	10%-20%
Stromkennziffer	15%-30%	k.A.	72%	57%-72%	68%-90%	13,3%-30%
Gesamtnutzungsgrad	70-85	k.A.	85	70%-85%	84%	85
Spez. Investitionskosten	1.022,6 €/kW _{el}	1.124,9 €/kW _{el}	613,6 €/kW _{el}	k.A.	562,4 €/kW _{el}	k.A.
fixe Betriebskosten	51,16 €/kW _{el}	53,69 €/kW _{el}	30,7 €/kW _{el}	k.A.	28,1 €/kW _{el}	k.A.
variable Betriebskosten	2,56 €/kW _{el}	3,07 €/kW _{el}	1,5 €/kW _{el}	k.A.	1,5 €/kW _{el}	k.A.
Freiheitsgrad	2	2	1	1	2	1
Entwicklungsstand	Marktreife	Marktreife	Marktreife	Marktreife	Marktreife	von Demonstrationsstadium bis Marktreife
Leistungsbereich	~0,5 bis 30 MW _{el} und größer	Ab 30 MW _{el}	Ab 5 MW _{el}	Ab 20 MW _{el}	Ab 20 MW _{el}	0,2-1,5 MW _{el}

Quelle:[229]

Tabelle 4.5-7: Übersicht KWK-Technologien II

	Hubkolbenmotor	Microgasturbine	Stirlingmotor	Brennstoffzelle
Primärenergieträger	Erdgas, Diesel, Biotreibstoffe, Sondergase	Erdgas, Heizöl extra leicht	Dieseltreibstoffe, Erdgas, Biogas, Klärgas, Holzpellets, Hackschnitzel, Abwärme,...	
Verstromungsgrad	27%-30%	22%-30%	21%-28%	35%-40%
Stromkennziffer	39%-66%	41%-44%	24%-33%	63%-80%
Gesamtnutzungsgrad	88%-89%	72%-89%	63%-86%	bis 90%
Spez. Investitionskosten	13.500 bis 91.000 €	850-2.410 €/kW _{el}	24.900 €	1.278-1.534 €/kW _{el}
fixe Betriebskosten	1,7-2,0 Cent/kW _{el}	0,01-0,02 €/kW _{el}	k.A.	71,6-22 €/kW _{el}
variable Betriebskosten	3,1-3,5 Cent/kW _{el}	k.A.	1-1,5 Cent/kW _{el}	9,2-15,3 €/kW _{el}
Freiheitsgrad	1	1	1	1
Entwicklungsstand	Marktreife	Demonstrationsstadium bis Marktreife	Demonstrationsstadium	Demonstrationsstadium
Leistungsbereich	5 kW _{el} -20kW _{el}	20 kW _{el} -250 kW _{el}	2 kW _{el} -50kW _{el}	bis 500 kW _{el}

Quelle: [229]

4.5.1.4 Wärmerückgewinnung

Unter Wärmerückgewinnung wird die Mehrfachnutzung von Wärme verstanden. Viele Betriebe geben Wärme an die Umgebung ab. Diese wird oft nicht weiter genutzt und daher verschwendet. In industrieller Abwärme steckt ein enormes Potential für Wärmerückgewinnung. Durch innovative moderne Lösungen und Verknüpfung von unterschiedlichen Verfahren könnte durch Reduktion der Primärenergiezufuhr eine höhere Energieeinsparung erzielt werden. Eine genauere Analyse der Energiegewinnung im Betrieb ist unerlässlich, um die Nutzung von Abwärme zu optimieren. Die Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung werden durch unterschiedliche technische Komponenten, Systeme und Lösungen unterstützt. [134]

Insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen schlummern noch ungenutzte Potentiale der Mehrfachnutzung von Wärme. Es gibt viele Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung in der Raumtechnik. [1]

In Industriebetrieben wird Prozesswärme hauptsächlich aus Produktionsprozessen mit hohen Temperaturen weiter- oder wiederverwendet. Abwärme aus Prozessen mit vergleichbar niedrigeren Temperaturen (50-150 °C) oder aus Raumluftanlagen bleibt oft ungenutzt. Jährlich werden 25% der Prozesswärme nicht rückgeführt und somit für keine anderen Prozesse und Vorgänge weiterverwendet. Die Abwärme wird aus folgenden Gründen nicht genutzt [39] [1].

- Temperaturniveau scheint zu niedrig zu sein
- Entfernung ist zu groß und beschränkt (wegen Wärmeverlusten nicht wirtschaftlich)

- Die Abwärme soll möglichst gleich nach ihrem Anfall genutzt werden. Eine prozessinterne Nutzung der Wärme ist vorteilhaft. Durch Wärmespeicher können zeitliche Unterschiede außer Acht gelassen werden.
- Das Heizsystem scheint unwirtschaftlich zu sein.
- Transport oder Energiegewinnung aus wärmeführenden Stoffen ist unwirtschaftlicher als der Brennstofftransport.

Die Effizienz der Wärmegewinnung eines Wärmetauschersystems kommt in der Rückwärmzahl zum Ausdruck. Die gewählte Rückwärmzahl des Systems soll ökonomisch vertretbar sein. Ab einem gewissen Wert steigen die Anschaffungs- und Einbaukosten mit dem Anstieg der Rückwärmzahl eskalierend auf. [1]

Durch Einsatz von modernen Technologien (Wärmepumpen, Brüdenverdichtern) kann die Abwärme mit niedrigerer Temperatur auf nutzbare Temperatur erwärmt werden. Bei den hohen Temperaturen soll die Abwärme mehrfach genutzt werden. [39] Ob und wie viel Abwärme zurückgewonnen werden kann, hängt von mehreren Faktoren ab. So kommen beispielsweise in der stahlverarbeitenden Industrie Österreichs jährlich rund 8.956 GWh Öl, 12.965 GWh Gas und 259 kWh Strom zum Einsatz. Ein Teil dieser Energie fließt ungenutzt in die Umgebung und kann der Wirtschaft mit dem Einsatz von Wärmerückgewinnungstechnologien rückgeführt werden. [137]

Wärmerückgewinnung kann mit Hilfe eines Wärmetauschers, Wärmespeichers oder einer Wärmepumpe in einem Unternehmen realisiert werden. Bei der Wärmerückgewinnung werden rekuperative und regenerative Systeme unterschieden.

Der **Wärmetauscher** hat sich bereits in der Praxis als eine gute Alternative für die Wärmerückgewinnung bewährt. Wärmetauscher übertragen die Wärme von einem Medium auf ein anderes. Durch einen Wärmetauscher wird Abwärme direkt oder über eine Zwischenkomponente einem anderen Prozess zugeführt. Die Wärmeübertragung reduziert das Temperaturniveau. Am Markt gibt es derzeit viele Typen von Wärmetauschern, je nach Bedarf und Einsatzfall. Wird Abwärme nicht gleich für eine weitere Nutzung benötigt, muss sie mittels Wärmespeicher oder regenerativer Wärmetauscher abgespeichert werden. [134]

Die Wärmerückgewinnungs-Systeme bestehen aus vielen Komponenten: Wärmetauscher, Regelung, Ventile, Armaturen, Pumpen, Rohre, Bypass und so weiter.

Wärmetauscher (Wärmeüberträger) werden wegen ihrer sehr hohen Temperatur- und Leistungsbandbreite im Industrie- und Dienstleistungssektor oft für die Raumwärmeerzeugung eingesetzt. Wärmetauscher werden nach folgenden Kriterien unterschieden: Bauart, Betriebsweise, Wärmeübertragung (direkt oder indirekt), Aggregatzustand der Fluide (Wärmestrom mit Phasenänderung und ohne Phasenänderung), Temperatur und Druck. [190]

- Bauart: In der Raumwärmetechnik kommen oft Rohrbündel-Wärmetauscher zum Einsatz. Glattrohre, Haarnadelrohre, Doppel(Feld)rohre oder Rohrregister werden im weiteren nach der Art der Befestigung (Sammler, Platten) oder Bündelführung (Wickelbündel, Spiralrohr) unterteilt.
- Wärmeübertragung: Sie kann auf direktem (Einspritzkondensatoren, Trennstufen) oder indirektem (Kessel, Rohsysteme, Pfannen) Wege geschehen.

- Aggregatzustand der Fluide: Vorwärmer und Luftkühler sind Beispiele für Wärmetauscher mit Strömen ohne Phasenänderung. Kondensatoren sind Wärmetauscher mit Phasenänderung.
- Betriebsweise: Wärmetauscher werden in andauernd (Rekuperatoren) und nicht andauernd durchgeströmte (Regeneratoren) unterteilt.
- Temperatur und Druck: Wärmetauscher werden einer der folgenden Kategorien zugeordnet: Wärmeüberträger für tiefe (bis -100 °C), normale (50 bis 500 °C) und hohe (bis 1400 °C) Temperaturen, sowie Vakuum, Niederdruck, Hochdruck und Höchstdruck.

Der Wahl des passenden Wärmetauschers soll in Abhängigkeit von den betriebenen Heizungsanlagen, den betrieblichen Randbedingungen, den Temperaturverhältnissen und anderen einflussausübenden Faktoren geschehen.⁷⁶ Ist es nicht möglich, den Anfall und Bedarf von Wärme gleichzeitig zu nutzen, wird diese mit Hilfe der Wärmespeicher gepuffert. Für Raumbeheizung kommen in den meisten Fällen die Wasserspeicher (optimal bei Temperaturen < 100 °C) zum Einsatz.

Die folgenden Wärmetauscher kommen in Betrieben und Dienstleistungsunternehmen zum Einsatz⁷⁷, [134]:

- Kreuzstromwärmetauscher (Rückwärmezahl ohne Kondensation 40-70%): Wärme wird über die Trennwände der getrennten Kanäle für Zu- und Abluft ausgetauscht.
- Rotationswärmetauscher (Rückwärmezahl ohne Kondensation 65-80%): Hier wird noch zusätzlich die Feuchtigkeit von Ab- und Zuluft übertragen und somit Wärme für die Luftbefeuchtung zurückgewinnen. Rotationswärmetauscher werden vor allem zur Wärmerückgewinnung einer Fertigungshallen- oder Gebäudelüftung eingesetzt. Vorteile von Rotationswärmetauscher sind: kein Zwischenmedium notwendig, keine Umwälzpumpe notwendig, Stromverbrauch wird gemindert, Wirkungsgrad bis 85%. Als Nachteil kann an dieser Stelle der hohe Platzbedarf genannt werden.
- Kreislaufwärmetauscher
- Plattenwärmetauscher (Rückwärmezahl ohne Kondensation 45-65%)
- Wärmerohr (Rückwärmezahl ohne Kondensation 35-70%)
- Rohrbündel-Wärmetauscher werden im Bereich Abwärmenutzung verwendet. Die dadurch gewonnene Wärme wird den Prozessen rückgeführt. Rohrbündel-Wärmetauscher sind universell einsetzbar, werden jedoch im Bereich Raumwärme vom Platten-Wärmetauscher verdrängt. [200]
- Indirekte Wärmetauscher: Wärme wird über ein Zwischenmedium übertragen.
- Regenerative Wärmetauscher: Hier bewegt sich ein wärmespeicherndes Medium zuerst in den Abluftstrom und danach in den kalten Zuluftstrom, an den er anschließend Wärme abgibt.

⁷⁶ Siehe: <http://aew.grontmij.de/NR/rdonlyres/0F94A795-B2F6-44AA-9957-B7624F732086/0/awaremeruecklehnmacher.pdf>

⁷⁷ <http://aew.grontmij.de/NR/rdonlyres/0F94A795-B2F6-44AA-9957-B7624F732086/0/awaremeruecklehnmacher.pdf>

Im Folgenden werden einige Beispiele für die mögliche Abwärmenutzung dargestellt. [39]

1) Wärmenutzung aus der Abluft von Lüftungsanlagen:

Gelangt eine Luftmenge von 5.000m³/h von einem auf 20°C beheizten Raum durch eine Lüftungsanlage ins Freie, wird eine zusätzliche Heizleistung von 30 kW gebraucht.

Mit dem Einsatz eines Wärmetauschers kann bis zu 50-70% der Wärme rückgewonnen werden.

2) Wärmenutzung aus Abluft und Abwasser: hier kann bis zu 25% an Wärme zurückgewonnen werden.

3) Wärmenutzung aus Druckluft

4) Wärmenutzung aus Kälte

5) Wärmenutzung aus Verbrennungsanlagen

Ob sich eine Wärmerückgewinnungs-Anlage als wirtschaftlich erweist, hängt von vielen Faktoren ab.⁷⁸

- Jährliche Betriebsstunden
- Nutzungsdauer der Anlage
- Zusammenfallen von Wärmeangebot und Bedarf
- Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und –senke
- Abwärmenutzung
- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Förderungen bzw. Zuschüsse.

In Abhängigkeit von Art und Technologie der Wärmegewinnung können zwischen 40% und 85% gespart werden.⁷⁹

Wärmerückgewinnung mit Hilfe einer Kompressorstation⁸⁰

Abwärme von Kompressoren kann zum Beheizen von Räumen genutzt werden. Ein Kompressor kann direkt in den Fertigungs- oder Lagerhallen nahe den Arbeitsplätzen aufgestellt werden. Die Investitionskosten einer Wärmerückgewinnungsanlage hängen auch vom Aufstellort ab.

In Weiterem wird an einem Beispiel aus der industriellen Praxis erklärt, wie die Wärmerückgewinnung bei der Hallenbelüftung eingesetzt werden kann.

⁷⁸ Siehe: http://www.heilbronn.ihk.de/upload_dokumente/infothek/pdf/11497.pdf

⁷⁹ Siehe: http://www.heilbronn.ihk.de/upload_dokumente/infothek/pdf/11497.pdf

⁸⁰ Siehe:

[http://www.drucklufttechnik.de/www/temp/DLrepos.nsf/LookupHTML/KompendiumPDF_d/\\$File/Kapitel11.pdf](http://www.drucklufttechnik.de/www/temp/DLrepos.nsf/LookupHTML/KompendiumPDF_d/$File/Kapitel11.pdf)

Wärmerückgewinnung bei der Hallenbelüftung [26] ^{81,}

In Arbeits-, Fertigungs- und Produktionshallen müssen die Räume gut belüftet sein. Deshalb sind dort Lüftungsanlagen installiert, welche Raumluft ins Freie abtransportieren. Dies bietet eine einfachere Möglichkeit der Nutzung von Heizwärme. Für die Wärmerückgewinnung können an dieser Stelle unterschiedliche Wärmeüberträger eingesetzt werden. Der Wirkungsgrad des Wärmerückgewinns steigt mit dem Anstieg des Temperaturniveaus auf welches die Wärme zusätzlich gesteigert werden kann.

Die Eigenschaften von Produktionshallen hängen von ihrem Verwendungszweck ab. Deshalb können Aussagen über Luftwechselraten nicht verallgemeinert werden. So können pro Stunde zwischen 0,5 und 10 Luftwechsel stattfinden. In Fertigungs- und Produktionshallen sind die Transmissionsverluste minimal. Die Reduktion der Luftwechselraten pro Stunde kann Abwärmeverluste minimieren. Die Anzahl der Luftwechsel muss optimal an die Gegebenheiten angepasst werden. Dabei müssen hygienische Anforderungen und Auflagen erfüllt werden. Die warme Abluft soll mit Hilfe von Wärmerückgewinnung genutzt werden. Bei veralteten Lüftungsanlagen verursacht dies Aufwirbelung von Luft in der Halle, was besonders in der Metallindustrie zu Problemen führen kann. Deshalb müssen Lüftungssysteme zuerst auf den neuesten Stand gebracht werden bevor Wärmerückgewinnung zum Einsatz kommt. Wird eine moderne Luftanlage in einer Halle mit 4.000 m³ mit einer Luftwechselzahl von 10 und einer Jahresheizlast von 1.800 MWh/a installiert, dann kann die Luftwechselzahl auf 3 reduziert werden. Dadurch können jährlich ca. 600 MWh eingespart werden. Somit bleiben dem Betrieb bei einem Gaspreis von 6,44 Cent/kWh rund 38.640 Euro jährlich. Als Nebeneffekt werden Energie- und Heizungsbedarf reduziert und die Kosten für den Ventilatorenbetrieb gesenkt. Die Amortisationszeit dieser Maßnahme liegt zwischen 5 und 10 Jahren. Werden die Reduktion von Verschmutzungen und im Zuge dessen weniger Wartungsarbeiten berücksichtigt, dann kann mit der Amortisation der Lüftungsanlage in ca. 3-5 Jahren kalkuliert werden. Die Einsparungspotentiale der Wärmerückgewinnung sind vor allem im Industriesektor (in Betrieben mit großen Luftmengen und hohem Luftwechsel) beträchtlich. Die Erwärmung von 1.000 m³ Abluft um 5°C erfordert ca. 3 kWh Primärenergie. Bei 4.500 Jahresbetriebsstunden können bis zu 3.500 MWh eingespart werden. Das sind in einem Jahr rund 71.200 Euro.

Wärmerückgewinnung ist nicht immer mit Hilfe eines Wärmetauschers möglich. Hat die Abwärme eine zu niedrige Temperatur, bietet eine Wärmepumpe eine gute Lösungsmöglichkeit. Die Pumpe kann Abwärme mit Hilfe mechanischer Energie auf eine höhere Temperatur bringen. Die Wärme wird dabei auf ein Kältemittel übertragen, das nach dem Verdampfen verdichtet wird, was das Temperaturniveau selbst steigert. Während des Kondensationsprozesses wird die Wärme wieder abgegeben. Danach wird das Kältemittel auf den ursprünglichen Zustand zurückgebracht und steht damit für die weitere Wärmeaufnahme zur Verfügung. ⁸²

⁸¹ <http://aew.grontmij.de/NR/rdonlyres/0F94A795-B2F6-44AA-9957-B7624F732086/0/awaremeruecklehnmacher.pdf>

⁸² <http://aew.grontmij.de/NR/rdonlyres/0F94A795-B2F6-44AA-9957-B7624F732086/0/awaremeruecklehnmacher.pdf>

4.6 Wärmeverteilung

4.6.1 Beschreibung des Systems und der Literaturwerte

In einem Heizungssystem wird Wärme durch Rohrleitungen verteilt. Um Wasser umwälzen zu können, müssen Zirkulationspumpen und Mischeinrichtungen (Ventile) an das System angebunden werden. Die Heizungsumwälzpumpen ermöglichen Warmwasserzirkulation zwischen Wärmeerzeugern und Wärmeabnehmern. Die für die Raumbeheizung benötigte Wärme kann in Heizungsanlagen mit Luft oder mit Wasser transportiert werden. Die Wärmeübertragung durch luftbasierende Verteilsysteme wird wegen hoher Temperaturverluste, geringer Speicherkapazität und großer Leitungsquerschnitte (hoher Platzbedarf) in der Praxis eher selten verwendet. Wasserbasierende Verteilungssysteme werden angesichts energetischer und wirtschaftlicher Vorteile als Wärmeverteiler vorgezogen.

Bei der Rückgewinnung wird der Abluft eines Raumlufsystems ein Teil der Wärme entzogen und an die in das System eintretende Außenluft übertragen und ins System selbst rückgeführt. Im Bereich der Wärmeverteilung entsteht der größte Teil der Verluste.

Die Übertragungsart kann auf folgenden Wegen geschehen [190]:

- Trennflächenrekuperatoren: Die Wärmeübertragung (meistens nur fühlbare Wärme) findet direkt über Röhren- oder Plattenwärmetauscherflächen statt.
- Kreislaufverbund-Regeneratoren: bestehen aus zwei miteinander verbundenen Trennflächenrekuperatoren. Die Wärmeübertragung erfolgt mit Hilfe eines Wärmeträgers. Dabei wird zusätzlich auch latente Wärme übertragen.
- Kontaktflächen-Regeneratoren: Eine Speichermasse wird abwechselnd mit wärmeabgebendem und –aufnehmendem Medium in Kontakt gebracht.

Wärmeverteilung durch Warmwasserheizungen kann auf folgenden Wegen geschehen:

- Schwerkraftheizungen: Wasser in der Heizungsanlage wird durch die unterschiedliche Dichte von kaltem und warmem Wasser in Umlauf gebracht. Diese Art von Heizungssystem gibt es fast nicht mehr im Bestand.
- Pumpen-Warmwasserheizungen sind eine Alternative, die noch zusätzlich über eine gute Temperaturregelbarkeit verfügt.
- Einrohrheizungen, wie auch Schwerkraftheizungen zählen zu veralteten Technologien und sollen aufgerüstet oder durch andere effizientere Aggregate ersetzt werden. Zu den Nachteilen von Einrohrheizungen zählt die ungünstige Regelbarkeit (für Brennwertnutzung und für Wärmepumpen). [123]
- Ein Zweirohrsystem kennzeichnet sich durch getrennte an Heizkörper angeschlossene Vorlauf- und Rücklaufleitungen. Dadurch wird die Vorlauftemperatur auf den annähernd konstanten Wert gebracht. Die Wasserzirkulation wird mit Hilfe einer Heizungspumpe angekurbelt.

Plattenwärmeaustauscher finden ihren Einsatz vor allem in Heizungstechnik, Heißwasserbereitung und Fernwärmeübergabestationen. Diese haben bei vergleichsweise geringem Platzverbrauch eine hohe Wärmeübertragungsleistung. Plattenwärmeaustauscher sind relativ günstig. Aus mehreren nebeneinander angeschlossenen Platten wird die Fläche für die Wärmeübertragung gebildet. Zwischen den Platten wird dann der Strömungskanal für ein Wärmeübertragungsmedium gebildet. [200]

Wärmerohraustauscher werden für Luft-Luft-Wärmeübertragung benutzt. Sie werden bei Ablufttemperaturen bis 300 °C im Industriesektor eingesetzt und finden ihre Verwendung im Heizbereich und bei der Hallenbeheizung. Die Wärmeübertragung findet über ein in Rippenrohren befindliches Medium statt. Das Arbeitsmedium wird der Betriebstemperatur des Wärmeaustauschers angepasst. [200]

Flächenheizung hat sich bereits für die Beheizung von Büros, Industriehallen und größeren Raumflächen als vorteilhaft erwiesen. Ihre Vorteile sind: Energieeffiziente Betriebsweise, Wirtschaftlichkeit, Günstige Installation und Inbetriebnahme, können frei im Raum angebracht werden, keine Renovierungs- oder Reinigungsaufwand der Heizflächen notwendig, hygienische Verhältnisse sind günstig, umweltfreundlich.

Die Flächenheizung besteht in der Regel aus Kunststoffrohren, Mehrschichtverbundrohr oder Kupfer und der elektrischen Heizung. Die Wärmezufuhr bzw. -abfuhr erfolgt über ein verlegtes Rohrsystem. Kunststoffrohre werden in vielen Bereichen der Heizungstechnik eingesetzt. Diese sind korrosionsfrei, können leicht verarbeitet werden und sind umweltfreundlich.

Um den Wärmebedarf zu reduzieren, ist es unabdingbar eine ausreichende Dämmung der Verteilleitungen und Armaturen durchführen zu lassen.

Um den Wärmebedarf reduzieren zu können, können zusätzliche Maßnahmen im Bereich der hydraulischen Abgleiche gestartet werden.

Die Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen von Heizungsanlagen dient zur Vermeidung von Wärmeverlusten. Die Rohrleitungen müssen mit Dämmmaterial verkleidet werden, um die Verluste bei der Wärmeverteilung zu minimieren. Beim Transport von Wärme in einem Wärmenetz entsteht ein Verlust bis zu 10%. Diese können durch Dämmung minimiert werden. Eine gute Wärmedämmung von Leitungen und Ventilen hilft, Energie zu sparen und den gesamten Wärmebedarf bis zu 10% zu reduzieren.

In Büros wird Energie vor allem für Strom und Wärme verbraucht. Dabei entfallen ca. 70% des gesamten Energieverbrauchs auf den Wärmeenergieverbrauch. Die Wärmeenergie verursacht ungefähr 35% der Gesamtkosten. Der Energieverbrauch für Raumwärme in Büros pendelt je nach Gegebenheiten zwischen 35 kWh über 150 kWh bis hin zu 200 kWh pro m² und Jahr. Hier soll die Abwärme durch Rückgewinnung und Einsatz einer Wärmepumpe genutzt werden. Heizkörper in Büros sollen frei stehen, um Wärme in den Raum abgeben zu können. Thermostatventile können genutzt werden, um die individuell gewünschte Raumtemperatur einstellen zu können.⁸³

⁸³ Siehe: http://www.oekoenergie-cluster.at/OEC/fileadmin/esv_files/Info_und_Service/Energieeff_B_ro_Folder.pdf

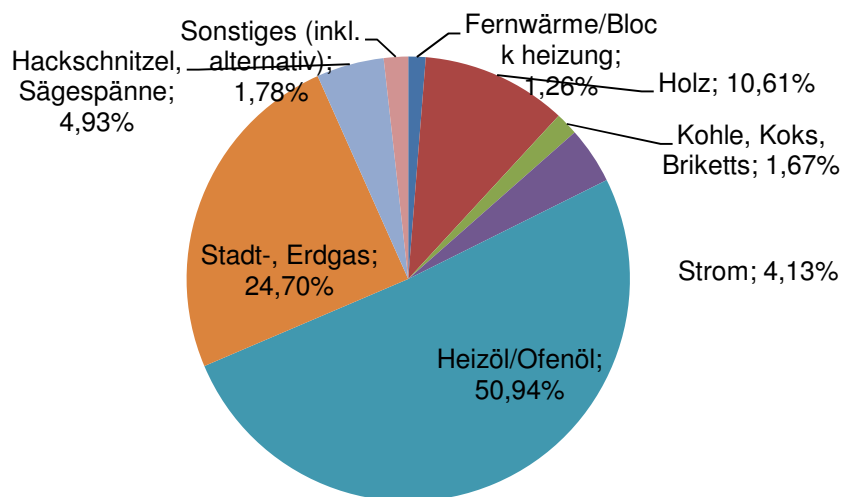
4.7 Gebäudehülle

4.7.1 Dämmung der Gebäudehülle

Im Folgenden sind die Berechnungen der Maßnahme „Dämmung der Gebäudehülle bei Nichtwohngebäuden“ beschrieben.

Gemäß den Ergebnissen der Gebäude- und Wohnungszählung, die im Jahr 2001 im Rahmen der Volkszählung durchgeführt wurde, gab es 2001 in Oberösterreich in Summe 45.583 Nichtwohngebäude, die, wie in der folgenden Abbildung dargestellt wird, in eine Reihe von Unterkategorien je nach Beheizungsart geteilt werden können.

Abbildung 4.7-1: Zusammensetzung des Segmentes Nichtwohngebäude



Quelle: [221], eigene Darstellung

Die Durchschnittsgröße eines Nichtwohngebäudes liegt bei 650 m². Bei Nichtwohngebäuden wird angenommen, dass die Sanierung 210 €/m² kostet.

Um die Sanierung durchführen zu lassen, können folgende energieeffiziente Maßnahmen eingeleitet werden:

- Ersatz von Fenstern und Außentüren
- Dämmung der Kellerdecke
- Dämmung der obersten Geschoßdecke
- Dämmung der Außenwände
- Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes
- Gesamtsanierung

In diesem Abschnitt werden jene Maßnahmen nicht beschrieben. Für detaillierte Erläuterung dieser Sanierungsmaßnahmen wird auf das Kapitel 3.1.1.9 verwiesen.

Folgende Tabelle erfasst Einsparungspotentiale je nach durchgeführter Maßnahme im Rahmen einer Sanierung des Nichtwohngebäudes.

Tabelle 4.7-1: Einsparungspotentiale im Rahmen einer Gebäudesanierung

	Potential in der jeweiligen Kategorie [Mio. m ²]	Erzielte Einsparung pro m ² [kWh/m ²]	Gesamte Einsparung [GWh]
Ersatz von Fenstern und Außentüren	4,82	20,53	99,03
Dämmung der Kellerdecke	4,82	17,11	82,53
Dämmung der obersten Geschoßdecke	4,82	19,77	95,37
Dämmung der Außenwende	4,82	73,38	353,96
Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes	11,7	108,36	1272,33
Gesamtsanierung	3,91	127	497,03
Summe	35,95		2400,25

Quelle: Eigene Darstellung

Die durchschnittlichen Investitionskosten der Sanierung betragen nach Recherchen der Autoren 210 € pro Quadratmeter einer Gebäudeeinheit. Beim Ersatz von Fenstern und Außentüren können österreichweit rund 4,82 Mio.m² modernisiert werden. Diese Maßnahme erspart ca. 99 GWh an Energie. Die Dämmung der Kellerdecke, Dämmung der obersten Geschoßdecke und Dämmung der Außenwände können sich auch umgerechnet über jeweils 4,82 Mio.m² von Nichtwohngebäuden erstrecken. Rund 11,7 Mio. m² können umfassend saniert werden. Die Gesamtsanierung könnte über 3,91 Mio. m² realisiert werden. In Summe ergibt sich, dass alle oben in der Tabelle dargestellten Sanierungsmaßnahmen bei über 35,95 Mio. m² des Nichtwohngebäudebestandes durchgeführt werden können. Somit sind ca. 7,55 Mrd. € notwendig, um bis zum Jahr 2016 eine gesamte Energieeinsparung von rund 2.400 GWh im Nichtwohngebäudektor zu erzielen. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass diese Kosten je nach spezifischem Bedarfsfall und gegebenen Rahmenbedingungen vom oben genannten Wert abweichen können.

Für die Berechnungen wird davon ausgegangen, dass sich diese Kosten über 9 Jahre gleichmäßig verteilen. In der folgenden Tabelle wird die Entwicklung von Investitionen und Einsparungen demonstriert. Der Energiemixpreis wird mit 7,36 Cent/kWh angenommen.

Tabelle 4.7-2: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Sanierung von Nichtwohngebäuden

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	839 Mio. €	267 GWh	19,65 Mio.€
2009	839 Mio. €	534 GWh	39 Mio.€
2010	839 Mio. €	801 GWh	59 Mio.€
2011	839 Mio. €	1.068 GWh	78,6 Mio.€
2012	839 Mio. €	1.335 GWh	98 Mio.€
2013	839 Mio. €	1.602 GWh	118 Mio.€
2014	839 Mio. €	1.869 GWh	137,5 Mio.€
2015	839 Mio. €	2.136 GWh	157 Mio.€
2016	839 Mio. €	2.403 GWh	177 Mio.€

Quelle: Eigene Berechnungen

Aus der Tabelle 4.7-2 ist ersichtlich, dass sich Investitionen in die Sanierung von Nichtwohngebäuden nach etwa 20 Jahren amortisieren. Diese Sanierungsmaßnahmen erweisen sich auf längere Sicht als rentabel und stellen somit eine nicht nur ökologische, sondern auch ökonomische Alternative zur Reduktion des Wärmebedarfs dar. Bis 2016 werden die Investitionskosten zwar noch nicht wettgemacht, dafür werden trotzdem die energetische Verbrauchsreduktion, die Minderung der CO₂-Emissionen und eine Ressourcenschonung stattfinden. Sanierung von Gebäuden ist eine längerfristige wirtschaftliche Maßnahme, die sich künftig bezahlt macht. Das spezifische Minderungspotential ist bei Nichtwohngebäuden um einiges höher als bei Wohngebäuden im Bestand. Um die Potentiale der Wärmebedarfssenkung auszuschöpfen, ist es auch notwendig im Bereich der Sanierung von Nichtwohngebäuden entsprechende Maßnahmen zu treffen und umzusetzen.

4.7.2 Bewertung der anrechenbaren Einsparungen und Potentiale für den Bereich Raumwärme

Bei der letzten Gebäudebestandserhebung im Jahr 2001 wurden in Österreich 282.257 Nichtwohngebäude gezählt. Davon 12,7% Hotels oder ähnliche Gebäude, 11,4% Bürogebäude, 25,4% Werkstätten oder Industrie- bzw. Lagerhallen, 5,5% Gebäude für Kultur, Freizeit und Bildung, 11,7% Gebäude für Groß- oder Einzelhandel, 1,4% Verkehrs- oder Nachrichtenwesen und 31,9% sonstige Gebäude.

Laut Statistik Austria liegt derzeit der Anteil von Nicht-Wohngebäuden im Bestand bei ca. 14%. Diese verbrauchen rund 30% des Endenergieverbrauchs für Heizen und Kühlen. Dies bedeutet, dass im Jahr 2005 rund 92 TWh für Raumheizung und Klimaanlage verbraucht worden sind.

Im Jahr 1988 verbrauchten Dienstleistung und Gewerbe ca. 17% Nutzenergie für Raumwärmebereitung. Die Industrie benötigte hingegen rund 12% der Nutzenergie, um Büros, Fertigungs- und Lagerhallen zu beheizen.⁸⁴ An dieser Stelle wird angenommen, dass der prozentuelle Energieverbrauch zwischen den Branchen und Sektoren über die Jahre gleichermaßen konstant geblieben ist. Somit wird im Industrie- und Dienstleistungssektor für die Wärmebereitstellung insgesamt 29% der Nutzenergie benötigt. Geht man davon aus, dass die überführte Nutzenergie in der Regel nur 1/3 der gesamten Endenergie ausmacht, wird die Nutzenergie für die Wärmebereitstellung im Jahr 2007 ca. 8,12 TWh ausmachen.⁸⁵ Der Nutzungsgrad der installierten Heizungsanlage hängt von ihrem Baujahr und von ihrer Art ab. So beträgt der Nutzungsgrad von Erdgaskesseln im Gebäudebestand 93% und von Ölkesseln 85%. Der mittlere Nutzungsgrad für die Raumwärme liegt je nach Literaturquellen zwischen 76% [256], 86% [126] und 95%. An dieser Stelle wird für die weiteren Berechnungen ein Nutzungsgrad von 92% angenommen. Genauere Angaben für den Energieverbrauch für die Raumwärmeerzeugung im Industrie- und Dienstleistungssektor sind den Autoren nicht bekannt. Deshalb wird der Endenergieverbrauch für diesen Sektor auf 8,83 TWh geschätzt.

In Deutschland wurden im Jahr 2004 46,2% der Energie für Erzeugung von Raumwärme in den Sektoren Handel, Dienstleistungen und Gewerbe verbraucht. Dafür wurden 15,1% Öl, 21,9% Gas, 0,8% Kohle, 5,9% Fernwärme und 2,5% Strom eingesetzt. [21]

Laut deutschem BMWi werden in der Industrie 9% der verbrauchten Energie für die Raumwärmebereitung aufgewendet. In Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sind das ganze 47%. [156]

Die Wärmeerzeugung in Österreich hat im Jahr 2008 rund 28% (84 TWh) Endenergie benötigt. Ältere Kessel haben Jahresnutzungsgrade zwischen 60 und 70%. Moderne Niedertemperaturkessel haben Nutzungsgrade von 92 bis 96%. Bei älteren Kesseln wird die Kesselwassertemperatur nicht wie bei modernen Kesseln dem Heizwärmebedarf angepasst. Durch eine Modernisierung des Heizsystems können enorme Einsparungen im Bereich des Energieverbrauchs erzielt und Emissionen reduziert werden. Im Zuge der Modernisierung

⁸⁴ Siehe: [http://www.eva.ac.at/\(de\)/publ/pdf/lcp-c1.pdf](http://www.eva.ac.at/(de)/publ/pdf/lcp-c1.pdf)

⁸⁵ Siehe: <http://www.agenda21-treffpunkt.de/archiv/03/daten/energiefluss-g.jpg>

und Sanierung können Niederwert- oder Brennwertkessel besonders effizient eingesetzt werden. Bei Installation eines Erdgas-Brennwertkessels statt dem alten Öl-Kessel kann eine Verminderung des Verbrauchs um bis zu 35% erreicht werden.

Die nachfolgenden Tabelle 4.7-3 sollen die Potentiale für die Heizungserneuerung verdeutlichen.

Tabelle 4.7-3: Altersstruktur der Heizgeräte im Dienstleistungssektor

	Bis 1 Jahr	1 bis 5 Jahre	Älter als 5 Jahre
Heizkessel für feste Brennstoffe	7	15	78
Öfen für feste Brennstoffe	7	13	80
Flüssiggasöfen und -herde	0	50	50
Heizkessel für flüssige Brennstoffe	2	22	76
Flüssiggas-Raumheizung	3	52	45
Schweröl-Heizanlagen	0	33	67
Gasheizung	3	33	64
Heizkessel mit Gaszentralheizung	2	59	39
Beheizung mittels Fernwärmebezug	5	41	54
Beheizung mittels Wärmepumpen	6	2	72
Beheizung mit Solarkollektoren	11	444	45

Quelle: Statistik Austria, 2009.

Tabelle 4.7-4: Altersstruktur der Heizgeräte im Industriesektor

	Bis 1 Jahr	1 bis 5 Jahre	Älter als 5 Jahre
Heizkessel für feste Brennstoffe	5	14	81
Öfen für feste Brennstoffe	11	18	71
Flüssiggasöfen und –herde	0	33	67
Heizkessel für flüssige Brennstoffe	2	18	80
Flüssiggas-Raumheizung	0	55	45
Schweröl-Heizanlagen	k.A.	k.A.	k.A.
Gasöfen und -herde	4	36	60
Heizkessel mit Gaszentralheizung	4	22	74
Elektroöfen und -herde	7	31	62
Elektrische Direktheizung	8	30	62
Beheizung mittels Fernwärmebezug	5	23	72
Beheizung mittels Wärmepumpen	3	17	80
Beheizung mit Solarkollektoren	k.A.	k.A.	k.A.

Quelle: Statistik Austria, 2009.

Die Task Force (TF) [46] schätzt den Ausbau der Wärmepumpen im Jahr 2020 auf 27% und die Österreichische Energieagentur auf 12%. Ausbau und Effizienz werden auf 5,8 TWh geschätzt. Laut Szenario sollen rund 2 TWh in Nichtwohngebäuden installiert werden. [146] In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach Wärmepumpen gestiegen. Von 2005 auf 2006 waren dies 37%.⁸⁶

Die Investitionskosten können je nach Bedarf unterschiedlich sein. Das Einsparungspotential aller Maßnahmen liegt zwischen 20 bis 40%. Hier werden die Investitionskosten von 30 Cent/kWh angenommen. An dieser Stelle wird unter Einbeziehung verschiedener Szenarien für Deutschland ein Effizienzgewinn nach der Umsetzung der Maßnahmen für die Reduktion des Energieverbrauchs im Bereich Raumwärme für den Industrie- und Dienstleistungssektor von ca. 17% [90] zum Jahr 2008 bis zum Jahr 2016 als Potential angenommen.

Die Effizienzgewinne können im Bereich Raumwärme für Industrie- und Dienstleistungssektor durch das Zusammenspiel verschiedener Maßnahmen erheblich gesteigert werden.

Folgende Tabelle stellt einige mögliche Energieeffizienz-Maßnahmen im Bereich Raumwärme dar.

⁸⁶ Ebenda

Tabelle 4.7-5: Mögliche Energieeffizienz-Maßnahmen im Bereich Raumwärme

Maßnahme	Einsparpotential
Reduktion der Raumtemperatur um 1 °C	5-6%
Moderne KWK- Anlagen	15-30% Primärenergie (13%)
Heizungspumpen	50-70% (20-30%)
Hydraulischer Abgleich	12%
Wärmerückgewinnung	10-20%
Gasbrennwertkessel	50-70%
Erneuerung der Wärmeerzeugung	10-15%
Strahlungsheizung	Bis zu 30%
Elektronische Regelung + Energiemanagement	10%
Kesseltausch im Bestand	5%
Optimierung des Heizungssystem	2%
BHKW	36% an Primärenergie
Energieeffiziente Pumpen statt konventionelle Heizungen	20-30%
Reinigung der Wärmeübertragerflächen	3%
Raumwärme insgesamt	17-20% (Fraunhofer ISI)

4.7.3 Abschätzung der Kosten und des monetären Nutzens dieser Maßnahme

Nach Recherchen der Autoren liegen die durchschnittlichen Investitionskosten der jährlichen Verbrauchsreduktion bei 30 Cent/kWh (über alle Branchen und für alle Maßnahmen gemittelt). An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass diese Kosten je nach spezifischem Bedarfsfall und gegebenen Rahmenbedingungen deutlich schwanken können.

Es wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2016 im Raumwärmebereich Endenergieeinsparungen von 17% zu erwarten sind. Somit ergeben sich im Dienstleistungssektor Einsparungen von ca. 2,21 TWh und im Industriesektor von 0,74 TWh, wobei die Einsparungen im Industriebereich um die möglichen Einsparungen der emissionhandelnden Unternehmen bereinigt wurden. Folglich können in Österreich bis inklusive 2016 rund 328 GWh jährlich eingespart werden. Der Energiemixpreis wird mit 7,36 Cent/kWh berechnet.

Um die besagten Einsparungen erzielen zu können, sind Investitionskosten von 8.856 Mio. € notwendig. Für die Berechnungen wird davon ausgegangen, dass sich diese Kosten über 9 Jahre gleichmäßig verteilen. In der folgenden Tabelle wird die Entwicklung von Investitionen und Einsparungen demonstriert.

Tabelle 4.7-6: Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung und Neuinstallation von Raumheizungsanlagen in der Sachgüterproduktion und im Dienstleistungssektor bis 2016

Jahr	Investitionen	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Verbrauchsreduktion
2008	98,4 Mio. €	328GWh/Jahr	24,1 Mio.€
2009	98,4 Mio. €	656 GWh/Jahr	48,3 Mio.€
2010	98,4 Mio. €	984 GWh/Jahr	72,4 Mio.€
2011	98,4 Mio. €	1.312 GWh/Jahr	96,6 Mio.€
2012	98,4 Mio. €	1.640 GWh/Jahr	120,7 Mio.€
2013	98,4 Mio. €	1.968 GWh/Jahr	144,8 Mio.€
2014	98,4 Mio. €	2.296 GWh/Jahr	168,8 Mio.€
2015	98,4 Mio. €	2.624 GWh/Jahr	193,1 Mio.€
2016	98,4 Mio. €	2.952 GWh/Jahr	217,3 Mio.€

Quelle: eigene Berechnung

Aus diesen Daten geht hervor, dass sich Investitionen in die Optimierung von Raumwärmetechnologien in etwa 4,5 Jahren amortisieren.

4.7.4 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass im Industrie- und Leistungssektor ein erhebliches Einsparungspotential bei Raumwärme besteht. In vielen Betrieben sind aufgrund der langen Lebensdauer von Heizungsanlagen (bis zu 20 Jahren) immer noch alte Anlagen installiert, die ausgetauscht werden sollen. Die moderne Technik (Brennwertkessel, BHKW) bringt im Vergleich zur konventionellen Heizung beträchtliche Einsparungen im Energieverbrauch und schont zusätzlich die Umwelt. Um Investitionskosten und Wirkung in einem optimalen Verhältnis zu erhalten, sollen mehrere Maßnahmen im Heizungsbereich miteinander gekoppelt werden. Im Zuge von Sanierungen ist es empfehlenswert, konventionelle Gas- oder Elektroheizungen durch Fernwärme oder Gas-Brennwertheizungen zu ersetzen. Beim anstehenden Kesselwechsel soll überprüft werden, ob der Ersatz einer alten Mehrkesselanlage durch einen hocheffizienten und leistungsfähigen Kessel sinnvoll wäre. Vor allem in Bürogebäuden ist darauf zu achten, dass der hydraulische Abgleich des Heizungssystems durchgeführt wird, um die einzelnen Räume je nach Bedarf optimal beheizen zu können und damit Energiekosten zu reduzieren. Der Stromverbrauch für Pumpen soll 1% des Heizwärmebedarfs nicht übersteigen. Alle Heizkörper sind mit

Thermostatventilen auszustatten. Bei der Installation einer neuen Anlage oder im Rahmen der Sanierung soll eine moderne Regelungstechnik (DDC-Regelung) eingebaut werden, die nicht nur mehr Komfort, sondern auch zusätzliche Energieeinsparungen bietet. Durch Energiemanagement und zentrale Regelung der Heizungsanlagen kann der Wärmebedarf optimal an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden (z.B. Anpassung an die Nutzungszeiten). Generell ist zu prüfen, ob sich ein Einsatz regenerativer Energieträger für das Unternehmen als wirtschaftlich erweisen kann. Für Betriebe, in denen mit Kohle oder Koks geheizt wurde, können Holzhackschnitzel eine gute Alternative darstellen, da der Lagerraum bereits vorhanden ist. Um den Wärmebedarf in Betrieben (vor allen im Dienstleistungssektor und in Büros) zu senken, müssen unter anderem die Mitarbeiter über richtiges Lüften und Heizen informiert werden.

Zusammenfassend werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen, um die Heizungsanlage in einem Betrieb optimieren zu können:

- Durch Konzeption einzelner Heizkreise kann der Betrieb der Heizungsanlage dem Wärmebedarf angepasst werden (z.B. Wochen- oder Nachtabschaltungen).
- Austausch von Pumpen
- Wärmerückgewinnung
- Erneuerung, Modernisierung eines Heizungssystems.
- Dämmung von Armaturen und Heizungsleitungen, um Wärmeverluste zu vermeiden.
- Prozess- und Maschinenabwärme zur Raumbeheizung nutzen.
- Durch den Einbau eines Zwischenspeichers kann zusätzliche Heizwärme eingespart werden.
- Dämmung der Gebäudehülle.

4.8 Güterverkehr

Der folgende Abschnitt beschreibt die potentiellen Einsparungen von Energie, die durch die Förderung von Transportrationalisierung und -verlagerung, sowie durch technologischen Fortschritt bis zum Jahr 2016 (unter den im weiteren Verlauf näher spezifizierten Annahmen) erzielt werden können. Die Betrachtung beschränkt sich auf den Gütertransport auf der Straße, der Schiene und mit dem Schiff. Nicht berücksichtigt werden der Gütertransport in Rohrleitungen und der Luftfahrt. In diesem Zusammenhang muss jedoch angemerkt werden, dass gerade Maßnahmen im Bereich von Verkehrsverlagerung und Güterlogistik nicht primär Maßnahmen zur Erzielung rascher Reduktionen des Energieverbrauchs sind, sondern eher mittel- bis langfristig Effekte zeigen. Die hier dargestellten Maßnahmen gehören in besonderem Maße zu diesen und deshalb sind weit höhere Einsparungen aus diesen Maßnahmen bis 2020 und darüber hinaus als bis zu dem kurzfristigen Ziel 2016 zu erwarten. Trotzdem wird an dieser Stelle versucht deren Effekte bei rascher Implementierung bis zum Jahr 2016 zu quantifizieren.

Es werden die im Falle der Ausschöpfung dieses Potentials zusätzlichen notwendigen Investitions- und Betriebskosten dargestellt und den monetären Einsparungen durch die Reduzierung des Energieverbrauchs gegenübergestellt.

Die hier dargestellte Maßnahme beinhaltet folgende Teilmaßnahmen:

- Es werden Engpässe durch mehr bzw. bessere Kommunikation vermieden, damit Gütertransporte besser planbar werden.
- Unternehmensübergreifende Informationsflüsse werden forciert, um Warenströme vermehrt bündeln zu können.
- Durchgängige intermodale Angebote werden geschaffen.
- Eisenbahnsysteme sowie Betriebsvorschriften und Betriebssysteme im Eisenbahnwesen werden harmonisiert.
- Das Logistikbewusstsein und Kenntnisse über Methoden, Tools und Technologien der Logistik werden verbessert.
- Logistikleistungen werden an die Experten der gewerblichen Verkehrswirtschaft übertragen (Outsourcing) und unternehmensübergreifendes Prozessmanagement wird forciert.
- Es wird ein verstärkter Softwareeinsatz zur Flexibilisierung der Vertriebsstrukturen angestrebt.
- Die Errichtung und der Betrieb von Anschlussbahnen sowie die Einrichtung alternativer Umschlagssysteme werden forciert.
- Citylogistikkonzepte werden umgesetzt, die alle Akteure einbeziehen und ausreichend Lademöglichkeiten sicherstellen.
- Betriebsansiedelungskonzepte mit Ansiedlungsmöglichkeiten von Zulieferern nahe beim Produzenten werden erstellt.

Diese Maßnahmen wurden detailliert in der Studie [232] analysiert und für Oberösterreich quantifiziert. Die folgenden Bewertungen behalten die Annahmen dieser Studie bei und unterstellen die gleichen Elastizitäten und prozentuellen Einsparpotentiale.

Um die hier dargestellte Maßnahme für die Aufgabenstellung operabel zu machen, werden folgende Annahmen getroffen:

Durch die verschiedenen Maßnahmen im Bereich Logistik (Umsetzung City-Logistik-Konzepte, Telematik, Flottenmanagement etc.) wird angenommen, dass durch diese Maßnahmen zum einen die Auslastung aller Transportmittel im Güterverkehr (GV) um 2% gesteigert wird und zum anderen 2,5% des Straßengüterverkehrs auf die Schiene bzw. auf die Binnenschifffahrt verlagert werden.

Zur Schaffung durchgehender intermodaler Angebote soll der kombinierte Verkehr gefördert werden. Es wird angenommen, dass dafür zwei neue Terminals gebaut werden. Das Schienennetz wird so wie im Generalverkehrsplan Österreichs 2002 vorgesehen ausgebaut. Die Betriebskosten für das Schienennetz erhöhen sich jeweils um 10% der kumulierten Investitionskosten. Die Tarife für die Nutzung der Angebote im kombinierten Verkehr bleiben konstant.

Es wird als Ziel definiert, durch die Förderung von Anschlussbahnen das Aufkommen im Schienengüterverkehr langfristig um 15% zu steigern (von 115 Mio. t pro Jahr auf 133 Mio. t pro Jahr). Es muss jedoch angenommen werden, dass lediglich 20% dieses Ziels bis 2016 realisierbar sind und somit 3,6 Mio. t pro Jahr (im Jahr 2016 gegenüber dem business-as-usual Szenario) mehr Güteraufkommen durch die Förderung von Anschlussbahnen erreicht werden können. Es wird angenommen, dass pro Jahr 10 neue Anschlussbahnen in Betrieb

genommen werden (dies ist der Durchschnittswert der letzten Jahre für Österreich, der auf Grund eines bestehenden intensiven Förderprogramms bereits als Potentialausnutzung betrachtet werden muss (einzelne Jahresspitzen ausgenommen)).

Es wird die Annahme getroffen, dass im Schienengüterverkehr zu 15% Dieselfahrzeuge und zu 85% elektrisch betriebene Fahrzeuge eingesetzt werden. Für den LKW- und Schiffsverkehr wird angenommen, dass nur Dieselmotoren zum Einsatz kommen.

Verwendete Datengrundlagen für die Optimierung des Güterverkehrs

Tabelle 4.8-1: Erwartetes Transportaufkommen Österreich für Ende 2016

Transportaufkommen	Transportmittel
382 Mio. t / a	LKW
111 Mio. t / a	Güterzug
15 Mio. t / a	Schiff
508 Mio. t / a	Gesamt

Quelle: eigene Prognose auf Basis der Daten der Entwicklung des Transportaufkommens insgesamt sowie getrennt nach Verkehrsträgern seit 1995 der Statistik Austria.

Tabelle 4.8-2: Transportleistung und Modal Split im Güterverkehr Österreich

Jahr	Transportleistung in Mrd. t-km / a				Modal Split der Transportleistung in %		
	Gesamt	Straße	Schiene	Wasser	Straße	Schiene	Wasser
2008	64,8	41,4	20,7	2,70	63,9%	31,9%	4,2%
2009	66,78	42,77	21,2	2,81			
2010	68,77	44,14	21,7	2,93			
2011	70,75	45,51	22,2	3,04			
2012	72,74	46,88	22,7	3,16			
2013	74,72	48,25	23,2	3,27			
2014	76,7	49,62	23,7	3,38			
2015	78,7	51,0	24,2	3,50	64,8%	30,7%	4,4%
2016	80,4	52,37	24,7	3,61	65,1%	30,7%	4,5%

Quelle: Werte für 2008, 2015 aus protrans 2007/2008, Werte für 2009 – 2014 interpoliert, für 2016 extrapoliert

Tabelle 4.8-3: Betriebskosten der Transportmittel pro Fahrzeug-km

Betriebskosten in € / FZ-km (ohne Energie und Personal)	
0,44 € / FZ-km	LKW ^{1,2}
5,95 € / FZ-km	Güterzug ³
5,95 € / FZ-km	Binnenschiff ⁴

¹ Quelle: Bundesverkehrswegeplan Österreich INOVAPLAN, 1998 (inflationsbereinigt)

² Wert inkl. road pricing, durchschnittlich 22 Cent/km

³ Quelle: [157]

⁴ Quelle: Eigene Schätzung

Tabelle 4.8-4: Energieverbrauch der Transportmittel pro t-km in kWh

Energieverbrauch in kWh pro t-km	
0,61	LKW
0,12	Güterzug
0,12	Schiff

[†] Umrechnungsfaktor von kg Diesel in l Diesel: 0,8325 kg Diesel entsprechen 1 l Diesel.

Quelle: [2]

Tabelle 4.8-5: Elastizitäten im kombinierten Güterverkehr

Elastizität	Bezogen auf
- 0,24	Transportzeit
0,65	Zuverlässigkeit
0,02	Häufigkeit

Quelle: Maggi, 1999

Tabelle 4.8-6: Angenommene durchschnittliche Ladung pro Fahrzeug in t

Durchschnittliche Ladung in t pro FZ	
15 t	LKW
400 t	Güterzug
1.600 t	Schiff

Durchschnittliche Transportweiten

Mit Hilfe der erläuterten Werte werden folgende durchschnittliche Transportweiten für die Transportmittel ermittelt (vgl. Tabelle 4.8-7).

Tabelle 4.8-7: Durchschnittliche Transportweiten [214]

Transportweite in km	
52,5 km	LKW
189,4 km	Güterzug
200,0 km	Schiff
87,0 km	durchschnittliche Transportweite (tkm / t)

Anschlussbahnen (ASB)

In Österreich sind etwa 1.425 Anschlussbahnen vorhanden, davon werden 775 aktiv genutzt (weitere 418 sind inaktiv, 232 sind nicht zugänglich). [35] Etwa 60% des Transportaufkommens der Schiene werden über die Anschlussbahnen abgewickelt. [121] In Salzburg wurden in den letzten Jahren 15 neue ASB mit insgesamt 8 Mio. € gefördert. [192] Mit Hilfe dieser Angabe werden für Gesamtösterreich analog folgende Förder- und Investitionssummen für ASB ermittelt (vgl. Tabelle 4.8-8).

Tabelle 4.8-8: Berechnung der Anzahl der benötigten neuen Anschlussbahnen

Berechnung der Anzahl der benötigten neuen Anschlussbahnen (ASB)	
775	ASB in Betrieb in Ö in Betrieb
110,8 Mio. t / a	Transportaufkommen Schiene in Ö (Statistik. Austria)
66,5 Mio. t / a	Transportaufkommen gelangen durch alle ASB auf die Schiene
85.800 t / a	durchschnittliche durch eine ASB transportiert
7,5%	Aufkommenssteigerung durch ASB-Förderung realisierbar (ohne Befristung bis 2016)
5 Mio. t / a	Transportaufkommen mehr durch ASB insgesamt
59	Anschlussbahnen sind nötig, um das zusätzliche Aufkommen auf das Schienennetz zu leiten

Tabelle 4.8-9: Ermittlung der Investitions- und Förderkosten

Ermittlung der Investitions- und Förderkosten für neue ASB in Ö	
533.333 €	Förderkosten notwendig für eine ASB (berechnet aus Förderkosten für ASB Salzburg)
59	neue ASB in Ö notwendig
6,556	Neue ASB / Jahr (Durchschnitt auf 9 Jahre)
31,47 Mio. €	Förderung in Ö notwendig
40%	der Gesamtkosten wurden gefördert (30 bis 50% Förderung laut Anschlussbahnenrichtlinie BMVIT)
78,67 Mio. €	Gesamtinvestitionskosten für 59 ASB
1,33 Mio. €	durchschnittliche Investitionskosten für eine ASB

Tabelle 4.8-10: Berechnung der Energieeinsparung pro ASB pro Jahr

Berechnung Energieeinsparung durch eine ASB pro Jahr	
85.800 t / a	durch eine ASB von LKW auf Güterzug verlagert
87,0 km	durchschnittliche Transportweite Güter 2006
7,46 Mio. t-km / a	durch eine ASB von LKW auf Güterzug verlagert (85.800 * 87)
3,66 GWh / a	Energieeinsparpotential pro ASB ((kWh/t-km LKW – kWh/t-km Zug) * t-km pro ASB)

Für die weiteren Berechnungen wird angenommen, dass pro Jahr 10 neue Anschlussbahnen in Betrieb genommen werden.⁸⁷ Über die durchschnittliche Transportweite wird impliziert, dass ohne Anschlussbahn der ganze Weg mit dem LKW zurückgelegt werden würde, mit der Anschlussbahn wird der ganze Weg mit dem Güterzug zurückgelegt. 7,46 Mio. t-km entsprechen 497.000 verhinderten LKW-km (15 t Durchschnittslast) zu 0,44 € und 18.650 zusätzlichen Zug-km (400 t Durchschnittslast) zu 5,95 €. Die Betriebskosten sinken mit jeder ASB im Modell daher um etwa 107.700 €. Es sei kritisch angemerkt, dass in den meisten Fällen direkt ab der Anschlussbahn wohl noch keine durchschnittliche Zugsauslastung besteht.

⁸⁷ Lt. E-Mail-Auskunft der Rail Cargo Austria. Dies entspricht dem langjährigen Durchschnitt unter dem aktuellen Förderschema.

Der Preis des Bahnstroms wird mit 114,25 Euro pro MWh fixiert, dies entspricht dem Mitteltarif bei Langfristverträgen laut Preisblatt 2009 der ÖBB Infrastruktur Bau. [20] Für einen Liter Diesel sei ein Durchschnittspreis zwischen 2008 und 2016 von 1,30 Euro angenommen. 7,46 Mio. t-km entsprechen bei einem LKW-Verbrauch von 0,61 kWh/t-km 4,55 GWh bzw. 464.286 Liter Diesel (9,8 kWh/ Liter), was einer energetischen Kostenreduktion von 603.571,43 € gleichkommt. 7,46 Mio. t-km entsprechen bei einem Zug-Verbrauch von 0,12 kWh/t-km 895,2 MWh bzw. bei einer Aufteilung zwischen Diesel- (15%) und Elektroloks (85%) 91.346 Litern Diesel und 760,9 MWh Bahnstrom. Die entstehenden Zusatzkosten betragen damit 205.683,85 €. Die gesamte Energiekostenreduktion beträgt folglich pro Anschlussbahn etwa 398.000 €. (Bei 7,375 entspricht die Reduktion 2,93 Mio. €.)

Tabelle 4.8-11: Investitionen, Energieeinsparpotential und monetäre Verbrauchsreduktion durch die Errichtung 59 neuer ASB in Österreich im Bezugszeitraum.

Jahr	Investition	Energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre energetische Verbrauchsreduktion	Monetäre Betriebskosten-Einsparung
2008	13,3 Mio. €	36,6 GWh	2,93 Mio. €	7,94 Mio. €
2009	13,3 Mio. €	73,2 GWh	5,86 Mio. €	15,89 Mio. €
2010	13,3 Mio. €	109,8 GWh	8,79 Mio. €	23,83 Mio. €
2011	13,3 Mio. €	146,4 GWh	11,72 Mio. €	31,78 Mio. €
2012	13,3 Mio. €	183,0 GWh	14,65 Mio. €	39,72 Mio. €
2013	13,3 Mio. €	219,6 GWh	17,58 Mio. €	47,66 Mio. €
2014	13,3 Mio. €	256,2 GWh	20,51 Mio. €	55,61 Mio. €
2015	13,3 Mio. €	292,8 GWh	23,44 Mio. €	63,55 Mio. €
2016	13,3 Mio. €	329,4 GWh	26,37 Mio. €	71,49 Mio. €

Quelle: eigene Berechnungen

Kombinierter Verkehr (KV)

Es wird angenommen, dass 35% des gesamten Schienenverkehrs in Österreich dem Güterverkehr zuzurechnen sind.^{88,89}[218], [222] Damit werden auch 35% der gesamten Investitionskosten im Schienennetz durch den Bund als Investitionskosten dem Güterverkehr zugeordnet. Werden in den 8 Jahren des Betrachtungszeitraums jährlich 2,3 Mrd. €

⁸⁸ Die angegebenen t-km durch 400 t, mit denen ein Zug per Annahme beladen ist, daher ergeben sich 53,4 Mio. (2007) bzw. 54,8 Mio. (2008) Zugkilometer.

⁸⁹ 101,9 Mio. Zugkilometer im Jahr 2007.

investiert, so ergeben sich davon 805 Mio. Euro, die auf den Güterverkehr entfallen. Gesamt werden also 6,44 Mrd. Euro für den Güterverkehr auf der Schiene bereitgestellt.

Tabelle 4.8-12: Investitionskosten des Bundes im Schienennetz für den Güterverkehr in Österreich im Bezugszeitraum

Zeitraum	Investitionskosten für Schiene	Investitionskosten für den Schienen-Güterverkehr ⁹⁰
2008 – 2014	2,3 Mrd. € / Jahr	805 Mio. € / Jahr
2015 – 2016 extrapoliert	2,3 Mrd. € / Jahr	805 Mio. € / Jahr

Es wird davon ausgegangen, dass ein neuer Verladeterminale für den kombinierten Verkehr in Österreich errichtet wird. Für einen Terminal, der 30 Zugpaare täglich abfertigen kann, fällt eine Investitionssumme von ca. 50 Mio. € an. [5] Ein zweiter Verladeterminale wird wohl kurz nach 2016 folgen (Bedarf v.a. bei Wien und Bruck/Mur).

Tabelle 4.8-13: Zusätzliche Betriebskosten im Schienennetz Österreichs im Bezugszeitraum durch die Investitionen (10% der kumulierten Investitionssumme)

Jahr	Anteilige Betriebskosten des Güterverkehrs im Schienennetz in Mio. € (Inv./a * 0,35 * 0,1)
2008	80,5
2009	161,0
2010	241,5
2011	322,0
2012	402,5
2013	483,0
2014	563,5
2015	646,0
2016	726,5
zusätzliche Betriebskosten Schiene 2008 - 2016	3.622,5

Durch den Ausbau des Schienennetzes zur Förderung des kombinierten Verkehrs ändern sich die Eigenschaften des Schienenverkehrs (geschätzte Werte siehe Tabelle 4.8-14). Durch die Verbesserungen verändert sich auch die Transportnachfrage im KV.

⁹⁰ [36] und Generalverkehrsplan 2002 für Investitionspakete 1b (6,8 Mrd. € auf 6 Jahre) und 2 (12,2 Mrd. € auf 10 Jahre).

Tabelle 4.8-14: Änderungen der Eigenschaften durch die Ausbaumaßnahmen und damit der Transportnachfrage im KV im Zeitraum 2009 – 2016 in Österreich, basierend auf den Elastizitäten in Tab. 5.

Eigenschaft	Änderung der Eigenschaften im Schienengüterverkehr durch Ausbau	Änderung der Transportnachfrage im KV durch veränderte Eigenschaften
Zeitbedarf	- 6%	+ 1,44%
Zuverlässigkeit	+ 2,2%	+ 1,43%
Häufigkeit	+ 3,6%	+ 0,07%
	Kumulierte Änderung in der Transportnachfrage im KV	+ 2,94%

Per Annahme werden 80% des kombinierten Verkehrs auf die Schiene verlagert, die restlichen 20% werden weiterhin durch LKW bei Lieferung zum bzw. Abholung vom Terminal erledigt.

Tabelle 4.8-15: Veränderung der Betriebskosten und des Energieverbrauchs durch Ausbau der Schiene

Jahr	Änderung der Transportnachfrage (linear interpoliert)	Bisherige angenommenes Transportaufkommen (laut Tab. 2 in Mrd. t-km)	Zusätzliches, auf die Schiene verlagertes Transportaufkommen (in Mio. t-km * 80%)
2008	0,00%	20,7	0
2009	0,37%	21,2	62,75
2010	0,74%	21,7	128,46
2011	1,10%	22,2	195,36
2012	1,47%	22,7	266,95
2013	1,84%	23,2	341,50
2014	2,21%	23,7	419,01
2015	2,75%	24,2	532,40
2016	2,94%	24,7	580,94
Summe			2527,39 Mio. t-km

Tabelle 4.8-16: Ermittlung der Änderung der Transportleistung und des Energieverbrauchs durch die Ausbaumaßnahmen in Österreich im Bezugszeitraum 2008 – 2016

Ermittlung der Änderung der Transportleistung und des Energieverbrauchs	
2.527,39 Mio. t-km	Zusätzliche Transportleistung Güterzug/Schiff bzw. weniger durch LKW
157,3 Mio. l Diesel	geringerer Treibstoffverbrauch von LKW (t-km * 0,61 kWh/t-km / 9,8 kWh/Liter Diesel)
4,6 Mio. l Diesel	zusätzlicher Treibstoffverbrauch von Zug (Diesel) (t-km * 0,12 kWh/t-km * 0,15 Anteil Dieselfahrzeuge / 9,8 kWh/Liter)
257,8 Mio. kWh	zusätzlicher Stromverbrauch von Zug (elektrisch) (t-km * 0,12 kWh/t-km * 0,85 Anteil Elektrofahrzeuge)
1.238 GWh	Energieeinsparung
284,56 GWh	Energieeinsparung im Jahr 2016 (GWh / Gesamt-t-km * t-km 2016)

Tabelle 4.8-17: Minimale und maximale Energiekosteneinsparungen durch die Maßnahme in Österreich im Bezugszeitraum

Zeitraum	Min. Energiekostendifferenz in €	Max. Energiekostendifferenz in €
2008 - 2016	130,75 Mio. €	167,65 Mio. €

Mit Hilfe der angenommenen durchschnittlichen Beladungen der Transportmittel und den Betriebskosten pro FZ-km werden die potentiellen Betriebskosteneinsparungen berechnet.

Tabelle 4.8-18: Zusätzliche Betriebskosten durch die Ausbaumaßnahmen in Österreich im Bezugszeitraum 2008 – 2016

Ermittlung der Änderung der Transportleistung und des Energieverbrauchs	
2.527,39 Mio. t-km	Zusätzliche Transportleistung Güterzug bzw. weniger durch LKW
168,5 Mio. LKW-km	Entfallende Fahrzeug-km LKW (t-km / 15 t Durchschnittsladung)
6,3 Mio. Zug-km	Zusätzliche Fahrzeug-km Zug (t-km / 400 t Durchschnittsladung)
74,14 Mio. €	Betriebskostenreduktion bei LKW (Fahrzeug-km * 0,44 € / km)
37,59 Mio. €	Betriebskostenerhöhung bei Zug (Fahrzeug-km * 5,95 € / km)
36,55 Mio. €	Betriebskosteneinsparung

Rollende Landstraße (RoLa)

Angenommen wird, dass durch eine rollende Landstraße der ÖKOMBI zwischen Wels und Szeged die Nutzung der Autobahn zwischen Wels und Nickelsdorf ersetzt wird. Es wird davon ausgegangen, dass ein zusätzlicher Schienenausbau für die Einführung der RoLa nicht notwendig ist. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die bei der RoLa benutzten Hauptstrecken durchgehend elektrifiziert sind.

Tabelle 4.8-19: Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten für die RoLa Wels – Szeged in Österreich im Bezugszeitraum

Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten RoLa Wels – Szeged	
278 km	Entfernung Wels - Nickelsdorf
23 LKW	[257]
15 t	Ladung pro LKW (angenommen)
63%	[257]: 290.000 LKW auf 20.000 RoLa-Ganzzügen)
217,35 t	Güter pro RoLa-Zug
4 Züge / d	pro Tag (2 pro Richtung)
1.112 km / d	Fahrleistung pro Tag (LKW und Zug, unter Annahme gleicher Wegstrecke)
5,95 € / Zug-km	Betriebskosten für Güterzug (ohne Energie und Personal)
0,44 € / LKW-km	Betriebskosten für LKW (ohne Energie und Personal)
6.616,4 € / d	Zug-Betriebskosten pro Tag (ohne Energie und Personal)
1.984.920 € / a	Zug-Betriebskosten pro Jahr (300 Betriebstage) (ohne Energie und Personal)
17,87 Mio. €	Zusätzliche Zug-Betriebskosten 2008 - 2016 (ohne Energie und Personal)
7.089,67 € / d	LKW-Betriebskosten pro Tag (ohne Energie und Personal)
2.126.900 € / a	LKW-Betriebskosten pro Jahr (300 Betriebstage) (ohne Energie und Personal)
19,18 Mio. €	Entfallende LKW-Betriebskosten 2008 - 2016 (ohne Energie und Personal)
5 Mio. €	Investitionskosten Ausbau Terminal Wels zur Kapazitätserhöhung (geschätzt)

Tabelle 4.8-20: Ermittlung des Energieeinsparpotentials durch die RoLa Wels – Szeged in Österreich im Bezugszeitraum

Ermittlung des Energieeinsparpotentials durch die RoLa	
869,4 t / d	Transportaufkommen pro Tag (23 LKW * 0,63 Auslastung * 15t * 4Züge)
260.820 t / a	Transportaufkommen pro Jahr (217,35t pro RoLa-Zug, 4 Züge/d, 300d)
72,51 Mio. t-km / a	Transportleistung pro Jahr (Transportaufkommen / a * 278 km)
4,51 Mio. l Diesel / a	eingesparter Dieserverbrauch auf der Straße (9,8 kWh/l; 0,61 kWh/t-km)
8,7 Mio. kWh / a	zusätzlicher Energieverbrauch auf der Schiene (0,12 kWh/t-km)
35,5 GWh / a	Energieeinsparpotential insgesamt pro Jahr
319,3 GWh	Energieeinsparpotential insgesamt 2008 - 2016

Tabelle 4.8-21: Kosteneinsparpotential durch die RoLa Wels – Szeged in Österreich im Bezugszeitraum

Kosteneinsparpotential 2008 – 2016 durch RoLa	
30,16 Mio. €	minimales Energiekosteneinsparpotential
41,06 Mio. €	maximales Energiekosteneinsparpotential
1,31 Mio. €	Verringerte Betriebskosten (Einsparungen für den LKW-Verkehr abzüglich Mehrkosten für RoLa)

Angesichts des Streckennetzes der RoLa in Österreich (siehe dazu www.oekombi.at) lässt sich per Annahme schließen, dass das Dreifache des für diese beispielhafte Strecke berechneten Potentials in Österreich möglich ist. Dies bedeutet eine Verringerung der Betriebskosten um 3,93 Mio. €, ein Energieeinsparpotential von 106,5 GWh/Jahr bzw. insgesamt 957,9 GWh und Investitionskosten von 15 Mio. €.

Investitionskosten

Durch die Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene bzw. auf Schiffe werden die Belastungen auf den Straßen Österreichs abgemildert. Da das Güterverkehrsaufkommen insgesamt in den nächsten Jahren weiter steigen wird, wird auch die absolute Belastung der Straße durch den Güterverkehr steigen. Investitionen können demnach nicht bzw. nur zu einem sehr geringen Teil vermieden werden.

Bezüglich der Investitionskosten, die für die Umsetzung aller Teilmaßnahmen notwendig sind, kann man davon ausgehen, dass in den vorangegangenen Rechnungen nicht alle Investitionssummen erfasst werden konnten bzw. dass zum Teil unerwartete Kosten entstehen werden.

Tabelle 4.8-22: Überblick zu potentiellen Energieeinsparungen und Kosteneinsparungen im Bezugszeitraum 2008 – 2016 in Österreich durch Teilmaßnahmen der Maßnahme „Technologien und Innovationen in der Güterlogistik“

Teilmaßnahme	Energieeinsparung in GWh im Jahr 2016	Investitionskosten in Mio. €	Betriebskosten in Mio. €	Förderkosten in Mio. €
RoLa	106,50	15 Mio. €	+ 35,37 Mio. €	¹⁾
Kombinierter Verkehr	284,56	7.245 Mio. €	- 3.586 Mio. € ³⁾	¹⁾
Anschlussbahnen	329,40	119,7 Mio. €	+ 357,30 Mio. €	48 Mio. € ²⁾
Summe	720,46	7.380 Mio. €	- 3.193 Mio. €	48 Mio. €

¹⁾ Kein Anteil definiert, da keine Förderrichtlinie bekannt

²⁾ Basierend auf Anschlussbahnenrichtlinie berechnet, $533.333 \text{ €} \cdot 10 \text{ ASB/Jahr} \cdot 9 \text{ Jahre}$.

³⁾ Die Betriebskosten setzen sich aus 3.622,5 Mio. € für den Betrieb des Schienennetzes und 36,55 Mio. € Betriebskosteneinsparung durch die Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene zusammen.

Eine rein statische Gegenüberstellung der zusätzlichen Investitions- und Betriebskosten der hier dargestellten Maßnahme der Optimierung des Güterverkehrs mit den dadurch erzielten Verbrauchsreduktionen zeigt, dass über die gesamte Beobachtungsperiode von 2008 – dem Start der Maßnahmenanalyse – bis 2016 insgesamt zusätzlich zur Realisierung der

Maßnahme aggregiert insgesamt 10.573,3 Mio. € von Unternehmen sowie vom öffentlichen Sektor investiert werden müssen. Die Realisierung der Maßnahme generiert zudem einen geringeren Endenergieverbrauch im Jahr 2016 im Ausmaß von 720,46 GWh bzw. für die gesamte Laufzeit im Ausmaß von 3842,9 GWh.

Eine rein statische Gegenüberstellung ohne Berücksichtigung von zusätzlichen volkswirtschaftlichen Effekten der aggregierten Investitions- und Betriebskosten und der aggregierten Verbrauchsreduktionen zeigt, dass für jede eingesparte kWh an Energie 2,75 Euro investieren müssen. Bezogen rein auf die Energieeinsparung im Jahr 2016 müssen pro kWh 14,68 Euro investiert werden.

Tabelle 4.8-23: Statischer Vergleich der notwendigen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmen „Technologie und Innovation in der Güterlogistik“ und „Förderung von Transport-rationalisierung und -verlagerung“ und der ausgelösten Reduktion im Energieverbrauch im Segment Verkehr

Jahr	jährliche zusätzliche Investitionskosten aufgrund der Realisierung der Maßnahme (inkl. öff. Investitionen) Mio. €	jährliche zusätzliche Betriebskosten* (Unternehmen) (inkl. Förderungen) Mio. €	Förderungen des öffentlichen Sektors Mio. €	Reduzierung des jährlichen Energieverbrauchs (Unternehmen, öff. Sektor) GWh
2008	819,9	68,6	5,33	143,1
2009	819,9	140,3	5,33	210,4
2010	819,9	211,9	5,33	279,2
2011	819,9	283,5	5,33	348,6
2012	819,9	355,0	5,33	420,3
2013	819,9	426,5	5,33	493,4
2014	819,9	497,9	5,33	567,9
2015	819,9	570,8	5,33	660,1
2016	819,9	642,7	5,33	720,5
SUMME	7.380	~ 3.200	48,0	3.843,5

* ohne Energiekosten, ohne externe Kosten

5 Strategien zur Erschließung von nicht ausgeschöpften Energieeffizienz-Potentialen im Haushaltssektor (Ausarbeitung durch EEG)

5.1 Maßnahmenbereich Wärme

5.1.1 Implementierung der Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit

Freiwillige Maßnahmen: Erhöhung von Förderungen

Die Auswirkung von erhöhten Förderungen wird anhand der zwei Szenarien WM und WAM der Studie: „Energieszenarien bis 2020“ [108] abgeschätzt. Im WM Szenario werden für thermische Sanierungsmaßnahmen Zuschüsse von 30% vergeben. Im WAM Szenario werden bis von 35% (2010) auf 50% (ab 2014) gesteigert Abbildung 5.1-1. Über die Periode 2014 – 2020 lässt sich aus diesen beiden Szenarien eine Elastizität von durchschnittlich 60% ermitteln.

Die in dieser Studie analysierte Maßnahme im Bereich der Gebäudesanierung geht von einer Verdoppelung der Förderungen gegenüber dem WM Szenario aus und vergibt für thermische Sanierungsmaßnahmen Zuschüsse von 60%. Unter Berücksichtigung einer Elastizität von 60%, können bis 2016 etwa 67% der Maßnahmen des WAM Szenario durchgeführt werden.

Verpflichtende Maßnahmen: Sanierungsvorschrift für Gebäude mit unzureichender thermischer Qualität

Die Maßnahme sieht vor, dass Gebäude, die eine unzureichende thermische Qualität aufweisen und einer ganzjährigen Nutzung (z.B.: bei gemeldeten Hauptwohnsitz) unterliege, innerhalb eines bestimmten Zeitraumes einer Sanierung unterzogen werden müssen. Es wird unterstellt, dass die vorbereitenden politischen Verhandlungen und entsprechende rechtliche Voraussetzungen innerhalb von zwei Jahren abgeschlossen werden, die Maßnahme tritt mit Beginn 2012 in Kraft. Als Zeitraum, innerhalb dessen die betroffenen Gebäude saniert werden müssen wird mit 15 Jahren anberaumt. Als unzureichende thermische Gebäudequalität wird eine solche bezeichnet, wie sie typischer Weise Gebäude, die vor 1980 errichtet wurden, aufweisen. Eine Ausnahme stellen historische Gebäude dar, die unter Denkmalschutz stehen und nur bedingt sanierungsfähig sind. Dabei wird unterstellt, dass 1/3 aller Gebäude die vor 1945 errichtet wurden, zu dieser Kategorie zählen.

Unter Berücksichtigung der Anzahl an bereits sanierten Wohneinheiten, sind etwa 35% - 38% der Wohneinheiten zu sanieren. Über den Zeitraum von 15 Jahren wird somit eine durchschnittliche jährliche Sanierungsquote von 2,4% p.a. gefordert.

Tabelle 5.1-1: Wohneinheiten mit Hauptwohnsitz in Österreich

	Wohneinheiten (1000 #)	
	Wohneinheiten pro Gebäude	
	1-2	3-3+
WE bis 1944, unsaniert	237	267
WE bis 1944, sanierungsfähig	116	118
WE bis 1944, Denkmalschutz	121	149
WE bis 1944, saniert	127	180
WE 1945 - 1980 unsaniert	480	456
WE 1945 - 1980, saniert	222	297
WE 1980 - 2001, unsaniert	479	436
WE 1980 - 2001, saniert	6	5
Gesamte Wohneinheiten (BP < 2002)	1430	1492
Gebäude, sanierungsfähig und -würdig	595	574

Quelle: [8], [142], [221], eigene Berechnungen

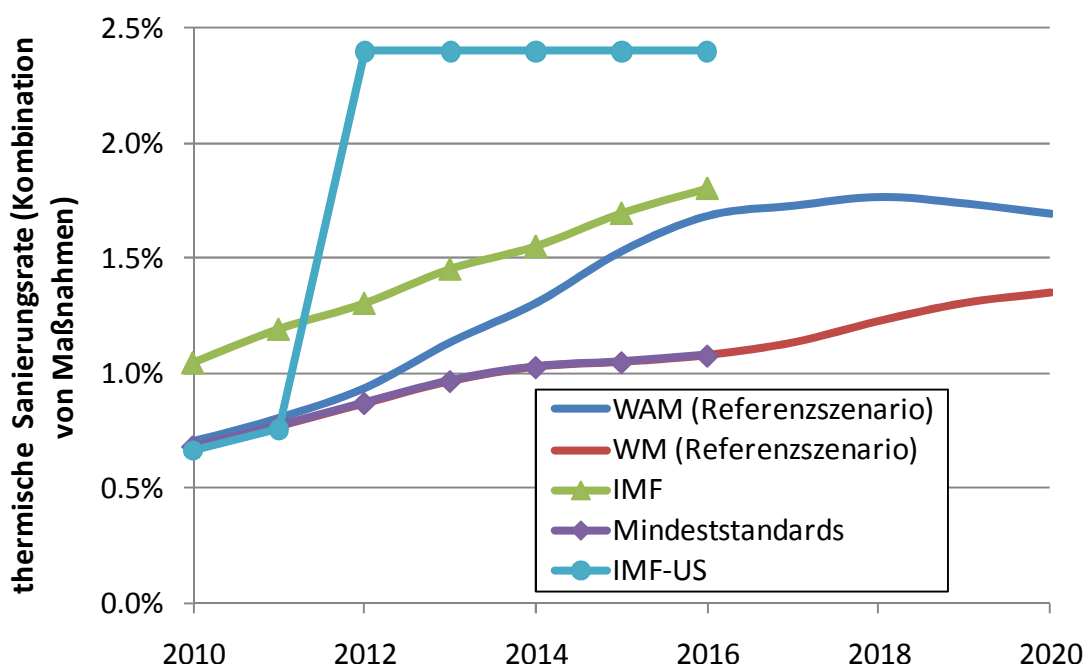
Ohne finanziell attraktive Anreize, Sanierungen durchzuführen, wird sich auch bei dieser Maßnahme eine signifikante Verzögerung bei Sanierungen zeigen. In weiterer Folge wird bei diesem Maßnahmenpaket unterstellt, dass die Verpflichtung, innerhalb der definierten Zeitperiode eine thermische Sanierung durchführen zu müssen, eine ähnliche Auswirkung wie geringe Förderungen zeigt. Daher wird das WM Szenario [108] als Approximation für die Auswirkungen einer Sanierungspflicht ohne zusätzliche Förderungen herangezogen. Damit schöpft dieses Maßnahmenpaket etwa 42% des berechneten Potentials bis 2016 aus.

Kombination von verpflichtenden und freiwilligen Maßnahmen

Maßnahmenpaket 3 untersucht nun die Auswirkungen einer Kombination beider Maßnahmenpakete. Ab 2012 wird die Sanierungspflicht wie oben dargestellt, eingeführt. Zusätzlich werden ab 2012 Förderungen in der Höhe von 50% vergeben. Durch die erheblichen Zuschüsse sollten Entscheidungsträger dazu animiert werden, thermische Sanierungen durchzuführen. Da dem Wohnungseigentümer nicht bekannt ist, wie lange ein solch hohes Förderniveau gewährt wird, werden diese in der Regel geplante Sanierungstätigkeiten vorziehen, um in den Genuss der hohen Förderungen zu kommen. Eine solche Kombination sollte die üblichen zeitlichen Verzögerungen bis Maßnahmen ihre Wirkung entfalten deutlich reduzieren.

Die Auswirkungen dieses Maßnahmenpaketes unterstellen eine Entwicklung der Sanierungsrate bis 2012 entsprechend dem WM Szenario. Ab 2012, mit Einführung der Sanierungspflicht und entsprechenden Förderungen, werden die betreffenden Gebäude gleichmäßig und verzögerungsfrei innerhalb der Zeitperiode von 15 Jahren thermisch saniert. Eine solche Maßnahme schöpft damit 90% des erhobenen Einsparpotentials aus.

Abbildung 5.1-1: Szenarien der Entwicklung der mittleren thermischen Sanierungsrate.



Quelle: [108], eigene Berechnung

Wärmeverteilungssystem:

Es wird angenommen, dass die 3 Förderungsszenarien die Potentiale bei der Heiztechnik im selben Ausmaß ausschöpfen, wie sich dies bei den Gebäudesanierungen ergibt.

Wärmebereitstellungssystem

Freiwillige Maßnahmen: Förderungen von Brennwertgeräten, Wärmepumpen, Solarthermie und Fernwärme

In diesem Förderszenario werden die genannten Technologien – in Anlehnung an die Förderrichtlinien der Gemeinde Wien für Gas-Brennwertfeuerstätten mit 30% der Investitionskosten (45% bei solarthermische Kombianlagen) gefördert. Dadurch wird das zur Verfügung stehende Potential ausgeschöpft.

Verpflichtungen: Einsatz von Brennwertgeräten bei fossil, verpflichtenden, bei Sanierung muss Solarthermie installiert werden

Dieses Förderszenario unterstellt ein Umstiegszwang innerhalb einer Zeitperiode von 10 Jahren, beginnend mit dem Jahr 2012. Es wird dabei unterstellt, dass damit innerhalb der Periode 2012 – 2016 (5 Jahre) das Potential ausgeschöpft werden kann.

Kombination von verpflichtenden und freiwilligen Maßnahmen

Dieses Szenario kombiniert die beiden zuvor skizzierten. Durch die unterstellte Verpflichtung, innerhalb einer 10-jährigen Übergangsperiode solarthermische Anlagen bzw. Brennwertgeräte bei der Verwendung fossiler Energieträgern installieren zu müssen, wurde der Förderanreiz bei diesen Technologien von 30% auf 15% (bzw. 45% auf 30% bei solarthermischen Kombianlagen) reduziert. Das Potential wird wie im ersten Szenario vollständig ausgeschöpft.

5.2 Maßnahmenbereich Elektrische Verbraucher

5.2.1 Implementierung der Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit

5.2.1.1 Beleuchtung

Verpflichtende Regelung: Mindesteffizienzanforderungen

Die in dieser Arbeit betrachteten Maßnahmen zu Reduktion des Energieverbrauchs beschränken sich auf die EU Richtlinie 2005/32/EG: „Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (EuP)“ und der daraus abgeleiteten Verordnung Nr. 244/2009 (EG) zur „Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht“ [132]. Die energetischen Einsparungen durch die Richtlinie 2000/55/EG über Energieeffizienz-Anforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen werden in dieser Arbeit nicht als zusätzliche Einsparungen gewertet.

Im Rahmen dieser EuP-Richtlinie werden unter anderem für alle Sektoren Mindestanforderungen an neu zu installierende Beleuchtungssysteme bzw. Lampen gestellt. Die für den Käufer ersichtlichen und verfügbaren Daten sollen verbessert und standardisiert werden. Im Rahmen dieser Studie wurde von der European Lamp Companies (ELC) Federation ein Plan zum stufenweisen Ausstieg aus der Glühlampentechnologie veröffentlicht. Dieser sieht unter anderem ein Verkaufsverbot von Lampen mit einer Leistung über 100W mit den Energieeffizienz-Klassen E, F und G für das Jahr 2009 vor. Auf Basis der ELC Studie wurde die Verordnung Nr. 244/2009 (EG) erlassen. Diese sieht ein Verkaufsverbot von Allzweckglühlampen mit mehr als 7 Watt bis zum Jahr 2013 vor. Halogen Hochvoltlampen (230 Volt) dürfen nach September 2013 nicht mehr in Umlauf gebracht werden.

Tabelle 5.2-1: Phasenplan zur Einführung von Mindesteffizienzanforderungen für Lampen entsprechend der Verordnung Nr. 244/2009 (EG).

Stufe	Inkrafttreten	Nicht mehr in den Verkehr zu bringende Lampen
1	1. 9. 2009	Mattierte Lampen (außer Energieklasse A), Glühlampen mit 80 Watt oder mehr
2	1. 9. 2010	Glühlampen mit mehr als 65 Watt
3	1. 9. 2011	Glühlampen mit mehr als 45 Watt
4	1. 9. 2012	Glühlampen mit mehr als 7 Watt
5	1. 9. 2013	Erhöhung der Qualitätsanforderung
6	1. 9. 2016	Lampen der Klasse C

Quelle: [132]

Auf Basis dieser Verordnungen werden unterstellt, dass sich innerhalb des Zeitraumes bis 2016 im Wesentlichen alle Beleuchtungskörper gegen effiziente austauschen lassen. Das heißt, dass Potential wird vollständig ausgeschöpft.

5.2.1.2 Stand-by Verbrauch

Verpflichtende Regelung: Verordnung No. 1275/2008

Als Maßnahme zur Reduktion des Stand-by Verbrauchs ist die im Rahmen der EU Eco-Design Richtlinie erlassenen Verordnung No. 1275/2008 [84] implementiert. Diese sieht vor, dass der Stand-by Verbrauch von Geräten die mit 2010 verkauft werden, bestimmte Maximalwerte nicht überschreiten darf. Vorschriften werden in zwei Stufen implementiert, die erste Phase wird 1 Jahr nach In-Kraft treten der Richtlinie gültig, die Phase 2 mit stringenteren Werten 3 Jahre später. Im Detail sieht die Richtlinie folgende Regelungen (Annex II, S.17) vor:

1. Maximale Stromverbrauchswerte in Phase 1 (Frühjahr 2010):
 Off-Modus: 1Watt
 Stand-by, nur Reaktivierungsfunktion: 1 Watt
 Stand-by, mit Zustandsanzeige: 2 Watt
 Maximale Stromverbrauchswerte in Phase 2 (Frühjahr 2013):
 Off-Modus: 0.5 Watt
 Stand-by, nur Reaktivierungsfunktion: 0.5 Watt
 Stand-by, mit Zustandsanzeige: 1 Watt
2. Alle von der Richtlinie betroffenen Geräte müssen einen Stand-by- und/oder einen Off-Modus aufweisen - außer dies ist nicht kompatibel mit der vorgesehenen Nutzung.
 Möglich sind auch andere Modi, die die vorgeschriebenen maximalen Leistungsaufnahmen von Off- und Stand-by-Modus nicht überschreiten. Somit werden Geräte, die nur den Ein-Zustand aufweisen (ohne Ausschalt- oder Stand-by-Möglichkeit) grundsätzlich nicht mehr zulässig sein.
3. Ab Phase 2 sollen Geräte zudem über eine Energiemanagement-Funktion verfügen, welche das Gerät so rasch als möglich in den Stand-by- oder den Off-Modus schaltet, wenn es nicht aktiv ist und wenn keine anderen Geräte davon anhängig sind. Die Energiemanagement-Funktion muss bei der Auslieferung aktiviert sein.

Da diese Richtlinie verpflichtenden Charakter hat, ist davon auszugehen, dass kaum weitere Einsparpotentiale in diesem Bereich zu erreichen sind. Die strengeren Richtwerte in Phase 2 liegen im Bereich der heute als technisch bestmöglichen Lösungen anerkannten Werte.

5.2.1.3 Weiße Ware

Förderungen von effizienten Geräten

Diese Maßnahmen orientieren sich an den bestehenden Förderprogrammen für effiziente stromverbrauchende Anwendungen. Bei der „UFH-Trennungsprämie“ wird in Kooperation der Umweltforum Haushalt GmbH und dem Lebensministerium für den Austausch eines bestehenden alten Kühlgerätes durch ein Gerät der Klasse A++ im Zeitraum von September bis Dezember 2009 ein Förderbudget von 2,5 Mio. € zur Verfügung stellt. Geräte mit einer Höhe bis 90 cm werden mit einer einmaligen Prämie von 50 €, solche mit einer Höhe von mehr als 90 cm bzw. Kühltruhen werden mit 100 € gefördert. Die Förderhöhen reichten aus, um das Budget zu mehr als 97% auszuschöpfen.

Bei der vorliegenden Maßnahme wird unterstellt, dass die Geräte über den Zeitraum 2010 bis 2016 mit 30% der Investitionskosten gefördert werden. Die jährlichen Potentiale (gemessen am Gesamtpotential der jährlichen Neuinstallationen) werden dabei wie in Tabelle 5.2-2 dargestellt, ausgeschöpft. Über den gesamten Zeitraum lässt sich damit das Gesamtpotential zu 60% ausschöpfen.

Verpflichtende Regelung: Dynamische Standards

In Anlehnung an das Japanische TopRunner Projekt werden dynamische Mindeststandards eingeführt. Regelung tritt mit 2011 in Kraft, Übergangsfrist beträgt 4 Jahre (Top-Runner: 5-6 Jahre (Quelle)). Innerhalb dieser Zeit werden die Grenzwerte linear angepasst. Durch eine solche Maßnahme lässt sich etwa 50% des Potentials ausschöpfen.

Förderungen: Durch Förderungen 50 bzw. 100 € ist der Anteil verkauften A++ Geräte Kühlschränke von etwa 4% (Schätzung) auf 20-25% angestiegen. Die Förderung macht etwa 1/4 der zusätzlichen Investitionskosten aus. Es wird die Annahme unterstellt, dass eine derartige Förderung 1/3 der zusätzlichen Investitionskosten gewährt wird.

Anteilmäßig für alle Technologien, normale Marktdurchdringung von etwa 8-10 Jahren.

Kombination von verpflichtenden Vorschriften und Förderungen

Es wird zu Beginn dieselbe Förderung von 30% gewährt. Mit zunehmender Wirksamkeit der Verkaufsvorschrift wird diese anteilmäßig reduziert. Ab 2013 wird keine monetäre Förderung vergeben. Dieses Maßnahmenpaket schöpft das Potential zu 78% aus.

Tabelle 5.2-2: Jährliche Potentialausschöpfung des Bereiches Weiße Ware

Anteil an effizienten Geräte an jährlichen Inbetriebnahmen			
Jahr	Förderung	Verpflichtung	Kombination
2010	30%	0%	30%
2011	40%	0%	40%
2012	50%	25%	75%
2013	60%	50%	100%
2014	70%	75%	100%
2015	80%	100%	100%
2016	90%	100%	100%
2010-2016	60%	50%	78%

5.3 Maßnahmenbereich Verkehr

Auf Basis internationaler Übereinkommen können Mindeststandards für Fahrzeuge eingeführt werden. Ein Beispiel dafür sind die Abgasnormen, wie sie bereits seit langem unter anderem im Europäischen Raum implementiert sind. Die Übereinkunft der Fahrzeughersteller mit der Europäischen Kommission, ab 2015 Obergrenzen für den Flottenverbrauch der verkauften Fahrzeuge einzuführen, können bereits mehr als eindeutig verpflichtende Maßnahme eingestuft werden, da im Falle einer Nicht-Erreichung der Zielvorgaben, Strafzahlungen zu leisten sind. Wirksamkeit dieser Maßnahme wird somit von der Höhe der Strafzahlung abhängen. Damit ist ein fließender Übergang zum Bereich des Produktbesteuerns gegeben. Auf rein nationaler Ebene sind verpflichtende Maßnahmenpakete schwer, innerhalb des betrachteten Zeitraums nicht, umsetzbar. Daher wurden keine solchen in der gegenständlichen Arbeit berücksichtigt.

5.3.1 Implementierung der Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit

Individualverkehr

Im Bereich des hier untersuchten Personenverkehrs werden ausschließlich Maßnahmen auf freiwilliger Umsetzungsbasis untersucht. Für den Bereich der alternativen Antriebe und Treibstoffe wird unterstellt, dass für Vollhybride sowie Fahrzeuge mit Erdgasmotoren eine Förderung von 750 € pro neu zugelassenen Fahrzeug vergeben wird. Für alternative Hybridsysteme wird diese aliquot angepasst.

Bei der Mineralölsteuer wurde angenommen, dass Erdgas, über den gesamten betrachteten Zeithorizont mit der derzeit implementierten, gegenüber Benzin und Diesel deutlich geringeren Steuer belastet wird. Dabei sollte bedacht werden, dass bei einer stärkeren Verbreitung von Erdgasfahrzeugen die Steuerausfälle ein Ausmaß erreichen würden, das dazu bewegt, die Steuer auf diesen Kraftstoff deutlich zu erhöhen. Bei der NOVA wurde ebenfalls das 2008 herrschende System belassen.

Die erstellten Einsparungspotentiale für alternative Antriebe und Erdgasfahrzeuge berücksichtigen bereits die hier dargestellten Förderungsmaßnahmen. Daher werden die Potentiale in diesem Bereich mit den vorgestellten Maßnahmen bis 2016 vollständig ausgeschöpft.

Öffentliche Verkehrsmittel

Wie oben dargelegt, orientieren sich die Potentiale einer Forcierung von öffentlichen Verkehrsmitteln an veröffentlichten Zielszenarien einzelner Bundesländer. Eine umfassende Bewertung der Maßnahmenbewertung zur Förderung von öffentlichen Verkehrsmitteln würde den Umfang des gegenständlichen Projektes sprengen, daher werden notwendige Voraussetzungen zur Erreichung der Ziele skizziert. Als Grundlage dienen Elastizitäten, anhand derer untersucht wird, inwieweit sich Entscheidungsgrundlagen ändern müssen, um die gesteckten Ziele zu erreichen. Da die Forcierung des öffentlichen Verkehrs nicht durch Verschlechterung der Bedingungen für den Individualverkehr erreicht werden sollte, werden im Weiteren die Kreuzelastizitäten vernachlässigt, indem angenommen wird, dass sich der MIV nicht ändert, und es werden ausschließlich Eigenelastizitäten herangezogen. Die relevanten Einflussparameter sind somit die Fahrzeiten des ÖV, die Zugangshäufigkeit, Taktung sowie der Preis. Die Elastizität für die Umstiegshäufigkeit findet im Rahmen dieser Analyse ebenfalls keinen Einfluss.

Die in Tabelle 5.3-1 dargestellten Elastizitäten werden im Weiteren angewendet (siehe Axhausen, 2007, vgl. [31]).

Tabelle 5.3-1: Elastizitäten im Bereich öffentlicher Personenverkehr.

Parameter	Elastizität
Fahrzeit	-0,57
Zugangszeit	-0,27
Taktung	-0,23
Preis	-0,25
Umsteigevorgänge	-0,18

Quelle: [15]

Folgende Änderungen wären bis 2016 notwendig, um auf Basis der skizzierten Methode, das Effizienzscenario – Anstieg des ÖPNRV um 10,4% zu erreichen.

Parameter	Notwendiges Ausmaß der Änderung der Parameter
Alleinige Änderung eines Parameters	
Fahrzeit	-18%
Zugangszeit	-38%
Taktung	+45%
Preis	- 42%
Kombination von Parametern	
Fahrzeit	-2%
Zugangszeit	-3%
Taktung	+15%
Preis	-20%

Eine Einzelauswertung der notwendigen Voraussetzungen für die Bereiche Ballungs-/ländlicher Raum bzw. Kurz- und Langstrecken zeigt, dass das auf Basis der zugrundeliegenden Elastizitäten die Ziele für den Bereich Kurzstrecken in Ballungsräumen nur schwer erreicht werden können.

Es wird die Annahme getroffen, dass bei optimaler Kombination ein Förderbedarf von etwa 30% des Preises benötigt wird. Die Maßnahme unterstellt, dass das Potential vollständig ausgeschöpft wird.

6 Strategien zur Erschließung von nicht ausgeschöpften Energieeffizienz-Potentialen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor

6.1 Einleitung / Vorwort

Viele österreichische Unternehmen des Industriesektors, aber auch des Dienstleistungssektors können bzw. konnten bereits beachtliche Erfolge bei der Energieeffizienz-Steigerung verbuchen. Dennoch wurde das wirtschaftlich vertretbare Einsparungspotential hinsichtlich Energieeffizienz-Steigerung nur zu einem geringen Teil ausgeschöpft. Um weitere verfügbare Effizienzpotentiale zu erschließen, bedarf es unter anderem der Optimierung der Energiepolitik und der Schaffung von Anreizmechanismen, mit deren Hilfe Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz angehalten werden sollen.

Laut mehrerer Studien (siehe z.B. [42]) sind die drei wichtigsten Hemmnisse der Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen: 1. unzureichendes und mangelndes Wissen, 2. zu lange Amortisationsdauer einer Maßnahme und 3. fehlende Finanzierungsmöglichkeiten.

Die derzeit vorhandenen Potentiale zur Energieeinsparung und zur Energieeffizienz werden in Industrie- und Dienstleistungsunternehmen nicht zur Gänze ausgeschöpft. Um diese effektvoller zu nutzen, werden folgende drei Instrumente und politische Energieeffizienz-Strategien vorgeschlagen:

1. Intensive monetäre Förderung von energieeffizienzsteigernden Technologien
2. Einführung von Mindeststandards bei solchen Technologien
3. Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien

Die existierenden Chancen zur Senkung des Energieverbrauchs können durch Einsatz dieser Strategien realisiert werden.

In diesem Kapitel werden diese drei Strategien ausschließlich für den Sektor der Nicht-Haushalte dargestellt, bewertet und analysiert. Diese sollen die Unternehmen dazu veranlassen, die derzeit bestehende Lücke zwischen wirtschaftlich rentablen Lösungen und den tatsächlich umgesetzten Energiesparmaßnahmen weitgehend zu schließen.

Das Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz hat im August 2009 eine Umfrage unter Spezialisten im Bereich Energieeffizienz in Österreich durchgeführt. Den Meinungsbildnern wurde ein Fragebogen zugesandt. Anhand der ausgewerteten Umfrageergebnisse der Energieexperten und Literaturrecherchen wurden die im Folgenden beschriebenen fünf Szenarien für die Umsetzung der drei oben genannten Energieeffizienz-Strategien entwickelt.

In diesen Szenarien wird angenommen, dass Zinssätze und (reale) Energiepreise gleich bleiben. Weiters wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im Beobachtungszeitraum ähnlich zu jener in der Referenzperiode der Energieeffizienz-Richtlinie – 2001-2005 – bleibt.

In den analysierten Szenarien werden ausschließlich bestehende Technologien eingesetzt, ein möglicher technischer Fortschritt wird auf Grund des kurzen Beobachtungszeitraums nicht antizipiert.

Die in weiterer Folge dargestellten Berechnungen sind unter den oben beschriebenen Gesichtspunkten zu betrachten.

6.2 Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen und Ergebnisse bereits durchgeführter Studien

An dieser Stelle wurden hauptsächlich die Ergebnisse von in Deutschland durchgeführten Studien und Umfragen herangezogen, da hier eine gute strukturelle Vergleichbarkeit mit den Sektoren Industrie und Dienstleistung in Österreich unterstellt werden kann.

Zuerst wird aber ein kurzer, allgemeiner Überblick über Hindernisse und Schwierigkeiten gegeben, welche Industrie- und Dienstleistungsunternehmen daran hindern, energieeffizienzsteigernde Technologien in den eigenen Wänden zu implementieren und energieeffizientes Verhalten nicht nur in Leitbildern, sondern auch im tatsächlichen Arbeitsalltag zu integrieren.

Jene Hemmnisse und Barrieren, welche die Ausschöpfung der vorhandenen Potentiale verhindern und/oder verzögern, werden folgendermaßen unterteilt: [109]

- Ökonomische und/oder betriebliche Faktoren: dazu werden fehlendes Eigenkapital, Risikoaversion, falsche Berechnungsmethoden, Betriebssicherheit usw. gezählt.
- Mangelnde Information: Zum Informationsmangel zählen ungenügende Kenntnisse über mögliche Technologien, über Fördermöglichkeiten, über die rechtliche Lage und schließlich über Energieeffizienz-Einsparungsmöglichkeiten im eigenen Unternehmen.
- Rechtliche Hemmnisse: verschiedene Vorschriften und Bestimmungen stehen teilweise im Gegensatz zu Energieeffizienz-Maßnahmen.
- Strukturelle Hemmnisse: Verschiedene Akteure und Shareholder verfolgen unterschiedliche Interessen, welche nicht unbedingt übereinstimmen bzw. idente Ziele verfolgen.
- Psychologische und soziale Hemmnisse: dazu können zum Beispiel negative Meinungen über Energieeffizienz-Maßnahmen oder verwerfender Einfluss des Umfeldes gezählt werden.

Im Weiteren werden drei Gruppen von Hemmnissen für die Realisierung von Energieeffizienz-Maßnahmen in Betrieben unterschieden. Diese gelten für, und treten vor allem in kleineren und mittelgroßen Unternehmen auf und sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 6.2-1: Hemmnisse für die Realisierung von Energieeffizienz-Maßnahmen

Informations- und Motivationsmangel	Finanzielle Restriktionen	Hemmende Rahmenbedingungen
Fehlende energetische Kenntnisse	Zu hohe Rentabilitätserwartungen	Externe Kosten nicht im Energiepreis berücksichtigt
Fehlende Informationen über geeignete Maßnahmen	Konkurrenz zu anderen Investitionen	Unsicherheit über die Energiepreisentwicklung
Keine Energiefachleute in kleinen und nicht energieintensiven Betriebe	Geringe Eigenkapitalausstattung	Zu wenig Energiedienstleistungsangebote
Zeitangel	Fehlende Verfügbarkeit oder Akzeptanz von Krediten	Fehlendes Image mancher Energiespartetechniken
Fehlende Kenntnisse von Bau und Installationsfachleuten		Scharfe Gesetztvorgaben und zeitaufwendige Genehmigungsverfahren
Investor-Nutzer-Dilemma		

Quelle: [199],[201]

Im europäischen Raum wurde zwischen 1991 und 2004 eine Energieeffizienz-Steigerung von ca. 25% in Industrieunternehmen beobachtet. Diese Steigerungstendenz hat sich in den letzten Jahren etwas abgeschwächt. Die Umsetzungsquote von Energieeffizienz-Maßnahmen hängt von vielen Faktoren ab. Es wird angenommen, dass die bestehenden Hemmnisse durch die vorgeschlagenen Strategien zum größten Teil abgebaut werden können.

Im deutschsprachigen Raum wurden in den letzten Jahren mehrere Befragungen im Hinblick auf die Hemmnisse der Durchführung von energiesparenden Maßnahmen initiiert.

So wurde die KfW-Umfrage („KfW-Befragung zu den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Energieeffizienz in Unternehmen“) im Dezember 2005 von der KfW-Bankengruppe veröffentlicht. [42] Dabei wurden über 4.100 Unternehmen, die in den letzten 5 Jahren einen Kredit von KfW bekommen haben, befragt. Laut dieser Umfrage hatten sich rund 40% der Unternehmen bis dahin nicht mit der Frage Energieeffizienz auseinander gesetzt, und dies obwohl die Energiepreise im betreffenden Zeitraum gestiegen sind. [42]

Laut dieser KfW-Befragung [42] zu Hemmnissen und Erfolgsfaktoren in Unternehmen halten 64 Prozent der Unternehmen das Thema Energie für wichtig und aktuell. Die Befragung zu Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen aus dem Jahr 2007, durchgeführt von der Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern Rheinland-Pfalz und dem Saarland, imweiterem IHK-Befragung genannt, kam sogar auf 90 Prozent. [59]

Laut einer anderen Studie der Deutschen Energie-Agentur (dena) halten ca. 87 Prozent der befragten Unternehmen das Thema Energieeffizienz für wichtig, dennoch hat nur knapp

dielfte bereits etwas in diesem Bereich unternommen. Viele Unternehmen kennen ihre Einsparungspotentiale nicht (68%) oder schätzen diese viel geringer ein. [117]

Die IHK-Studie fand ihrerseits heraus, dass ca. 49,8 Prozent jener Unternehmen, für die Energieeffizienz wichtig ist, in den letzten drei Jahren Energieeffizienz-Maßnahmen durchgeführt haben. 38 Prozent sehen Handlungsbedarf, 30 Prozent planen energieeffizienzsteigernde Projekte und 22,9 Prozent führen diese auch durch. [59]

70% der Unternehmen haben in den letzten drei Jahren noch mit keinen Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs begonnen oder diese abgeschlossen. [59]

Hauptgrund für die Implementierung von Energieeffizienz-Maßnahmen ist zu 94 Prozent die Energiekosteneinsparung. Die Hälfte der Unternehmen hat betriebliche Maßnahmen umgesetzt, um den steigenden Energiepreisen entgegen wirken zu können. [59]

Die Umsetzungsrate der energiesparenden Maßnahmen hängt auch vom Energiekostenanteil der Firma ab. Unternehmen mit geringerem Energiekostenanteil führen nur halb so häufig Energieeffizienz-Projekte durch, als jene mit höherem Anteil.

Weiters nannten 79% der Unternehmen Eigenmittel als wichtigste Finanzierungsquelle für Investitionen in Energieeffizienz-Maßnahmen. 42% der Unternehmen haben zusätzlich Kredite aufnehmen müssen, wobei die kleineren Unternehmen öfter Bankkredite benötigten als größere. Das zeigt, dass vielen Unternehmen - insbesondere kleinere - auf Fremdfinanzierung angewiesen sind, um Energieeinsparinvestitionen im eigenen Betrieb erfolgreich zu realisieren. [59]

Laut Angaben der KfW-Bankengruppe haben 39% der Unternehmen öffentliche Fördermittel in Anspruch genommen. Dabei ist zu erwähnen, dass kleinere Unternehmen auch häufiger um eine Förderung ansuchten als größere Betriebe. Das impliziert, dass Förderangebote und Förderquote einen bedeutenden Einfluss auf die innerbetriebliche Entscheidung für oder gegen Implementierung und Umsetzung von energieeffizienzsteigernden Maßnahmen ausüben. [42]

Aus Sicht der Autoren hängt dieser relativ hohe Anteil von 39% mit der Auswahl der Stichprobe zusammen. In der Studie wurden Unternehmen befragt, die im Zeitraum von 1999 bis 2004 Förderkredite von KfW [42] bekommen haben. Es wird von den Autoren anhand mehrerer Literaturrecherchen und durchgeführten Interviews mit den Meinungsbildnern und Experten auf dem Gebiet Energieeffizienz angenommen, dass von österreichischen Unternehmen derzeit rund 20% der wirtschaftlich vorhandenen Energiesparpotentiale ausgeschöpft sind. Die restlichen Prozente bilden eine Lücke zwischen den tatsächlich realisierten und wirtschaftlich sinnvollen Energiesparpotentialen.

Interessanterweise führten rund 33% der Unternehmen gar keine Wirtschaftlichkeitsrechnungen durch. Wurde jedoch eine Investitionsrechnung angewendet, dann wurde von den 76 Prozent der Unternehmen die Amortisationszeiten-Methode herangezogen. Viele Unternehmen sind bereit, eher in Maßnahmen mit kurzen Amortisationszeiten zu investieren, als in Maßnahmen, deren Amortisationszeiten über die geforderten (meistens über 5 - 7 Jahre) gehen, obwohl die wirtschaftliche Nutzungsdauer weit darüber hinaus geht. [59]

Ungefähr 63 Prozent der Unternehmen treffen ihre Entscheidung für die Durchführung von Energieeffizienz-Maßnahmen mit der Heranziehung der Amortisationszeiten-Methode. Die Barwert-Methode und die Methode der internen Verzinsung werden jeweils von 15 Prozent der Unternehmen zur Wirtschaftlichkeitsrechnung eingesetzt. [59]

43% der an der Umfrage teilgenommenen Unternehmen erwarten Amortisationszeiten maximal bis zu 5 Jahren. 38% der größeren Unternehmen erwarten sogar eine Kapitalwiedereinbringungszeit von weniger als 3 Jahren.

Folgende dynamische Amortisationszeiten wären im Effizienzfall realistisch:

Tabelle 6.2-2: mögliche Amortisationszeiten im Effizienzfall in Industrie- und Dienstleistungssektor

Anwendung	Dynamische Amortisationszeit im Effizienzfall [Jahre]
Prozesswärme	3,1
Beleuchtung	3,7
Pumpen	2,9

Quelle: [114]

Die Schweizer Firma „Ecoplan“ führte ebenfalls eine Umfrage zu Hemmnissen für Energiesparinvestitionen durch. Dabei gaben 89% der befragten Unternehmen an, dass sie ihre Investitionsentscheidungen hauptsächlich auf Basis des Kosten-Nutzen-Verhältnisses treffen. Zugleich berücksichtigen 41% der Betriebe bei ihren Entscheidungen auch die Rückzahlungsfristen. Die angestrebte Rückzahlfrist dieser Firmen liegt bei durchschnittlich 7 Jahren. [68]

Unternehmen, welche die Amortisationsmethode verwenden, schätzen somit nicht den Gewinn einer Investition, sondern führen eine Sicherheitsrechnung durch. Die Methode des internen Zinsfußes wird seltener (15%) von Unternehmen angewandt, obwohl diese die durch eine Investition erwirtschaftete Rendite berechnet. Dementsprechend können und werden auch nicht alle Investitionsentscheidungen für Implementierung von energieeffizienzsteigernden Technologien rational und adäquat getroffen. Dadurch verlieren Unternehmen ihre Rendite und der unnötig hohe Energieverbrauch bleibt weiter bestehen.

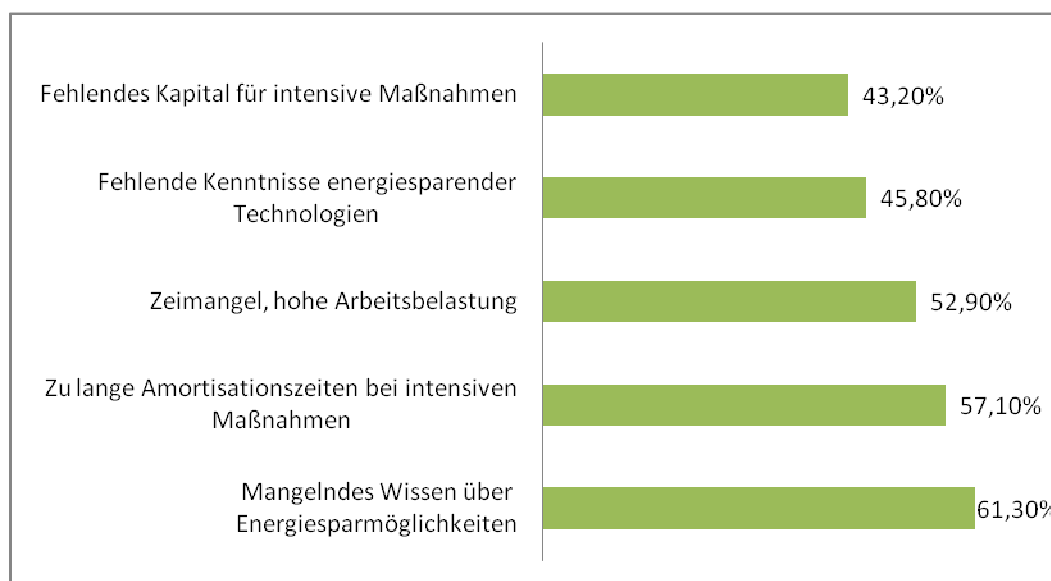
39% der Unternehmen haben nicht die nötigen Kapitalmittel, um die Maßnahmen umzusetzen. Kleinere Unternehmen sind häufiger betroffen. Außerdem stehen stets andere für den Erhalt des Betriebes notwendige Maßnahmen in Konkurrenz zu den Energieeinsparungsmaßnahmen.

Allerdings sahen laut durchgeführten Umfragen knapp 34% der Unternehmen kein Einsparpotential im eigenen Betrieb. 39% der Betriebe schätzen ihr Einsparpotential auf weniger als 10%.

Nach einer Studie für die Bundesstiftung Umwelt zum Energieverbrauch und zur Energieeinsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen fanden die Befragten, dass bereits etwa 50% der Möglichkeiten zur Strom- und Brennstoffeinsparung ausgenutzt sind. Die zusätzlichen Einsparmöglichkeiten wurden besonders von kleineren Betrieben nicht wahrgenommen.

Laut IHK-Umfrage (siehe [59]) hemmen die in der folgenden Abbildung dargestellten Gründe die Unternehmen, Energieeffizienz-Maßnahmen durchzuführen:

Abbildung 6.2-1: Die fünf wichtigsten Gründe, warum Energieeffizienz-Potentiale nicht genutzt werden (in %) (Mehrfachnennungen möglich).



Quelle: IHK, S. 16 [59]

Danach spielen „zu lange Amortisationszeiten bei investiven Maßnahmen“ mit 57,1 Prozent und „Fehlendes Kapital für investive Maßnahmen“ mit 43,2 Prozent eine erhebliche Rolle, weshalb die in einem Unternehmen schlummernden Energieeffizienz-Potentiale nicht genutzt werden. [59]

Die Unternehmen verzichteten auf energiesparende Investitionen, weil 62% von ihnen die bestehenden Anlagen für ausreichend effizient halten, 35% benötigten Mittel für andere Investitionen in Kernbereichen der Unternehmen und ca. 33% der Firmen rechnen in der Zukunft mit relativ niedrigen Energiepreisen, sodass sich energieeffizienzsteigernde Investitionen nicht auszahlen würden. Somit sind die hohe Wirtschaftlichkeit und Gewinnsicherheit von Investitionen wichtige Anreize für die Implementierung von Energieeffizienz-Maßnahmen. [68]

Im Rahmen einer Studie über Hemmnisse in der Schwedischen Industrie fand man heraus, dass der Grund zu 93% darin liegt, dass die Kosteneffizienz bei einer Investition in energiesparenden Technologien nicht gegeben ist. [186] [187] Finanzielle Verpflichtungen stellen die nächste Barriere für die Implementierung von Energieeffizienz-Maßnahmen in Betrieben dar. Hier verbindet sich technisches Risiko mit mangelnden finanziellen Ressourcen und höheren Transaktionskosten- andere Investitionen haben höhere Priorität. Die Hälfte der Firmen hat in einer Umfrage geantwortet, dass Energieeffizienz eher bei der Anschaffung von neuen Geräten oder beim Neubau eine Rolle spielt. [187]

Deshalb soll die intensive monetäre Förderung eine Hilfe gegen Finanzierungsprobleme im Bereich der energieeffizienten Technologien schaffen. Aus der Praxis geht hervor, dass durch eine zu erwartende Kostensenkung die Umsetzung von energiesparenden Effizienzmaßnahmen angeregt wird. 67 Prozent der Unternehmen gaben in der IHK-Umfrage an, dass es für Sie wichtig wäre, eine Förderung für energiesparende und effizienzsteigernde Technologien zu erhalten. Dennoch haben nur zwei Prozent der befragten Unternehmen die Fördermittel tatsächlich in Anspruch genommen. [59]

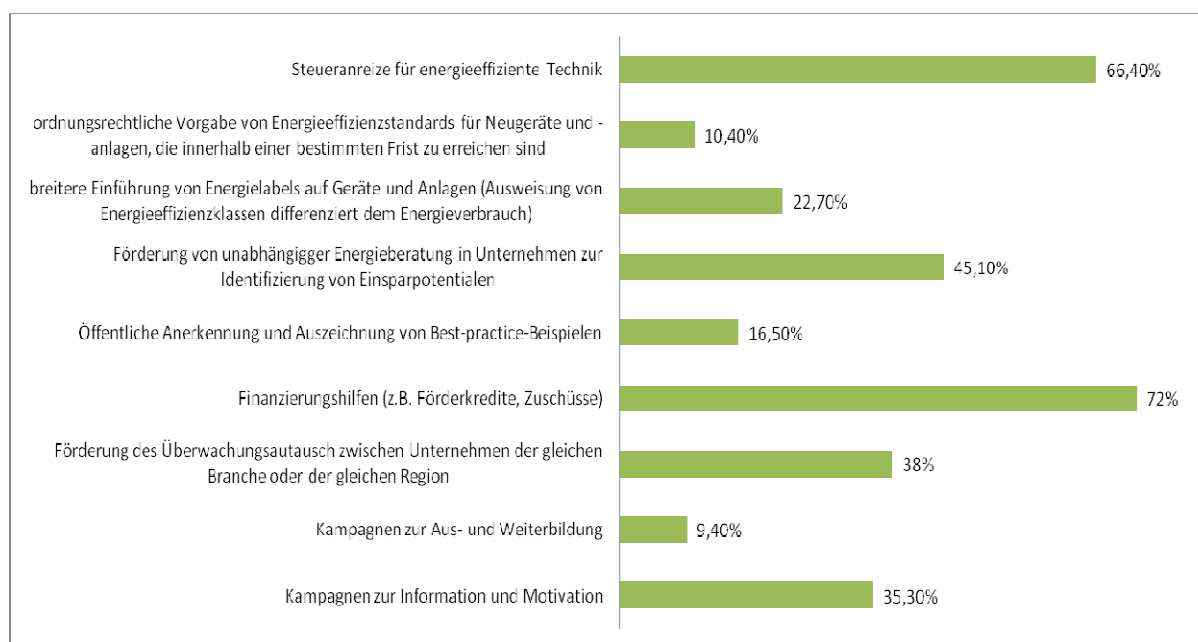
Warum Unternehmen nicht auf öffentlich zugängliche Finanzierungshilfen zugreifen, wird unter anderem damit begründet, dass es unzureichende Informationen über die jeweiligen

Fördermöglichkeiten gibt oder diese schwer und mit hohem zeitlichem Aufwand zu beantragen sind. Deshalb setzt die Strategie „*Intensive monetäre Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien*“ auch voraus, dass diesbezüglich dementsprechende Informations- und Beratungskampagnen gestartet werden. Das Verfahren der Fördermittelvergabe soll auch standardisiert werden, um mehr Unternehmen dafür zu begeistern. Diese Maßnahmen sollen flankierend angeboten werden. Im umgekehrten Fall kann der Mangel an Informationen über die vorhandenen Fördermöglichkeiten zu einem prohibitiven Verhalten hinsichtlich der Implementierung von Energieeffizienz-Maßnahmen in einem Unternehmen führen.

Öffentliche Förderungen (Darlehen, Zuschüsse) werden von 61% r Unternehmen als Begünstigung der Umsetzung von energieeffizienzsteigernden Technologien genannt. 59% r Unternehmen werden der Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen bei einer erwarteten Kostensenkung eher zustimmen. [59]

Die KfW-Umfrage bestätigt ihrerseits, dass rund 78% der Unternehmen glauben, dass eine erwartete Energiekosteneinsparung die Umsetzung von Energieeinsparungsmaßnahmen begünstigt. Öffentliche Fördermaßnahmen stellen mit 51% den zweitwichtigsten Faktor dar, welcher positiven Einfluss auf die Realisierung von betrieblichen energieeffizienzsteigernden Maßnahmen ausübt. Für kleinere Unternehmen spielt die Förderung eine noch größere Rolle. [42]

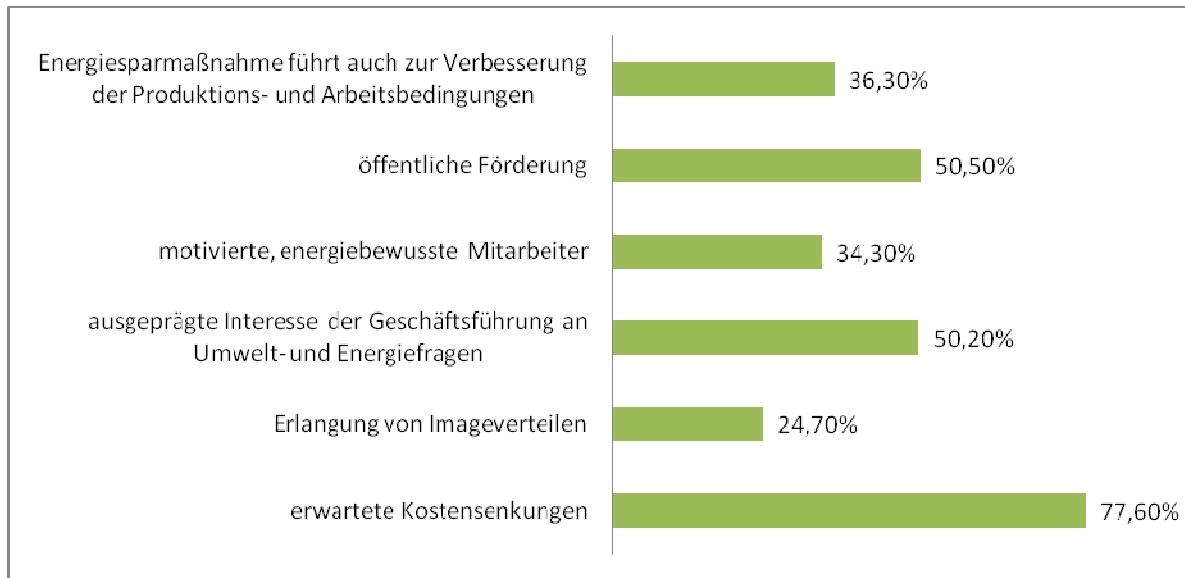
Abbildung 6.2-2: mit welchen Förderinstrumenten können Energieeffizienz-Potentiale in Unternehmen am erfolgreichsten erschlossen werden? (Mehrfachnennungen möglich)



Quelle: KfW-Bank [42]

Mehrere Umfragen ergeben schließlich, dass finanzielle Anreize die wichtigsten Instrumente der Förderung zur Realisierung von Energieeffizienz-Maßnahmen in Unternehmen darstellen. 72% der Unternehmen würden Finanzierungshilfen in Form von Krediten oder Zuschüssen bevorzugen, 66% glauben, dass Energieeinsparpotentiale durch Steueranreize erschlossen werden können. [59]

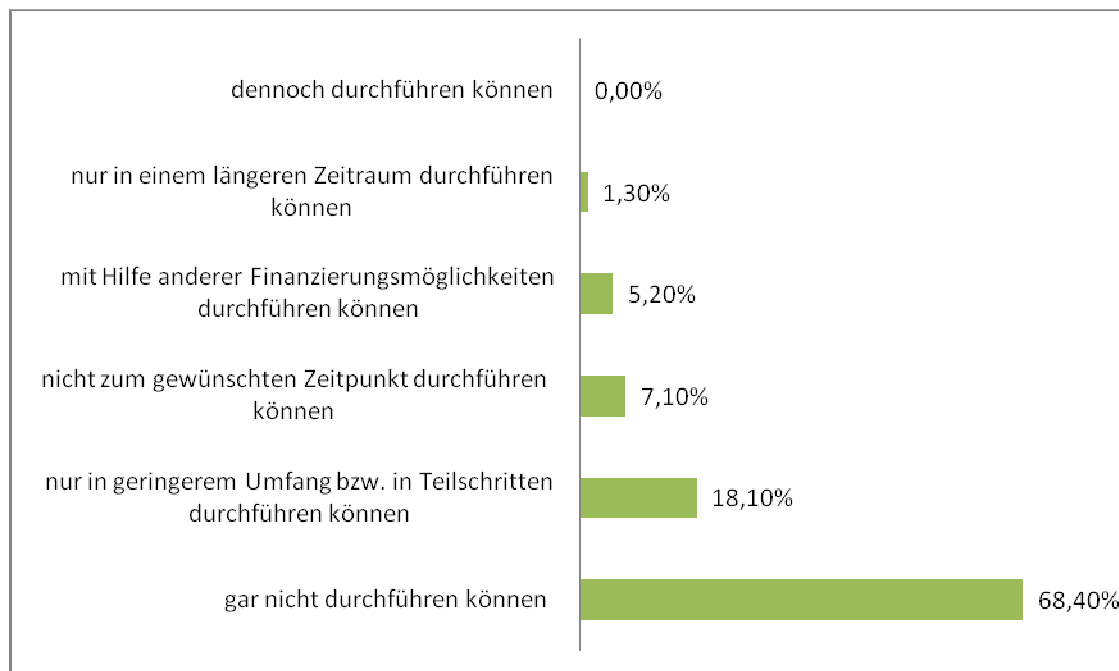
Abbildung 6.2-3: Welche Faktoren begünstigen die Umsetzung von energiesparenden Maßnahmen in Unternehmen?



Quelle: KfW-Bank [42]

Die Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen müssen mit Hilfe der Politik überwunden werden. Da vor allem die Industrie inhomogen ist, liegen in jedem Unternehmen unterschiedliche Hemmnisse vor, welche nur durch gezielten Einsatz von differenzierten Förderpolitiken bewältigt werden können.

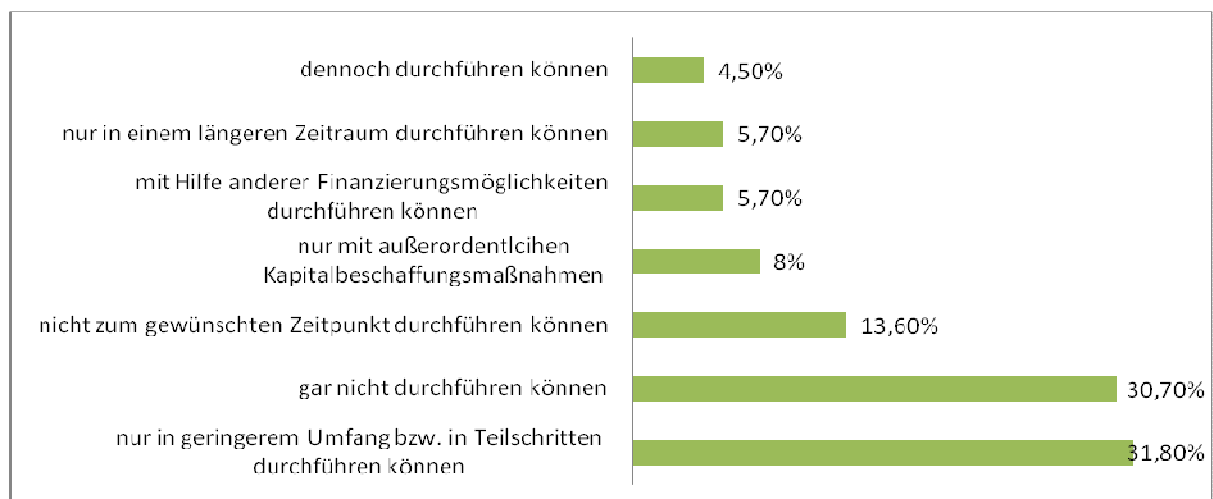
Abbildung 6.2-4: Finanzielle Möglichkeiten der Vorhabensförderung: Hätten Sie die Vorhaben ohne die Förderung....?



Quelle: Prognos AG [6]

Laut anderer Umfrage können ca. 68,4% der Unternehmen beispielweise Maßnahmen im Bereich der erneuerbaren Energieträger gar nicht ohne öffentliche Förderung durchführen. Somit besteht zwischen Förderungen und Investitionskosten ein positiver Zusammenhang. [6]

Abbildung 6.2-5: Finanzielle Mercklichkeit der Vorhabensförderung (Unternehmen): Hätten Sie die Vorhaben ohne die Förderung?



Quelle: Prognos AG [6]

Die derzeitige Energiepolitik beruht zu sehr auf ökonomischen Faktoren. Tatsächlich ist der Entscheidungsmechanismus viel komplizierter und beinhaltet auch unter anderem solche Komponenten wie Unternehmenskultur, Leitbilder, Zielsetzungen einer Organisation,

soziales Prestige und Anerkennung, unterschiedliche psychologische Faktoren und Wertsetzungen. Es gibt also nicht nur ökonomische Barrieren, sondern organisationale (Organisationskultur, fehlendes Energiemanagement) und psychologische. Die schlechte und unzureichende Information über technische Möglichkeiten, aber auch allgemein vorliegende Informationsdefizite und Intransparenzprobleme begünstigen die Hemmnisse der Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen in den Unternehmen. Infolgedessen sind die Möglichkeiten der Umsetzung dieser Maßnahmen einigermaßen begrenzt.

Allgemeine Aussagen sind deshalb schwer zu treffen, weil vor allem in der Industrie je nach Branche unterschiedliche Energieeinsparpotentiale gegeben sind.

Angesichts der Situation am Energiemarkt wird deutlich, dass politischer Handlungsbedarf im Bereich der effizienten Energienutzung in den Industrie- und Dienstleistungsunternehmen und in der Umsetzung energieeffizienzsteigernder Technologien besteht.

6.3 Aktuelle Situation am Markt

Viele energiesparende Maßnahmen können nur mit Hilfe hoher Investitionen umgesetzt werden. Die Amortisationszeiten bei der Implementierung effizienzsteigernder und energiesparender Technologien liegen außerhalb des Akzeptanzbereichs der Unternehmen. Viele Betriebe und Organisationen wollen oder können nicht derart hohe Investitionssummen für Technologien mit relativ langen Amortisationszeiten aufwenden.

Die derzeitige Umsetzungsquote von Energieeffizienz-Maßnahmen in Industrieunternehmen reicht nicht aus, um die angestrebten Energieverbrauchsreduktionsziele zu erreichen. Deshalb sind zusätzliche Anreize durch intensive und gezielte Förderungen unabdingbar. Durch Einführung von Mindeststandards wird die derzeit unübersichtliche Förderpolitik einheitlicher und verständlicher, aber diese selbst auch effizienter. Somit können nicht nur umfassende Maßnahmen umgesetzt werden, sondern auch viele kleinere (aber energetisch sinnvolle).

Die Fördermittel können sich aus verschiedenen Quellen zusammensetzen. Für weitere Berechnungen ist dies im Rahmen unserer Untersuchungen nicht ausschlaggebend. Daher findet in der weiteren Studie keine differenzierte Behandlung von den verschiedenen Arten finanzieller Förderung von energieeffizienten Technologien statt.

In Österreich gab es Ende 2008 in allen Sparten insgesamt 299.195 Unternehmen. In der nachstehenden Tabelle ist Anzahl der Unternehmen nach Sparten dargestellt. [261]

Tabelle 6.3-1: Anzahl der österreichischen Unternehmen nach Sparten (Jahr 2008)

Sparte	Anzahl der Unternehmen	Anteil der Unternehmen in %
Gewerbe und Handwerk	92.613	31%
Industrie	6.298	2,1%
Handel	74.827	25%
Bank und Versicherung	1.104	0,4%
Transport und Verkehr	18.463	6,2%
Tourismus und Freizeitwirtschaft	54.370	18,2%
Information und Consulting	51.520	17,2%
ALLE Sparten	299.195	100%

Quelle: Wirtschaftskammern Österreich [261]

Die folgende Tabelle 6.3-2 zeigt eine Übersicht über getätigten Umweltförderungen im Inland- und Ausland. [144], [48]

Tabelle 6.3-2: Umweltförderungen im Inland- und Ausland

Jahr	Anzahl	Umweltrelevantes Investitionsvolumen	Förderungsbarwert	Auszahlungen
2003 (energierelevante Förderungen insgesamt im Inland)	640	174.304.000 €	41.136.000 €	k.A.
2008** (Maßnahmen gesamt)	2.607	404.363.276 €	82.408.621 €	78.958.279 €
2008*** (nur für effiziente Energienutzung*)	881	97.599.263 €	22.100.010 €	k.A.
Zwischen 1993 und 2008**	15.049	3.367.130.965 €	672.32.595 €	585.017.320 €
Zwischen 1993 und 2008*** (nur für effiziente Energienutzung)	3.781	467.094.061 €	94.548.239 €	k.A.

Quelle: Lebensministerium und Kommunalkredit Public Consulting [144], [48]

* Effiziente Energienutzung: Anschluss an Fernwärme, Wärmepumpen, Betriebliche Energiesparmaßnahmen, Erdgas-KWK, Thermische Gebäudesanierung

** Umweltförderungen im Inland

*** Umweltförderungen im In- und Ausland

Zwischen 1993 und 2008 wurden in Österreich 3.781 Projekte im Bereich „effiziente Energienutzung“ mit einem umweltrelevanten Investitionsvolumen von 467 Mio. € und Förderungsbarwert von 94 Mio. Euro unterstützt. [47] Alleine im Jahr 2008 wurden 22,1 Mio. € für insgesamt 881 Projekte im Bereich effiziente Energienutzung vergeben. [47] In ca. 67% der Industrieunternehmen liegen Energieeinsparungspotentiale zwischen 10 und 40%. Dessen ungeachtet glauben nur 43% der in einer Studie befragten Unternehmen, dass Sie die Vorgaben der EU-Richtlinie „Energieeffizienz und Energiedienstleistungen“ (2006/32/EG) mit 9% Einsparungswert in der eigenen Firma erreichen können. [194]

Derzeit betragen die Fördersätze für Energieeffizienz-Maßnahmen zwischen 25 und 35% der Investitionssumme. Für die weiteren Berechnungen wird an dieser Stelle angenommen, dass der Fördersatz unabhängig von der Art der Förderung und der Vergabestelle österreichweit bei ca. 30% liegt. Die derzeitige Förderungsquote stellt - wie die Praxis zeigt - kein ausreichendes Instrument dar, um Energieeinsparpotentiale in den Betrieben voll auszuschöpfen. Deshalb wurde im Szenario „IMF-40“ angenommen, dass die Förderquote 40 Prozent und im Szenario „IMF-50“ 50 Prozent beträgt.

Liegt die Amortisationszeit unter 3 Jahren, bei einer tatsächlichen Nutzungsdauer zwischen 10 und 15 Jahren, profitieren die Unternehmen bestmöglich von Energieeffizienz-

Maßnahmen und erzielen dabei eine sehr hohe Kapitalrendite. [117] Deshalb sind die Unternehmen bestrebt, dieses Verhältnis zu erreichen.

Die Fallstudien haben gezeigt, dass die bisher alleine angewendeten Finanzierungsinstrumente weniger geeignet waren, um Energieeffizienz-Maßnahmen in Großfirmen und KMU's zu implementieren. [115] Allerdings können die neu konzipierten Finanzierungsinstrumente zusammen mit anderen Maßnahmen ein geeignetes zusätzliches Instrument für die positive Beeinflussung von Energieeffizienz-Aktivitäten in Unternehmen und Organisationen darstellen.

6.4 Szenarienentwicklung und getroffene Annahmen

Es existieren derzeit folgende Mechanismen, um die Energieeffizienz zu fördern:

- Die ökologische Steuerreform (in Österreich)
- Die Energieeinsparverordnung (EnEV) (in Deutschland)
- Energieeffizienz-Kampagnen
- Steuerliche Förderungen
- Finanzielle Förderungen von Energieberatungen für jene Unternehmen, die Investitionen in energieeffiziente Technologien anstreben.
- Finanzielle Förderungen von Energieeffizienz-Maßnahmen.

Die technischen Fortschritte werden in den Szenarien durch Förderungen beschleunigt. Bei der Fördergeldvergabe werden energieeffiziente Maßnahmen ausschließlich analog bereits existierender Anforderungen durchgeführt. Die betrachtete Situation bleibt bis zum Jahr 2016 relativ unverändert - was die wichtigsten Faktoren betrifft. Es wird angenommen, dass mögliche Veränderungen des jetzigen Zustandes keinen ausschlaggebenden Einfluss auf die Ausschöpfung der Energieeffizienz-Potentiale ausüben werden.

Die derzeit existierenden Maßnahmen und Mechanismen zur Förderung der Energieeffizienz scheinen aber unter den gegebenen Rahmenbedingungen und Anforderungen der Unternehmen selbst nicht ausreichend zu sein. Deshalb werden jene drei Strategien vorgeschlagen, um die Energieeinsparungsmaßnahmen im Industriesektor zu fördern.

Um die Förderquoten zu erhöhen sollen Energieeffizienz-Fonds ins Leben gerufen werden, welche die Implementierung von Energieeffizienz-Technologien in den heimischen Unternehmen nachhaltig unterstützen. Energieeffizienz-Fonds sind bereits in Dänemark, Norwegen, Großbritannien und einigen US-Bundesstaaten errichtet worden. Diese bieten nicht nur Fördergelder, sondern auch Beratung an. Sie stellen energieeffizienz-relevante Informationen dar und verfügen über ein breites Spektrum an Motivationsanreizen.

Mindeststandards sind ein Instrument, um die Energieeffizienz zu erhöhen. Diese sollen sich an den marktbesten Technologien orientieren.

Für die Erarbeitung der Szenarien wird angenommen, dass alle in Frage kommenden Unternehmen die Voraussetzungen für die Inanspruchnahme von Fördermitteln erfüllen. Die aktuelle Förderquote liegt im Durchschnitt bei 30 Prozent.

Im Rahmen dieser Arbeit werden - ausgehend vom Basisjahr 2008 - für die erste („*Intensive monetäre Förderung von energieeffizienzsteigernden Technologien*“) und die dritte

(„Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien“) Strategie jeweils zwei Szenarien für mögliche Energieeinsparungen entworfen. Für die zweite („Einführung von Mindeststandards bei energieeffizienzsteigernden Technologien“) Strategie wurde lediglich ein Szenario entwickelt. Diese Szenarien sollen mögliche Entwicklungen in Abhängigkeit von der gewählten Strategie aufzeigen.

In dieser Studie geht man davon aus, dass nur rentable energieeffiziente Technologien forciert werden. Alle Szenarien basieren ausschließlich auf einer Anwendung bestehender Technologien.

Berechnungen zur Entwicklung der Energieeinsparungen im Industrie- und Dienstleistungssektor basieren auf Literaturrecherche und Umfrage bei den MeinungsbildnerInnen aus dem Energiebereich. Dabei können fehlerhafte Angaben nicht immer ausgeschlossen werden. Die Szenarien stellen in dieser Form eine Abschätzung der Energieeinsparungen und der dazu realistisch notwendigen Investitionen dar.

Notwendige Investitionen wurden im Kapitel 4 „Maßnahmen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor“ ohne Berücksichtigung der Förderung berechnet. Diese Investitionen stellen eine wichtige Basis für weitere Berechnungen dar.

Bei der Förderung wird unterstellt, dass es keine absolute Obergrenze gibt. Förderungen werden in Höhe des prozentuell notwendigen Investitionsbetrages voll ausbezahlt.

Eine pauschale Aussage über genaue Energieeinsparungen und notwendige Investitionen ist für Industrie und Dienstleistungssektor kaum möglich. Deshalb sind alle Werte als Richtgrößen zu verstehen.

Die Szenarien „IMF mid“ und „IMF high“ setzen auf die Optimierung der Förderpolitik durch Erhöhung der Förderquote. Das Szenario „Mindeststandards“ konzentriert sich auf den Einfluss der Einführung von Mindeststandards bei energieeffizienten Technologien und die daraus erzielbaren Einsparungspotentiale. Die Szenarien „IMF-US mid“ und „IMF-US high“ kombinieren den Einsatz von intensiver monetärer Förderung mit der Einführung der Mindeststandards.

Es wird angenommen, dass alle Unternehmen, welche Förderanträge gestellt haben, die Anforderungen erfüllen und somit die Fördersummen auch in vollem Ausmaß ausbezahlt bekommen.

Weiters wird berücksichtigt, dass bei Neuinvestitionen mindestens 15% Energieeinsparungen gegenüber dem Branchendurchschnitt und bei Ersatzinvestitionen über 20% Energieeinsparungen erzielt werden müssen, um eine Förderung zu lukrieren. [72]

Bei einer Optimierung der Förderpolitiken ist demnach mit einer Erhöhung der Umsetzungsquote von Energieeffizienz-Maßnahmen in den Unternehmen zu rechnen. Im Folgenden werden diesbezüglich 2 Szenarien „IMF mid“ und „IMF high“ unterschieden. Im ersten Fall beträgt die prognostizierte Förderquote 40 Prozent und im zweiten Fall werden Unternehmen mit 50 Prozent der Investitionskosten unterstützt.

Die Basis für die entwickelten Szenarien bilden die im Kapitel 4 „Maßnahmen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor“ ermittelten Energieeinsparungspotentiale der vorgeschlagenen Energieeffizienz-Maßnahmen. Gefördert werden jene energieeffizienzsteigernden Maßnahmen, welche im Kapitel 4 genauer beschrieben sind. Dabei wird von jährlichen Investitionen von 1.298 Mio. Euro ausgegangen, die Betriebe tätigen müssen, um notwendige energieeffizienzsteigernde Maßnahmen zu 100% umsetzen zu können. Die Potentiale von Energieeinsparmaßnahmen werden linear auf den Betrachtungszeitraum von 2008 bis 2016 aufgeteilt. Folgend werden die Strategien der

Erschließung von Energieeffizienz-Potentialen in Industrieunternehmen und Unternehmen des Dienstleistungssektors näher untersucht. Die Aspekte werden in den Schlussfolgerungen kurz beurteilt.

6.5 Strategie „Intensive monetäre Förderung von energieeffizienzsteigernden Technologien“

Oft fehlen den Unternehmen Mittel für die Implementierung von Energieeffizienz-Maßnahmen oder es existiert Mittelkonkurrenz mit anderen Investitionen. Somit stellen die hohen Investitionskosten und die längeren Amortisationszeiten ein, von sich alleine schwer überwindbares, Hindernis für die Implementierung von energieeffizienzsteigernden Maßnahmen dar. Dieses Hindernis kann vor allem durch die angemessene Erhöhung von Investitionszuschüssen bewältigt werden.

Die intensive Förderpolitik wird nicht nur durch Subventionen und Zuschüsse definiert. Nur die zusätzliche Integration von begleitenden Maßnahmen (unter anderem Information, Audits, Kooperation, Kommunikation) wird zu einem befriedigenden Gesamtergebnis führen. [200] Die Grundidee ist, dass eine forcierte Förderpolitik positive wirtschaftliche und energetische Effekte aufweist, wo einige finanzielle Hemmnisse überwunden werden können. Aufgabe der Politik soll unter anderem auch sein, die Förderprogramme und -strukturen transparent zu gestalten. Es sollen auch Informationskampagnen gestartet und Beratungsangebote verbessert werden. [200] [199]

Investitionsmaßnahmen in energiesparende Technologien können dadurch angestoßen werden. Die Reduzierung der Förderhöhe führt gleichzeitig zur Reduzierung der gestellten Anträge auf Förderung.

Die Verbesserung der Förderprogramme ist im Hinblick auf die Implementierung von energieeffizienzsteigernden Technologien unabdingbar. Es wird angenommen, dass jene Projekte gefördert werden, welche zu einer wesentlichen Verbesserung der Umweltsituation beitragen. Förderungen sollen systematisiert, standardisiert und flächendeckend angeboten werden.

In den folgenden beiden Szenarien wird die Förderhöhe angepasst, das bedeutet, dass statt den üblichen 30% die Realisierungen von energiesparenden Maßnahmen und Technologien in Betrieben in dem ersten Szenario „IMF mid“ mit 40% und in dem zweiten Szenario „IMF high“ mit 50% gefördert werden. Die sonstigen Rahmenbedingungen für Investitionen in beiden Szenarien verbleiben am heutigen Stand. Die beiden Szenarien differenzieren die Art der Förderung nicht. Es wird davon ausgegangen, dass den Unternehmen die notwendigen Investitionssummen von der öffentlichen Hand zu Verfügung gestellt werden.

Die Amortisationszeiten können durch die vorgeschlagenen Strategien gekürzt werden. Es wäre möglich, Amortisationszeiten von 7 auf 5 Jahre zu senken oder von 5 auf 3 Jahre.

Als Ausgangsbasis wird die Summe wirtschaftlich rentabler Energieeinsparungspotentiale in verschiedenen Bereichen des Industrie- und Dienstleistungssektors herangezogen. Die angestrebte Verbrauchsreduktion beläuft sich ohne Berücksichtigung der relevanten Maßnahmen im Verkehrssektor auf insgesamt 56.954 GWh (von 2008 bis 2016) und macht 100% des wirtschaftlich vorhandenen Potentials aus. Die möglichen Einsparungen im Sektor Güterverkehr werden im Weiteren nicht berücksichtigt, da diese einen Langzeitcharakter aufweisen und daher nicht kurzfristig bis 2016 umgesetzt werden können.

6.5.1 Szenario „IMF mid“: Intensive monetäre Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien durch Erhöhung der Förderquote auf 40%

Das Szenario geht davon aus, dass die Rahmenbedingen für die Vergabe von Fördergeldern, Förderquoten und bestehende Mindeststandards und -anforderungen, aber auch andere Bedingungen bis 2016 gleich den heutigen bleiben, jedoch beträgt die Förderquote 40% der notwendigen Investitionssumme. Dieses Szenario beschreibt die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung von Energieeinsparungen und Umsetzung der energiesparenden Technologien in Betrieben.

Durch die gesetzten Impulse wird die Investitionsbereitschaft von Unternehmen in energieeffizienzsteigernden Technologien auf 40% erhöht. [161] Diese 40% werden hier von den befragten ExpertInnen aus dem Energiebereich und von den Autoren anhand von vergleichbaren Studien abgeschätzt. Folglich wird angenommen, dass bei einer Förderquote von 40%, rund 40% der Energieeffizienz-Potentiale von den Unternehmen genutzt werden.

Alle Förderfälle des Jahres sparen in diesem Fall pro Jahr ca. 506 GWh. Dementsprechend beträgt der Förderbedarf bei 40% Fördersatz jährlich rund 208 Mio. Euro. Das notwendige Fördervolumen beläuft sich dabei bis zum Jahr 2016 auf insgesamt 1.872 Mio. Euro.

Die Energieeinsparungen und die notwendigen Förder- und Investitionsmittel können aus der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 6.5-1: Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF mid“)

Jahr	Jährliche Investitionen von Betrieben und der öffentlichen Hand	Energetische Verbrauchsreduktion (wirtschaftlich mögliches Potential 100%)	Reduktion des jährliche Endenergie-Verbrauchs d. Betriebe u. der öff. Hand (mit Förderquote 40%)	Anteil der Investitionssumme der Betriebe die durch Förderungen der öff. Hand abgedeckt werden
2008	519 Mio. €	1.265 GWh	506 GWh	208 Mio. €
2009	519 Mio. €	2.531 GWh	1.013 GWh	208 Mio. €
2010	519 Mio. €	3.798 GWh	1.519 GWh	208 Mio. €
2011	519 Mio. €	5.065 GWh	2.026 GWh	208 Mio. €
2012	519 Mio. €	6.328 GWh	2.531 GWh	208 Mio. €
2013	519 Mio. €	7.592 GWh	3.037 GWh	208 Mio. €
2014	519 Mio. €	8.858 GWh	3.543 GWh	208 Mio. €
2015	519 Mio. €	10.123 GWh	4.049 GWh	208 Mio. €
2016	519 Mio. €	11.392 GWh	4.556 GWh	208 Mio. €

Quelle: Eigene Berechnungen

Somit bringt das 40%-Reduktions-Szenario einen Rückgang des Energieverbrauchs bis zum Jahr 2016 von gut 4.556 GWh.

Die nachstehenden Tabellen (Tabelle 6.5-2 und Tabelle 6.5-3) geben einen kurzen Überblick über den Energieverbrauch in Industrie und Dienstleistungssektor eingeteilt nach Energieträgern.

Tabelle 6.5-2: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF mid“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braunkohle	Braunkohle- Briketts	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treibstoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sons- tiges
2008	49,71	0,13	0,06	0,55	0,02	1,40	4,85	1,56	25,16	0,89	0,55	4,37	27,84	4,07	2,67
2009	99,42	0,26	0,12	1,09	0,03	2,80	9,70	3,12	50,33	1,78	1,10	8,74	55,69	8,14	5,33
2010	149,17	0,39	0,18	1,64	0,05	4,20	14,56	4,68	75,51	2,67	1,65	13,11	83,56	12,22	7,99
2011	198,96	0,52	0,24	2,19	0,06	5,60	19,42	6,24	100,72	3,57	2,20	17,49	111,45	16,30	10,66
2012	248,55	0,65	0,30	2,73	0,08	6,99	24,26	7,80	125,82	4,46	2,75	21,85	139,23	20,36	13,32
2013	298,20	0,78	0,36	3,28	0,09	8,39	29,11	9,36	150,96	5,35	3,30	26,21	167,04	24,43	15,99
2014	347,92	0,91	0,41	3,83	0,11	9,79	33,96	10,92	176,13	6,24	3,85	30,58	194,89	28,50	18,64
2015	397,60	1,04	0,47	4,37	0,13	11,19	38,81	12,47	201,28	7,13	4,40	34,95	222,72	32,57	21,31
2016	447,44	1,17	0,53	4,92	0,14	12,59	43,67	14,04	226,50	8,02	4,95	39,33	250,64	36,66	23,98

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6.5-3: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF mid“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braunkohle	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sonstiges
2008	121,43	12,12	9,83	0,26	17,56	4,97	11,44	120,40	19,08	4,13	43,33	10,86	0,15	6,72
2009	242,87	24,25	19,66	0,52	35,11	9,94	22,87	240,81	38,17	8,26	86,67	21,72	0,30	13,42
2010	364,40	36,38	29,50	0,78	52,68	14,92	34,32	361,30	57,27	12,40	130,04	32,60	0,45	20,14
2011	486,03	48,53	39,34	1,04	70,26	19,90	45,77	481,90	76,39	16,53	173,44	43,47	0,60	26,85
2012	607,17	60,62	49,15	1,30	87,78	24,86	57,18	602,01	95,43	20,65	216,67	54,31	0,75	33,55
2013	728,48	72,73	58,97	1,56	105,31	29,83	68,60	722,28	114,49	24,78	259,96	65,16	0,89	40,24
2014	849,94	84,86	68,80	1,82	122,87	34,80	80,04	842,71	133,58	28,91	303,30	76,03	1,04	46,96
2015	971,31	96,98	78,62	2,08	140,42	39,77	91,47	963,05	152,66	33,04	346,61	86,88	1,19	53,67
2016	1.093,05	109,13	88,48	2,34	158,02	44,75	102,94	1.083,75	171,79	37,18	390,05	97,77	1,34	60,39

Quelle: Eigene Berechnungen

6.5.2 Szenario „IMF high“: Intensive monetäre Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien durch Erhöhung der Förderquote auf 50%

Im Mittelpunkt des Szenarios steht der Einfluss auf die Energieeinsparungspotentiale, hervorgerufen durch eine intensive monetäre Förderung von energieeffizienzsteigernden Technologien mittels Erhöhung der Förderquote auf 50%. Dabei bleiben die Rahmenbedingungen für Investitionen gleich.

Eine optimistische Einschätzung ergibt, dass sich ca. 55% der Unternehmen in so einem Fall des Fördergeldes bedienen werden. Demnach beträgt der Förderbedarf bei 50% Fördersatz jährlich rund 357 Mio. Euro. Die Investitionssummen belaufen sich insgesamt auf 714 Mio. Euro. Nach diesem Szenario kommt es zu einer Reduktion der Energieverbrauchs von 696 Mio. GWh jährlich.

Tabelle 6.5-4 gibt einen Überblick über mögliche Energieeinsparungspotentiale, welche durch eine Erhöhung der Förderquote auf 50% gezielt ausgeschöpft werden können.

Tabelle 6.5-4: Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF high“)

Jahr	Jährliche Investitionen von Betrieben und der öffentlichen Hand	Energetische Verbrauchsreduktion (wirtschaftlich möglichen Potential 100%)	Reduktion des jährlichen Endenergie-Verbrauchs d. Betriebe u. der öff. Hand (mit Förderquote 50%)	Anteil der Investitionssumme der Betriebe die durch Förderungen der öff. Hand abgedeckt werden
2008	714 Mio. €	1.265 GWh	696 GWh	357 Mio. €
2009	714 Mio. €	2.531 GWh	1.392 GWh	357 Mio. €
2010	714 Mio. €	3.798 GWh	2.089 GWh	357 Mio. €
2011	714 Mio. €	5.065 GWh	2.786 GWh	357 Mio. €
2012	714 Mio. €	6.328 GWh	3.480 GWh	357 Mio. €
2013	714 Mio. €	7.592 GWh	4.176 GWh	357 Mio. €
2014	714 Mio. €	8.858 GWh	4.872 GWh	357 Mio. €
2015	714 Mio. €	10.123 GWh	5.568 GWh	357 Mio. €
2016	714 Mio. €	11.392 GWh	6.265 GWh	357 Mio. €

Quelle: Eigene Berechnungen

Das notwendige Investitionsvolumen beläuft sich dabei bis zum Jahr 2016 auf insgesamt 6.426 Mio. Euro, davon machen die Förderungen 3.213 Mio. Euro aus.

Die nachstehende Tabelle 6.5-5 gibt einen kurzen Überblick über den Energieverbrauch in Industrie und Dienstleistungssektor- eingeteilt nach Energieträgern.

Tabelle 6.5-5: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF high“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braun- kohle	Braun- kohle- Briketts	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treibstoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sons-tiges
2008	68,35	0,18	0,08	0,75	0,02	1,92	6,67	2,14	34,60	1,23	0,76	6,01	38,29	5,60	3,66
2009	136,70	0,36	0,16	1,50	0,04	3,85	13,34	4,29	69,20	2,45	1,51	12,02	76,58	11,20	7,33
2010	205,11	0,54	0,24	2,26	0,07	5,77	20,02	6,44	103,83	3,68	2,27	18,03	114,89	16,80	10,99
2011	273,56	0,72	0,33	3,01	0,09	7,70	26,70	8,58	138,48	4,90	3,03	24,05	153,24	22,41	14,66
2012	341,75	0,90	0,41	3,76	0,11	9,62	33,36	10,72	173,00	6,13	3,78	30,04	191,43	28,00	18,32
2013	410,03	1,07	0,49	4,51	0,13	11,54	40,02	12,86	207,57	7,35	4,54	36,04	229,68	33,59	21,98
2014	478,39	1,25	0,57	5,26	0,15	13,46	46,70	15,01	242,18	8,58	5,30	42,05	267,98	39,19	25,63
2015	546,71	1,43	0,65	6,01	0,17	15,38	53,36	17,15	276,76	9,80	6,05	48,05	306,24	44,79	29,29
2016	615,23	1,61	0,73	6,77	0,20	17,31	60,05	19,30	311,44	11,03	6,81	54,08	344,63	50,40	32,97

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6.5-6: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF high“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braun kohle	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sonstiges
2008	166,97	16,67	13,52	0,36	24,14	6,84	15,72	165,55	26,24	5,68	59,58	14,94	0,21	9,23
2009	333,95	33,34	27,03	0,72	48,28	13,67	31,54	331,11	52,49	11,36	119,17	29,87	0,41	18,45
2010	501,05	50,03	40,56	1,07	72,44	20,52	47,19	496,79	78,75	17,04	178,80	44,82	0,62	27,68
2011	668,29	66,72	54,09	1,43	96,61	27,36	62,93	662,61	105,03	22,73	238,48	59,78	0,82	36,92
2012	834,86	83,35	67,58	1,79	120,69	34,18	78,62	827,76	131,21	28,40	297,92	74,68	1,03	46,13
2013	1.001,66	100,01	81,08	2,15	144,81	41,01	94,33	993,14	157,43	34,07	357,44	89,60	1,23	55,34
2014	1.168,67	116,68	94,60	2,50	168,95	47,85	110,06	1.158,73	183,67	39,75	417,04	104,54	1,44	64,56
2015	1.335,55	133,34	108,11	2,86	193,08	54,68	125,77	1.324,19	209,90	45,43	476,59	119,46	1,64	73,79
2016	1.502,94	150,06	121,66	3,22	217,28	61,54	141,54	1.490,16	236,21	51,12	536,32	134,44	1,85	83,03

Quelle: Eigene Berechnungen

Ergebnis der Strategie

Die Finanzierungsprobleme zur Realisierung von Energieeffizienz-Maßnahmen können durch eine Strategie der „intensiven Förderung“ nur teilweise gelöst werden. Die derzeit am Markt bestehenden Anreizmechanismen sind zu schwach, um die vorhandenen wirtschaftlichen Energieeffizienz-Potentiale größtenteils ausschöpfen zu können. Um die Umsetzung von energiesparenden Maßnahmen zu beschleunigen, bedarf es intensiver förderpolitischer Maßnahmen. Der inhomogene Industriesektor verlangt ein breiteres Instrumentarium an Techniken, um die Unternehmen dazu zu bringen, sich in der eigenen Organisation intensiver mit der Frage der Energieeffizienz auseinander zu setzen.

In energiearmen Unternehmen liegt der Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten durchschnittlich bei 1,6%. Die Investitionen in energiesparende Maßnahmen und damit verbundene Such- und Entscheidungskosten sind dagegen hoch. Die Investitionskosten werden außerdem oft zum Teil oder im Extremfall nur dem energetischen Nutzen zugerechnet, obwohl eine multifunktionale ökonomische Verbesserung im Unternehmen stattfindet. [130]

Durch Förderungen können die Amortisationszeiten um bis zu 3 Jahre verkürzt werden. Die Qualität der energiesparenden Maßnahmen wird auch durch Förderungsvergaben positiv beeinflusst. Eine Harmonisierung der österreichischen Fördersysteme erscheint in diesem Zusammenhang sehr wünschenswert.

6.6 Strategie: Einführung von energetischen Mindeststandards bei Technologien

Offensichtlich reichen die bis jetzt angewendeten Maßnahmen im Energiebereich nicht aus, um die vorhandenen wirtschaftlich rentablen Energieeinsparpotentiale in vollem Maße auszuschöpfen - vor allem in jenen Bereichen, wo höhere Investitionssummen erforderlich sind. Deshalb sollen Anreize für die Implementierung von Energieeffizienz-Maßnahmen auch mit längeren Amortisationszeiten geschaffen werden. Durch indirekte Verpflichtungen und Schaffung von Mindeststandards können Unternehmen bewegt werden, energieeffizienzsteigernde Technologien im eigenen Unternehmen einzusetzen und damit hohe Energieeinsparungen zu erzielen. Um diese Ziele zu erreichen, müssen zudem rechtliche Instrumentarien herangezogen werden. Diese rechtlichen Zwänge können in Form von Mindeststandards geschaffen werden. Die Effekte daraus können mangels Datenverfügbarkeit nur grob abgeschätzt werden.

Mit dem Top-Runner Ansatz und der Festlegung von Mindestenergieeffizienz-Standards können sich die energieeffizientesten Technologien am Markt durchsetzen. Die Unternehmen bekommen einen Anreiz für die Umsetzung von energieeffizienzsteigernden Technologien im eigenen Betrieb. Der Top-Runner Ansatz kann nicht ohne notwendige Anpassungen eins zu eins auf die EU-Länder übertragen werden.

Unter anderem müssen Sanktionierungsmechanismen angepasst werden. Wie die Praxis zeigt, werden freiwillig nur sehr wenige Unternehmen den Vorgaben im Energieeffizienz-

Bereich folgen. Empfehlungen auf freiwilliger Basis reichen Angesichts der notwendigen Investitionssummen bei weitem nicht aus, um die vorhandenen Potentiale in Betrieben anzuheben. Verpflichtende und verbindliche Mindeststandards müssen festgelegt werden. Deren Abschätzung auf Grundlage von Vorstudien ist methodisch schwer machbar. Im Industriebereich könnten Effizienzklassen für neue Anlagen und ein Verkaufsverbot für nicht energieeffiziente Anlagen nach dem Top-Runner Prinzip eingeführt werden.

Es kann auch schrittweise eine Erhöhung der energietechnischen Mindestanforderungen vorgenommen werden, um den Umstieg auf energieeffiziente Technologien zu ermöglichen. Beispiele aus Dänemark und Großbritannien zeigen, dass die Einführung rechtsverbindlicher Verpflichtungen zu beträchtlichen Energieeinsparungen führen.

6.6.1 Szenario: „Mindeststandards“

Das Szenario „Mindeststandards“ baut darauf, dass die Einführung von verpflichtenden Mindeststandards einige nicht nur wirtschaftliche, sondern auch politische Vorteile generieren würde. [208]

Bei diesem Szenario wird mit der üblichen durchschnittlichen Förderquote von 30% gerechnet. Der Förderbedarf bei 30% Fördersatz und umgesetzten Mindeststandards beträgt jährlich 97 Mio. Euro. Das Investitionsvolumen beläuft sich dabei auf insgesamt rund 324 Mio. jährlich. Die folgende Tabelle fasst die Resultate der Abschätzung der Energieeinsparpotentiale durch Einführung von Mindeststandards für Energieeffizienz-Maßnahmen und -technologien zusammen.

Tabelle 6.6-1: Potentielle Investitionen und Einsparungen (Strategie „Mindeststandards“)

Jahr	Jährliche Investitionen von Betrieben und der öffentlichen Hand	Energetische Verbrauchsreduktion (wirtschaftlich mögliche Potential 100%)	Reduktion des jährliche Endenergie-Verbrauchs d. Betriebe u. der öff. Hand (mit Förderquote 30%)	Anteil der Investitionssumme der Betriebe die durch Förderungen der öff. Hand abgedeckt werden
2008	324,5 Mio. €	1.265 GWh	316 GWh	97 Mio. €
2009	324,5 Mio. €	2.531 GWh	633 GWh	97 Mio. €
2010	324,5 Mio. €	3.798 GWh	949 GWh	97 Mio. €
2011	324,5 Mio. €	5.065 GWh	1.266 GWh	97 Mio. €
2012	324,5 Mio. €	6.328 GWh	1.582 GWh	97 Mio. €
2013	324,5 Mio. €	7.592 GWh	1.898 GWh	97 Mio. €
2014	324,5 Mio. €	8.858 GWh	2.215 GWh	97 Mio. €
2015	324,5 Mio. €	10.123 GWh	2.531 GWh	97 Mio. €
2016	324,5 Mio. €	11.392 GWh	2.848 GWh	97 Mio. €

Quelle: Eigene Berechnungen

Somit ist für die Durchsetzung der geplanten Energieeffizienz-Maßnahmen ein Investitionsvolumen von 324,5 Mio. Euro jährlich und von 2.920 Mio. Euro insgesamt für die Zeitperiode von 2008 bis 2016 erforderlich. Dabei beläuft sich das notwendige Fördervolumen auf 97 Mio. Euro jährlich und auf 873 Mio. Euro für den gesamten Zeitraum von 2008 bis 2016.

Aus der Tabelle 6.6-1 ist ersichtlich, dass im Jahr 2016 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 2.848 GWh erreicht werden könnte.

Die folgenden Tabellen (Tabelle 6.6-2 und Tabelle 6.6-3) können Sie die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs - aufgeteilt nach Energieträgern - entnehmen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen von Standards wurden in diesen zusammengefasst.

Tabelle 6.6-2: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „Mindeststandards“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braun- kohle	Braun- kohle- Briketts	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sons- tiges
2008	31,07	0,08	0,04	0,34	0,01	0,87	3,03	0,97	15,73	0,56	0,34	2,73	17,40	2,55	1,67
2009	62,14	0,16	0,07	0,68	0,02	1,75	6,07	1,95	31,46	1,11	0,69	5,46	34,81	5,09	3,33
2010	93,23	0,24	0,11	1,03	0,03	2,62	9,10	2,93	47,20	1,67	1,03	8,19	52,22	7,64	5,00
2011	124,35	0,33	0,15	1,37	0,04	3,50	12,14	3,90	62,95	2,23	1,38	10,93	69,65	10,19	6,66
2012	155,34	0,41	0,19	1,71	0,05	4,37	15,16	4,87	78,64	2,79	1,72	13,65	87,02	12,73	8,32
2013	186,38	0,49	0,22	2,05	0,06	5,24	18,19	5,85	94,35	3,34	2,06	16,38	104,40	15,27	9,99
2014	217,45	0,57	0,26	2,39	0,07	6,12	21,23	6,82	110,08	3,90	2,41	19,11	121,81	17,81	11,65
2015	248,50	0,65	0,30	2,73	0,08	6,99	24,26	7,80	125,80	4,46	2,75	21,84	139,20	20,36	12,70
2016	279,65	0,73	0,33	3,08	0,09	7,87	27,30	8,77	141,57	5,01	3,10	24,58	156,65	22,91	14,98

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6.6-3: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „Mindeststandrads“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braun- kohle	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sonstiges
2008	75,90	7,58	6,14	0,16	10,97	3,11	7,15	75,25	11,93	2,58	27,08	6,79	0,09	4,19
2009	151,80	15,16	12,29	0,33	21,94	6,22	14,30	150,51	23,86	5,16	54,17	13,58	0,19	8,39
2010	227,75	22,74	18,44	0,49	32,93	9,33	21,45	225,81	35,79	7,75	81,27	20,37	0,28	12,58
2011	303,77	30,33	24,59	0,65	43,91	12,44	28,61	301,18	47,74	10,33	108,40	27,17	0,37	16,78
2012	379,48	37,89	30,72	0,81	54,86	15,54	35,74	376,26	59,64	12,91	135,42	33,94	0,47	20,97
2013	455,30	45,46	36,85	0,98	65,82	18,64	42,88	451,43	71,56	15,49	162,47	40,73	0,56	25,16
2014	531,21	53,04	43,00	1,14	76,80	21,75	50,03	526,70	83,49	18,07	189,56	47,52	0,65	29,35
2015	607,07	60,61	49,14	1,30	87,76	24,86	57,17	601,90	95,41	20,65	216,63	54,30	0,75	33,54
2016	683,15	68,21	55,30	1,46	98,76	27,97	64,33	677,34	107,37	23,24	243,78	61,11	0,84	37,74

Quelle: Eigene Berechnungen

Ergebnis der Strategie

Die Mindeststandards müssen im Laufe der Jahre einerseits an den technischen Fortschritt in regelmäßigen Abständen angepasst werden, um die Energieeffizienz-Potentiale in größerem Maß anzuheben. Andererseits müssen auch die Förderungen an die aktuellen Standards angeglichen werden.

Die vorgeschriebenen Mindeststandards können alleine nicht in vollem Ausmaß die vorhandenen wirtschaftlichen Potentiale ausschöpfen. Jene Unternehmen, welche noch nicht zwangsläufig auf die neueren Technologien umsteigen mussten und/oder denen es an Finanzmitteln fehlt, werden eine abwartende Strategie ausüben.

Vorläufige Berechnungen sprechen dafür, dass eine dritte Strategie vermehrt verfolgt und forciert wird, nämlich die Kombination aus den beiden ersten Strategien- wobei neben der Einführung von Mindeststandards auch eine Erhöhung der Förderquote stattfinden soll.

6.7 Strategie: Erhöhung der Förderquote bei gleichzeitiger Setzung von Mindeststandards

Zahlreiche Experten und Meinungsführer im Energiebereich halten eine Kombination aus Mindeststandards und Förderungen für die first-best Solution, um die höchsten Energieeinsparungseffekte bewirken zu können. Diese dritte Strategie, im Rahmen derer die intensive Vergabe von Förderungsmitteln zusammen mit den Mindestanforderungen und -standards gekoppelt wird, wird im Folgenden untersucht.

Weiters werden hier zwei Szenarien für die Energieeffizienz-Offensive erarbeitet, welche sich nur durch die Förderhöhe unterscheiden.

6.7.1 Szenario „IMF-US mid“: Intensive monetäre Förderung mit einer Förderquote von 40% in Kombination mit der Einführung (bzw. Erweiterung) von Mindeststandards

Diesem Szenario werden die gleichen Einsparpotentiale zugrunde gelegt wie bei den anderen Szenarien auch. Allerdings werden hier die beiden kombinierten Annahmen von Szenario „IMF mid“ und dem Szenario „Mindeststandards“ zur Steigerung der Energieeffizienz herangezogen.

Dadurch können bis ins Jahr 2016 jährlich 50 Prozent des wirtschaftlichen Potentials ausgeschöpft werden. Notwendiges Investitionsvolumen beläuft sich dabei auf 649 Mio. Euro. Der Förderbedarf bei 40% Fördersatz bei gleichzeitiger Umsetzung von Mindeststandards beträgt somit jährlich 260 Mio. Euro.

Tabelle 6.7-1 gibt einen Überblick über die möglichen Energieeinsparpotentiale, welche gezielt durch Erhöhung der Förderquote von 30% auf 40% bei gleichzeitiger Einführung der Mindeststandards ausgeschöpft werden können.

Tabelle 6.7-1: Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF-US mid“)

Jahr	Jährliche Investitionen von Betrieben und der öffentlichen Hand	Energetische Verbrauchsreduktion (wirtschaftlich mögliche Potential 100%)	Reduktion des jährlichen Endenergie-Verbrauchs d. Betriebe u. der öff. Hand (mit Förderquote 40%)	Anteil der Investitionssumme der Betriebe die durch Förderungen der öff. Hand abgedeckt werden
2008	649 Mio. €	1.265 GWh	633 GWh	260 Mio. €
2009	649 Mio. €	2.531 GWh	1.266 GWh	260 Mio. €
2010	649 Mio. €	3.798 GWh	1.899 GWh	260 Mio. €
2011	649 Mio. €	5.065 GWh	2.533 GWh	260 Mio. €
2012	v Mio. €	6.328 GWh	3.164 GWh	260 Mio. €
2013	649 Mio. €	7.592 GWh	3.796 GWh	260 Mio. €
2014	649 Mio. €	8.858 GWh	4.429 GWh	260 Mio. €
2015	649 Mio. €	10.123 GWh	5.017 GWh	260 Mio. €
2016	649 Mio. €	11.392 GWh	5.696 GWh	260 Mio. €

Quelle: Eigene Berechnungen

Somit bringt das Szenario einen Rückgang des Energieverbrauchs im Jahr 2016 von gut 5.696 GWh jährlich. Tabelle 6.7-2 und Tabelle 6.7-3 können Sie die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs - aufgeteilt nach Energieträgern - entnehmen.

Tabelle 6.7-2: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF-US mid“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braun- kohle	Braun- kohle- Briketts	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treibstoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sonstiges
2008	62,14	0,16	0,07	0,68	0,02	1,75	6,07	1,95	31,45	1,11	0,69	5,46	34,81	5,09	3,33
2009	124,27	0,33	0,15	1,37	0,04	3,50	12,13	3,90	62,91	2,23	1,38	10,92	69,61	10,18	6,66
2010	186,46	0,49	0,22	2,05	0,06	5,25	18,20	5,85	94,39	3,34	2,06	16,39	104,45	15,28	10,00
2011	248,69	0,65	0,30	2,74	0,08	7,00	24,27	7,80	125,90	4,46	2,75	21,86	139,31	20,37	13,33
2012	310,68	0,81	0,37	3,42	0,10	8,74	30,33	9,75	157,27	5,57	3,44	27,31	174,03	25,45	16,65
2013	372,75	0,98	0,44	4,10	0,12	10,49	36,88	11,69	188,70	6,68	4,13	32,76	208,80	30,54	19,97
2014	434,90	1,14	0,52	4,78	0,14	12,24	42,45	13,64	220,16	7,80	4,82	38,23	243,62	65,63	23,30
2015	492,59	1,29	0,59	5,42	0,16	13,86	48,08	15,45	249,36	8,83	5,45	43,30	275,93	40,35	26,39
2016	559,30	1,47	0,67	6,15	0,18	15,74	54,59	17,55	283,13	10,03	6,19	49,16	313,30	45,82	29,97

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6.7-3: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF-US mid“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braunko- hle	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sonstiges
2008	151,79	15,16	12,29	0,33	21,94	6,22	14,29	150,50	23,86	5,16	54,17	13,58	0,19	8,39
2009	303,57	30,31	24,57	0,65	43,89	12,43	28,59	300,99	47,71	10,33	108,33	27,15	0,37	16,77
2010	455,50	45,48	36,87	0,98	65,85	18,65	42,90	451,63	71,59	15,49	162,55	40,74	0,56	25,16
2011	607,53	60,66	49,18	1,30	87,83	24,88	57,21	602,37	95,48	20,67	216,80	54,34	0,75	33,57
2012	758,96	75,78	61,43	1,63	107,72	31,08	71,47	752,51	119,28	25,82	270,84	67,89	0,93	41,94
2013	910,60	90,92	73,71	1,95	131,64	37,28	85,75	902,86	143,11	30,97	324,95	81,45	1,12	50,31
2014	1.062,43	106,08	86,00	2,28	153,59	43,50	100,05	1.053,39	166,98	36,14	379,13	95,03	1,31	58,7
2015	1.203,34	120,14	97,40	2,58	173,96	49,27	113,32	1.193,11	189,12	40,93	429,41	107,64	1,48	66,48
2016	1.366,31	136,42	110,60	2,93	197,52	55,94	128,67	1.354,69	214,74	46,48	487,57	122,21	1,68	75,49

Quelle: Eigene Berechnungen

6.7.2 Szenario „IMF-US high“: Intensive monetäre Förderung mit einer Förderquote von 50% in Kombination von Einführung der Mindeststandards

Bei der ausgewählten Strategie können Unternehmen durch eine Kombination von intensiver Förderung mit festgelegten Mindeststandards bewegt werden, Investitionen in qualitativ höherwertige energieeffizienzsteigernde Maßnahmen zu tätigen. In diesem Szenario wurde die Förderquote von 30% auf 50% erhöht. Eine Abschätzung der Folgen ergibt folgendes Bild: Werden Unternehmen mit einer Förderquote von 50% unterstützt, dann können sogar bei einer konservativen Einschätzung etwa 50% der vorhandenen wirtschaftlichen Energieeinsparungspotentiale ausgeschöpft werden. Für Förderungen müssen in diesem Fall 454 Mio. Euro jährlich veranschlagt werden. Der Investitionsbedarf bei einem 50% Fördersatz und bei gleichzeitiger Umsetzung von Mindeststandards beträgt jährlich 908 Mio. Euro. Die zusätzliche jährliche Energieersparnis der Industrieunternehmen beträgt dabei 886 GWh pro Jahr. Dies entspricht einer Verbrauchsreduktion der Industrieunternehmen im Jahr 2016 von insgesamt 7.994 GWh.

Tabelle 6.7-4 gibt einen Überblick über die möglichen Energieeinsparpotentiale, welche gezielt durch die Erhöhung der Förderquote auf 50% ausgeschöpft werden können.

Tabelle 6.7-4: Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF-US high“)

Jahr	Jährliche Investitionen von Betrieben und der öffentlichen Hand	Energetische Verbrauchsreduktion (wirtschaftlich mögliches Potential 100%)	Reduktion des jährlichen Endenergie-Verbrauchs d. Betriebe u. der öff. Hand (mit Förderquote 50%)	Anteil der Investitionssumme der Betriebe, die durch Förderungen der öff. Hand abgedeckt werden
2008	908 Mio. €	1.265 GWh	886 GWh	454 Mio. €
2009	908 Mio. €	2.531 GWh	1.772 GWh	454 Mio. €
2010	908 Mio. €	3.798 GWh	2.659 GWh	454 Mio. €
2011	908 Mio. €	5.065 GWh	3.546 GWh	454 Mio. €
2012	908 Mio. €	6.328 GWh	4.430 GWh	454 Mio. €
2013	908 Mio. €	7.592 GWh	5.315 GWh	454 Mio. €
2014	908 Mio. €	8.858 GWh	5.201 GWh	454 Mio. €
2015	908 Mio. €	10.123 GWh	7.086 GWh	454 Mio. €
2016	908 Mio. €	11.392 GWh	7.974 GWh	454 Mio. €

Quelle: Eigene Berechnungen

Der Tabelle 6.7-5 kann die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs - aufgeteilt nach Energieträgern – entnommen werden.

Tabelle 6.7-5: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF-US high“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braun- kohle	Braun- kohle- Briketts	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl Für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbare Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgeb. wärme	Sonstiges
2008	86,99	0,23	0,10	0,96	0,03	2,45	8,49	2,73	44,04	1,56	0,96	7,65	48,73	7,13	4,66
2009	173,99	0,46	0,21	1,91	0,06	4,90	16,98	5,46	88,08	3,12	1,93	15,29	97,46	14,25	9,32
2010	261,04	0,68	0,31	2,87	0,08	7,35	25,48	8,19	132,15	4,68	2,89	22,95	146,23	21,39	13,99
2011	348,17	0,91	0,42	3,83	0,11	9,80	33,98	10,92	176,25	6,24	3,86	30,60	195,03	28,52	18,65
2012	434,95	1,14	0,52	4,78	0,14	12,24	42,46	13,65	220,18	7,80	4,82	38,23	243,64	35,63	23,31
2013	521,85	1,37	0,62	5,74	0,17	14,68	50,94	16,37	264,18	9,36	5,78	45,87	292,32	42,75	27,96
2014	608,86	1,60	0,73	6,70	0,19	17,13	59,43	19,10	308,22	10,92	6,74	53,52	341,06	49,88	32,63
2015	695,81	1,82	0,83	7,65	0,22	19,58	67,92	21,83	352,23	12,47	7,70	61,16	389,76	57,00	37,29
2016	783,02	2,05	0,93	8,61	0,25	22,03	76,43	24,57	396,38	14,04	8,67	68,83	438,61	64,15	41,96

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6.7-6: Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF-US high“) (in GWh)

Jahr	Elektr. Energie	Stein- und Braunko- hle	Koks	Benzin	Diesel	Gasöl für Heiz- zwecke	Heizöl	Naturgas	Brennbar- e Abfälle	Brenn- holz	Biogene Brenn- & Treib- stoffe	Fern- wärme	Umgb. wärme	Sonstiges
2008	212,51	21,22	17,20	0,46	30,72	8,70	20,01	210,70	33,40	7,23	75,83	19,01	0,26	11,74
2009	425,03	42,44	34,40	0,91	61,45	17,40	40,03	421,42	66,80	14,46	151,67	38,02	0,52	23,48
2010	637,70	63,67	51,62	1,37	92,19	26,11	60,05	632,28	100,23	21,69	227,57	57,04	0,78	35,22
2011	850,55	84,92	68,85	1,82	122,96	34,83	80,10	843,31	133,68	28,93	303,52	76,08	1,04	46,99
2012	1.062,55	106,09	86,01	2,28	153,61	43,51	100,06	1.053,51	167,00	36,14	379,17	95,04	1,31	58,71
2013	1.274,84	127,28	103,19	2,73	184,30	52,20	120,06	1.264,00	200,36	43,36	454,93	114,03	1,57	70,42
2014	1.487,40	148,51	120,40	3,19	215,03	60,90	140,07	1.474,75	233,77	50,59	530,78	133,05	1,83	82,18
2015	1.699,79	169,71	137,59	3,64	245,73	69,60	160,07	1.685,33	267,15	57,82	606,57	152,04	2,09	93,91
2016	1.912,83	190,98	154,83	4,10	276,53	78,32	180,14	1.896,56	300,63	65,07	682,59	171,10	2,35	105,68

Quelle: Eigene Berechnungen

6.8 Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse

Da die Industrie und deren Energieeffizienz-Maßnahmen durch hohe Heterogenität gekennzeichnet sind, gestaltet es sich relativ schwierig, Einsparungen bis zum Jahr 2016 abzuschätzen. Die Analysen und Berechnungen wurden in Ermangelung spezifischerer Werte auf Basis von Durchschnittswerten getroffen. Obwohl die Ergebnisse der Schätzung der zukünftigen Einsparpotentiale nach Ansicht der ForscherInnen zutreffend sind, können zukünftige tatsächliche Energieeinsparungen von diesen aufgrund verschiedener Einflussfaktoren abweichen. Dazu gehören beispielsweise Gesetzesänderungen im Energiebereich, stark abweichende Preisentwicklung für die Energieträger oder Veränderungen der Konjunktur in Österreich. Die unterschiedlichen Einflussfaktoren können im Rahmen dieser Studie nicht genau analysiert werden. Diese haben unterschiedliche Auswirkungen auf Unternehmensentscheidungen bezüglich Implementierung von energieeffizienzsteigernden Maßnahmen.

In den Sektoren „öffentliche und private Dienstleistungen“ und „Produzierender Bereich“ wird - je nach Rahmenbedingungen und Intensität der Strategie - eine Verringerung des Energieverbrauchs von 25% bis 70% im Jahr 2016 gegenüber dem Jahr 2007 erwartet.

Abschließend soll noch einmal betont werden, dass der Ausschöpfung der im Kapitel 4 (*„Maßnahmen in Sachgüterproduktion und Dienstleistungssektor“*) berechneten wirtschaftlich erschließbaren Energiepotentiale ein ganzes Spektrum von Hemmnissen und Marktbarrieren entgegen steht. Daran sollen die in diesem Kapitel vorgeschlagenen Strategien ansetzen. Es ist überdies unabdingbar, dass die energiepolitischen Instrumente diesen Anforderungen angepasst werden. Viele Potentiale bleiben ungenutzt, weil in Unternehmen - insbesondere in Klein- und Mittelständische Unternehmen - oft Fachpersonal fehlt. Zusätzlich sollte die Scheu vor externer Beratung sollte ebenfalls nicht unterschätzt werden. Da langfristige Investitionsentscheidungen mit dem gleichen Risikomaß bewertet werden wie kurzfristige, werden rentable Investitionen mit längeren Amortisationszeiten gar nicht erst in Betracht gezogen.

Im Industrie- und Dienstleistungssektor existieren große wirtschaftliche Chancen zur Senkung des Energieverbrauchs. Die Frage ist, wie diese realisiert werden können. Zu diesem Zweck sind nicht nur technische, sondern auch verhaltens- und organisationsbezogene Maßnahmen erforderlich. Internationale Studien zeigen, dass die Einführung von verpflichtenden Standards ein wirkungsvolles Instrument darstellt, um die Energieeffizienz-Steigerung zu fördern. Diese Vorschriften sollen künftig erweitert und verstärkt werden, um gesetzte Energieeffizienz-Ziele zu erreichen. Die Mindeststandards stellen auch eine Grundlage für die Anwendung weiterer Instrumente wie Anforderungen, Fördermaßnahmen usw. dar.

Aus den vorliegenden Zahlen wird dennoch klar, dass die vorgeschlagenen Strategien auch im Falle eines pessimistischen Szenarios gute Ergebnisse hinsichtlich Energieeffizienz-Einsparungen liefern werden. Durch die Finanzierung von Energieeffizienz-Aktivitäten können Umsetzungsquoten gesteigert werden. In Tabelle 6.8-1 werden Energieeinsparungen und notwendige Investitions- und Fördermittel für die Jahre 2008 bis 2016 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6.8-1: Vergleich der prognostizierten Entwicklung im Zeitraum 2008 bis 2016 im Falle einer Optimierung der Förderpolitiken.

Fördersatz	Szenario	Investitionskosten gesamt 2008-2016	Förderbedarf pro Jahr
30%	Mindeststandards	2.920 Mio €	97 Mio. €
40%	„IMF mid“	4.671 Mio. €	208 Mio €
	„IMF-US mid“	5.841 Mio €	260 Mio. €
50%	„IMF high“	6.425 Mio €	357 Mio. €
	„IMF-US high“	8.177 Mio €	454 Mio. €

Quelle: Eigene Berechnungen

Somit stellen alle Szenarien ein Abbild der Beschleunigung von energieeffizienzsteigernden Maßnahmen dar. Je nach Szenarienannahmen betragen die Investitionen in energieeffizienzsteigernde Technologien von 2008 bis 2016 zwischen 2.920 Mio. Euro und 8.177 Mio. Euro. Investitionskostenzuschüsse können dabei je nach Förderquote von 97 Mio. Euro bis 454 Mio. Euro beitragen.

Tabelle 6.8-2 bietet einen zusammenfassenden Überblick über die energetischen Einsparungen der einzelnen Strategien.

Tabelle 6.8-2: Vergleich der prognostizierten Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Zeitraum 2008 bis 2016 im Falle einer Optimierung der Förderpolitiken.

Fördersatz	Szenario	Reduktion des Endenergieverbrauchs im Jahr 2016
30%	Mindeststandards	2.848 GWh
40%	„IMF mid“	4.556 GWh
	„IMF-US mid“	5.696 GWh
50%	„IMF high“	6.265 GWh
	„IMF-US high“	7.974 GWh

Quelle: Eigene Berechnungen

Aus der Tabelle 6.8-2 geht hervor, dass beispielweise die Einführung von Mindeststandards im Industriebereich und im Dienstleistungssektor zu einer gesamten Energieverbrauchreduktion im Jahr 2016 von 2.848 GWh führen kann. Das ist rund 1% des gesamten österreichischen Endenergieverbrauchs aus dem Jahr 2007. Diese Erkenntnisse erlauben zu sagen, dass alle drei vorgeschlagenen Strategien zu einer Verbesserung der gegenwärtigen Situation führen können.

Erste Schätzungen kommen zum Ergebnis, dass durch eine geschickte und an den österreichischen Markt und seinen Gegebenheiten sowie Rahmenbedingungen angepasste Kombination von Einführung der Mindeststandards und gleichzeitiger Intensivierung der monetären Förderung von energieeffizienten Maßnahmen und Technologien zu beträchtlicher Ausschöpfung von vorhandenen, in Industrieunternehmen schlummernden Energieeinsparungspotentialen führen werden.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass alleine die Einführung von Mindeststandards und/oder intensive monetäre Förderung von energieeffizienzsteigernden Technologien alleine nicht in der Lage ist, die Potentiale der Reduktion des Endenergieverbrauchs in der österreichischen Industrie auszuschöpfen. In diesem Zusammenhang sind viel mehr ganzheitliche-, nicht nur technische, sondern soziopolitische, -ökonomische und -kulturelle Lösungen gefragt. Um nachhaltig Energieeffizienz zu steigern, ist es unabdingbar, dass Unternehmen einen umweltfreundlichen und -schonenden Umgang mit Ressourcen tief in ihrer Unternehmenskultur verankern und diesen auch leben. Insgesamt lassen die Szenarien erkennen, dass in Industrie- und Gewerbesektoren noch große Einsparpotentiale vorhanden sind, die durch entsprechende Maßnahmen ausgeschöpft werden können.

Empfohlen wird, Kampagnen - vor allem zu Information und Motivation - hinsichtlich möglicher Instrumente zur Energieeffizienz-Steigerung und über Förderprogramme und damit verbundener finanzieller Möglichkeiten zu starten. Es sollen auch noch geförderte Beratungen für Unternehmen über technisch vorhandene Maßnahmen und Effizienzsteigerung in Betrieben noch verstärkt angeboten werden. Eine zentrale Koordinationsstelle erscheint sinnvoll, um Synergieeffekte und Transparenz zu fördern. Diese soll eine koordinierende, aber auch eine kontrollierende Funktion ausüben.

Erreichbare Einsparungen und die damit verbundenen Kosten hängen einerseits von den vorgesehenen Maßnahmen und dem Zustand der in Betrieb befindlichen technischen Anlagen, und andererseits von der Bereitschaft eines Unternehmens, in energieeffizienzsteigernde Technologien und Maßnahmen zu investieren, ab. Sind die Anlagen im Betrieb veraltet und existieren keine rechtlichen Vorschriften bezüglich deren Austauschs, obliegt es alleine dem Unternehmen selbst, wie es mit der Frage der Energieeffizienz umgeht.

7 Ökonomische Bewertung der evaluierten Strategien zur Erschließung von Energieeffizienz-Potentialen

7.1 Methodik der volkswirtschaftlichen Analyse

Im Folgenden werden die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der verschiedenen bereits erläuterten Energieeffizienz-Strategien bzw. der verschiedenen Umsetzungen dieser Maßnahmenpakete analysiert. Hierbei erfolgt eine Bewertung der Auswirkungen auf die zentralen makroökonomischen Parameter für die österreichische Volkswirtschaft.

Die volkswirtschaftlichen Analysen umfassen die Durchführung von dynamischen Simulationsanalysen, in der anhand der Anwendung des am Energieinstitut erstellten Simulationsmodells *MOVE* (*Modell zur Simulation der Oberösterreichischen Volkswirtschaft mit Schwerpunkt Energie*) die makroökonomischen Auswirkungen der Umsetzungen der Energieeffizienz-Strategien bewertet werden.

Das Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität entwickelte das Simulationsmodell *MOVE* primär für den oberösterreichischen Wirtschaftsraum. Mit diesem Modell können ökonomische Veränderungen sowie insbesondere auch Veränderungen am Energiemarkt detailliert analysiert werden. Das Simulationsmodell ist als makroökonomisches Zeitreihenmodell konzipiert, welches zusätzlich zur Modellierung von 13 verschiedenen Wirtschaftssektoren die Energieflüsse von 24 verschiedenen Energieträgern in Oberösterreich besonders beleuchtet. Jeder dieser Energieträger wird hinsichtlich des sektoralen Endenergieverbrauchs, der Produktion (bzw. der Erzeugung durch andere Energieträger), des Umwandlungseinsatzes in andere Energieträger, der Im- und Exporte sowie seines nichtenergetischen Endverbrauchs spezifisch analysiert. Zusätzlich zum umfassenden Schwerpunkt auf Energie ermöglicht das Simulationsmodell auch eine detaillierte Berechnung von Luftschadstoff-Emissionen wie Kohlendioxid und Schwefeldioxid im Energiebereich sowie die Berechnung der Veränderungen von spezifischen Steuern und Abgaben auf die konsumierten Energieträger. Das Modell enthält über 400 verschiedene simulierbare Variablen, sodass der oberösterreichische Wirtschaftsraum damit detailliert abgebildet wird.

Das Modell ermöglicht auch unter Anpassung sowie Berücksichtigung der unterschiedlichen Wirtschafts- und Energiestrukturen eine Analyse für die gesamte österreichische Volkswirtschaft. Die Quantifizierungen, die auch für dieses Projekt durchgeführt werden, basieren primär auf den oberösterreichischen Korrelationen zwischen den zentralen Parametern, berücksichtigen jedoch detailliert die verschiedenen sozialen, energetischen, ökonomischen und ökologischen Differenzen zu den österreichischen Zusammenhängen, die in der Folge in die Ergebnisbildung einfließen und Berücksichtigung finden.

Mit dem Modell *MOVE* ist die Möglichkeit zur seriösen wissenschaftlichen Abschätzung verschiedener ökonomisch-struktureller Veränderungen im (ober-)österreichischen Wirtschaftsraum, aber vor allem auch die Analyse von Auswirkungen von wirtschafts- und energiepolitischen Entscheidungen innerhalb eines Wirtschaftsraumes gegeben. Der Schwerpunkt auf Energie in seinen umfassenden Ausprägungen ermöglicht neue, umfassendere Analysen für verschiedenste Aspekte des heimischen Energiemarkts.

Grundsätzlich bedarf es zur Konstruktion eines regionalen makroökonomischen Modells einer differenzierteren Herangehensweise als bei Modellen auf nationaler Ebene. Dies liegt vor allem an der weniger stark ausgeprägten Verfügbarkeit von Zeitreihen auf regionaler

Ebene, sodass sowohl andere ökonometrische Verfahrenstechniken, als auch modifizierte Schätzgleichungen zur Anwendung kommen müssen. Im mitteleuropäischen Raum existiert zurzeit kein verfügbares Regionalmodell im Detaillierungsgrad von MOVE mit einem explizit modellierten Energiesektor, sodass keine adäquaten Vergleichsmodelle vorliegen. MOVE kann jedoch auf das Know-how im Bereich Modellbildung des Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität zurückgreifen. So wurde bereits für das deutsche Bundesland Berlin ein Regionalmodell im Auftrag der Investitionsbank Berlin (IBB) namens *Berlin Economic Simulation Tool - BEST* erstellt, in dem die ökonometrischen Schätzverfahren, die MOVE prägen, ebenfalls zur Anwendung kommen.

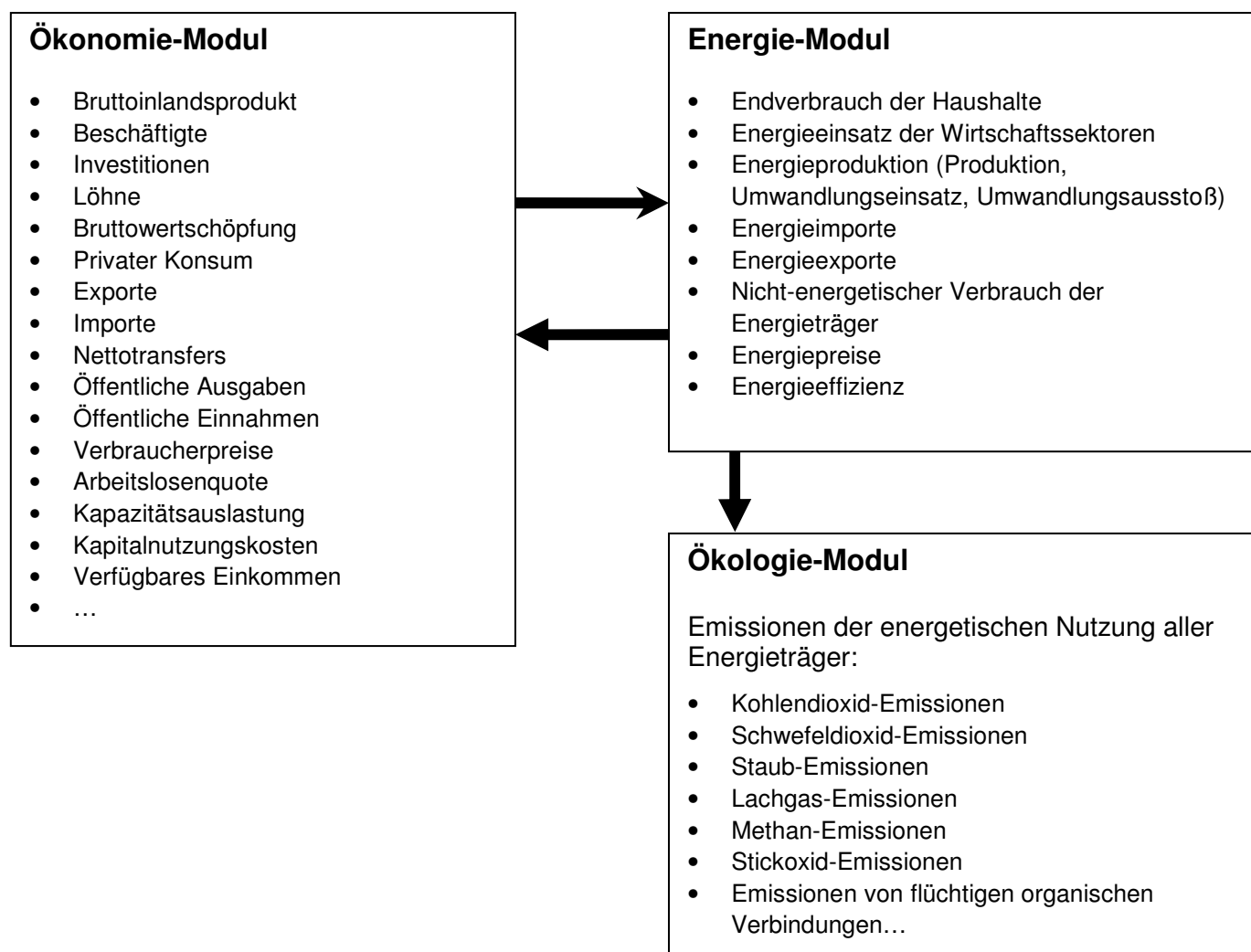
Das Modell beinhaltet 307 Gleichungen sowie 485 Variablen zur Durchführung der Simulationen. Der Schätzhorizont ist modifizierbar, ist jedoch für einen Zeithorizont von 1 bis 10 Jahren konzipiert.

Tabelle 7.1-1: Eckdaten des Modells

Anzahl der Gleichungen:	307
Anzahl der Variablen:	485
Anzahl der modellierten Wirtschaftssektoren:	13
Anzahl der modellierten Energieträger:	24
Bevorzugter Schätzhorizont:	1-10 Jahre

Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Module des Simulationsmodells MOVE. Im Ökonomie-Teil können Auswirkungen für 13 verschiedene Sektoren dargestellt werden. Das Energie-Modul beinhaltet die umfassende Analyse von 24 Energieträgern, deren Emissionen schließlich im Ökologie-Modul abgebildet werden.

Übersicht zu den Modulen von MOVE



Der Schwerpunkt auf Energie beschränkt sich in MOVE nicht auf den privaten Endkonsum der Haushalte sowie den Energieverbrauch der verschiedenen Wirtschaftssektoren; es werden des Weiteren auch die verschiedenen Energieströme zur Herstellung von Sekundärenergieträgern, die Produktion von Primärenergie oder Importe und Exporte von Energie nach und von Oberösterreich abgebildet. Die nachstehende Tabelle 7.1-2 gibt einen Überblick zu den in MOVE abgebildeten und somit auch simulierbaren Energieträgern. Dabei wird der Aggregationsgrad der Bundesländer-Energiebilanzen der Statistik Austria übernommen.

Tabelle 7.1-2: Im Modell explizit abgebildete Energieträger

▪ elektrische Energie	▪ Benzin	▪ Naturgas	▪ Wasserkraft
▪ Braunkohle	▪ Diesel	▪ Heizöl extraleicht	▪ Umgebungswärme
▪ Braunkohle-Briketts	▪ Kerosin*	▪ Heizöl	▪ Brennholz
▪ Steinkohle	▪ Erdöl	▪ Flüssiggas	▪ Windkraft u. Photovoltaik
▪ Koks	▪ Brennbare Abfälle	▪ Gichtgas*	▪ Sonstiger Raffinerieeinsatz*
▪ Brenntorf	▪ Fernwärme	▪ Kokereigas*	▪ Biogene Brenn- u. Treibstoffe

*nicht bzw. kaum relevant im Zusammenhang mit der Energieeffizienz-Richtlinie

Quelle: Basis Energiebilanzen der Statistik Austria [221]

Um eine differenzierte Analyse bzw. detailliertere Simulationen der ökonomischen Zusammenhänge in Oberösterreich zu erhalten, werden neben dem Aggregat der privaten Haushalte 12 verschiedene Wirtschaftssektoren modelliert:

Überblick zu den Wirtschaftssektoren

- Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht
- Bergbau und Gewinnung von Steinen u. Erden
- Sachgütererzeugung
- Energie- und Wasserversorgung
- Bauwesen
- Handel und Reparatur von Kfz u. Gebrauchsgütern
- Beherbergungs- und Gaststättenwesen
- Verkehr und Nachrichtenübermittlung
- Kredit- und Versicherungswesen
- Realitätenwesen und Unternehmensdienstleistungen
- Öffentliche Verwaltung, Sozialversicherung, Exterritoriale Organisationen
- Sonstige Dienstleistungen (Unterrichtswesen, Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen, Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen)

Nachdem die Nutzung von Energie in den meisten Fällen eine umweltpolitische Relevanz mit sich zieht, beinhaltet MOVE auch ein Emissionstool, mit dem die Veränderungen der Luftschadstoff-Emissionen aufgrund von Änderungen in der energetischen Nutzung in Oberösterreich errechnet werden können. MOVE ermöglicht somit die Analyse von Kohlendioxid-, Schwefeldioxid-, Methan-, Lachgas- und Stickoxidemissionen sowie von Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (außer Methan) durch den Verbrauch

bzw. die Produktion von Energie.

Mit allen Modulen, die MOVE umfasst, ergeben sich durchaus verschiedene Anwendungsbereiche des Modells. So kann beispielsweise simuliert werden, welche ökonomischen Auswirkungen eine Gaspreiserhöhung mit sich zieht, welche Effekte eine bestimmte Investition in der Sachgüterproduktion ergibt, welche Konsequenzen eine Zinssatzsenkung auf die oberösterreichische Wirtschaft hat oder welche ökonomischen Veränderungen durch eine spezifische Abgabensenkung verursacht werden.

Nachdem MOVE neben der makroökonomischen Abbildung der Volkswirtschaft einen besonderen Schwerpunkt auf Energie legt, bedarf es der Heranziehung der Energiebilanzen der Statistik Austria. Diese Bilanzen enthalten einen relativ breiten Datensatz, allerdings ist das früheste verfügbare Jahr der Zeitreihen das Jahr 1988. Somit muss im Modell mit relativ restriktiven Zeitreihenlängen gearbeitet werden, woraus einige ökonometrische Probleme aufgrund der geringen Freiheitsgrade entstehen können. Aus diesem Grund wird in MOVE die Mehrzahl der Schätzgleichungen nicht mit einfachen linearen Schätzungen abgebildet, sondern mit *Seemingly Unrelated Regressions* (SUR). Diese Schätzmethode erlaubt die Aggregation verwandter Gleichungen und somit die Bildung von Schätzungen mit einer erheblichen Ausweitung der Freiheitsgrade, wodurch die erwähnten statistischen Probleme gelöst werden können.

7.2 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energieeffizienz-Strategien

Die Inhalte und Schwerpunkte der verschiedenen Energieeffizienz-Strategien hinsichtlich Einsparungspotentiale, Umstellungskosten und Substitutionsprozessen innerhalb der Energieträger wurden bereits in den vorangestellten Kapiteln ausführlich erörtert, sodass für die Inhalte der Maßnahmen auf diese Kapitel verwiesen wird.

Für die Analyse von zentralen makroökonomischen Effekten bestimmter Maßnahmen ist zudem darauf hinzuweisen, dass die Auswirkungen auch primär von der Form der Finanzierung der Systemveränderungen abhängig sind. Hierbei ist es von zentraler Bedeutung, welche Annahmen bezüglich der Reaktion der öffentlichen Hand bzw. der Gebietskörperschaften hinsichtlich einer Veränderung des Staatshaushalts – öffentliche Einnahmen und öffentliche Ausgaben – getroffen werden. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die zusätzlichen Ausgaben des öffentlichen Sektors in Form der Investitionsförderung zur Energie- und Technologieumstellung keine Kürzung anderer Ausgaben im öffentlichen Haushalt bewirkt: Es erfolgt keine Reaktion bzw. Anpassung von anderen öffentlichen Ausgaben und Einnahmen und sie werden über eine (Neu-)Verschuldung finanziert. Zudem werden in den einzelnen Maßnahmenbewertungen auch die ausgelösten Veränderungen der öffentlichen Einnahmen aus Energieabgaben und -steuern, die Veränderung von MwSt.-Einnahmen aus privatem Konsum sowie von Lohnsteuereinnahmen errechnet. Tendenziell ist damit zu rechnen, dass die Einnahmen aus Energieabgaben aufgrund der Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger aufgrund der geringeren Besteuerung abnehmen werden – diese Steuerausfälle werden durch die öffentliche Hand ebenfalls nicht durch eine alternative Ausgabenkürzung oder eine alternative Einnahmenerhöhung kompensiert.

Ein weiterer zentraler Faktor zur Bewertung der volkswirtschaftlichen Effekte ist die Reaktion der privaten Haushalte auf initiierte Veränderungen ihres Konsumverhaltens sowie die

Reaktion der Unternehmen auf initiierte Veränderungen ihres Investitionsverhaltens. Sowohl Haushalte als auch Unternehmen stehen vor der Entscheidung, ob sie auf Veränderungen in der Kostenstruktur mit einer Substitution innerhalb des Konsums bzw. der Investitionen, mit einer Veränderung ihrer Sparsumme bzw. ihrer Rücklagen oder auf alternative Finanzierungsformen wie einer Kreditaufnahme reagieren.

Im Folgenden werden jeweils zwei verschiedene Finanzierungsformen der Energieeffizienz-Strategien analysiert, sodass die Differenzen in den Auswirkungen veranschaulicht werden können. In der jeweils ersten Analyse wird davon ausgegangen, dass seitens der Unternehmen die Umstellungen und somit die einzelnen Maßnahmen innerhalb der Energieeffizienz-Strategien auf Basis von Rücklagen finanziert werden, sodass keine anderen Investitionen damit ersetzt werden. Zudem wird angenommen, dass die privaten Haushalte die Modifizierungen durch eine Reduktion ihrer Sparsummen realisieren, sodass keine zusätzlichen Substitutionen innerhalb des Konsums erfolgen.

In der zweiten Analyse der einzelnen Energieeffizienz-Strategien wird angenommen, dass der Anteil der nicht-energetischen Umstellungskosten der Unternehmen (im nicht-energetischen Konsum sowie in den Investitionen), die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden (mittels Investitionsförderungen), lediglich zu einem Drittel aus der Realisierung von Rücklagen finanziert wird. Die übrigen 66% werden durch Substitutionen innerhalb der Investitionen finanziert, sodass alternative Projekte nicht realisiert werden können. Äquivalent hierzu werden die Umstellungskosten der privaten Haushalte zu einem Drittel durch die Reduktion der Sparsumme und zu zwei Drittel aus der Substitution anderer Konsumausgaben finanziert.

Hinsichtlich der Energiepreise werden die Preise (jährliche Durchschnittswerte) für die gesamte Beobachtungsperiode fortgeschrieben. Es ist aktuell nicht eindeutig abzusehen, wie sich die Energiepreise in den nächsten Jahren entwickeln werden, insbesondere die Prognose des Rohölpreises ist in dieser Hinsicht als äußerst diffizil zu betrachten, sodass mit konstanten Energiepreisen bis 2020 gerechnet wird.

Zudem wird angenommen, dass in etwa 25% der Investitionen der Unternehmen sowie des Konsums der Haushalte außerhalb Österreichs wirksam werden, sodass ein teilweiser Wertschöpfungsabfluss der Umstellungskosten vorhanden ist.

Folgende Szenarien werden im Folgenden analysiert:

- Szenario 1a: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 40%, Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 1b: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 40%, Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 2a: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 50%, Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 2b: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 50%, Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 3a: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 40%), Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 3b: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 40%), Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

- Szenario 4a: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 50%), Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 4b: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 50%), Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 5a: Einführung von verpflichtenden Mindeststandards, Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen
- Szenario 5b: Einführung von verpflichtenden Mindeststandards, Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

7.2.1 Szenario 1a+1b

Die erste analysierte Energieeffizienz-Strategie, die eine intensive monetäre Förderung mit einer Förderquote von 40% für Unternehmen vorsieht (= Szenario 1a), ergibt in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Die Umstellung erfolgt generell bis zum Jahr 2016. Aufgrund der einsetzenden Sekundäreffekte und somit von Multiplikatorwirkungen wird der höchste ökonomische Wertschöpfungszuwachs im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung der Energieeffizienz-Strategie im Jahr 2016 mit zusätzlichen 8,0 Mrd. € für das österreichische Bruttoinlandsprodukt verzeichnet. Ab dem Jahr 2017 werden zwar aufgrund der positiven Entwicklung noch signifikante positive Wachstumseffekte verzeichnet - da die Umstellungen im System durch die Strategie bereits beendet sind, nehmen die zusätzlichen positiven Auswirkungen kontinuierlich ab. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte noch ein höheres Bruttoinlandsprodukt im Ausmaß von 0,3 Mrd. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf fünf Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Unternehmen sowie zusätzlicher nicht-energetischer Konsum der privaten Haushalte durch die Umstellungen zur Generierung der Energieeffizienz, 2) geringere Energiekosten für private Haushalte und Unternehmen, wodurch zusätzliche Investitionen und zusätzlicher Konsum geschaffen werden; 3) geringere Energieimporte aufgrund der Energieeffizienz-Verbesserungen, wodurch die Leistungsbilanz der österreichischen Volkswirtschaft verbessert wird; 4) Investitionsförderungen, die eine Umsetzung der Strategien entscheidend erweitern aber auch generell ermöglichen und die Umstellungskosten für Unternehmen und Haushalte reduzieren; und 5) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 4).

Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte österreichische Volkswirtschaft etwa 10.400 und im Jahr 2016 etwa 28.600 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung (ca. 2.300 Mio. € im Jahr 2016) keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So sind etwa die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2016 auf ca. 480 Mio. € zu beziffern. Dem ist

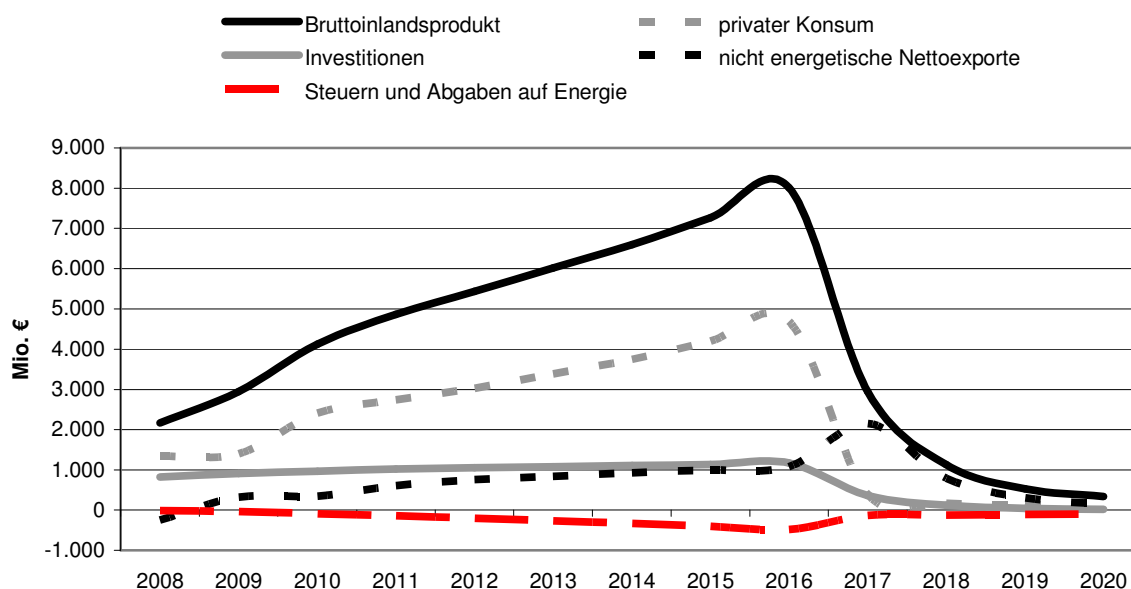
entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 800 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2016 ca. 850 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generieren. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt eine quantifizierbare Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Strategie im Jahr 2016 im Ausmaß von -1,1 Mrd. €.

Die folgende Tabelle 7.2-1 sowie die folgende Tabelle veranschaulicht nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund des Szenarios 1a.

**Tabelle 7.2-1: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1a (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 40%)
Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen**

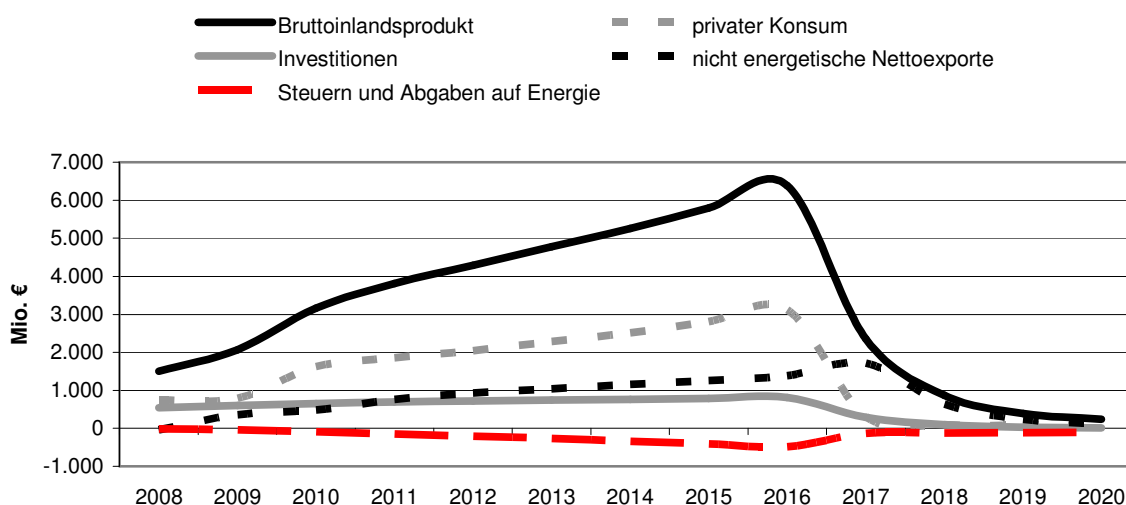
Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	2.170	2.948	4.127	4.867	5.435	6.012	6.596	7.268	8.014	2.948	1.132	529	338
Beschäftigte	10.442	13.791	16.219	18.789	20.111	21.834	23.811	26.031	28.626	12.993	2.231	3574	4.152
Privater Konsum (Mio. €)	1.341	1.397	2.407	2.738	3.030	3.390	3.745	4.197	4.695	391	173	141	132
Investitionen (Mio. €)	820	912	970	1.023	1.055	1.080	1.107	1.138	1..172	365	121	40	23
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-249	318	346	609	756	840	928	997	1.081	2.153	793	308	148
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-10	-38	-89	-144	-201	-265	-333	-405	-480	-131	-122	-109	-102
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-7	-19	-41	-66	-92	-122	-153	-187	-224	-34	-37	-35	-33

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 7.2-1: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1a

Quelle: eigene Berechnung

Die Abbildung 7.2-2 sowie die folgende Tabelle veranschaulichen die Auswirkungen von Szenario 1b, der identen Energieeffizienz-Strategie wie zuvor erläutert, allerdings wird nun angenommen, dass der Anteil der nicht-energetischen Umstellungskosten der Unternehmen (im nicht-energetischen Konsum sowie in den Investitionen), die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden (mittels Investitionsförderungen), lediglich zu einem Drittel aus der Realisierung von Rücklagen finanziert wird. Die übrigen 66% werden durch Substitutionen innerhalb der Investitionen finanziert, sodass alternative Projekte nicht realisiert werden. Äquivalent hierzu werden die Umstellungskosten der privaten Haushalte zu einem Drittel durch die Reduktion der Sparsumme und zu zwei Drittel aus der Substitution anderer Konsumausgaben finanziert.

Abbildung 7.2-2: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1b

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 7.2-2: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1b (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 40%) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	1506	2071	3161	3816	4296	4777	5254	5796	6388	2358	875	391	237
Beschäftigte	6410	8808	10892	13168	14021	15216	16635	18203	20029	9978	1091	2320	2822
Privater Konsum (Mio. €)	746	786	1622	1854	2046	2287	2517	2809	3126	308	99	82	75
Investitionen (Mio. €)	541	601	650	698	724	743	763	785	810	288	96	30	16
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-41	361	483	765	929	1042	1155	1262	1383	1717	633	238	109
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-15	-42	-94	-148	-206	-271	-339	-411	-487	-135	-124	-111	-103
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhaus- gasemissionen (Mio. €)	-8	-21	-43	-68	-95	-124	-156	-190	-227	-36	-38	-36	-34

Quelle: eigene Berechnung

7.2.2 Szenario 2a+2b

Die zweite analysierte Energieeffizienz-Strategie, die eine intensive monetäre Förderung mit einer Förderquote von 50% für Unternehmen (= Szenario 2a) vorsieht – im Gegensatz zu Szenario 1a mit 40% - ergibt in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Die Umstellung erfolgt generell bis zum Jahr 2016. Aufgrund der einsetzenden Sekundäreffekte und somit von Multiplikatorwirkungen wird der höchste ökonomische Wertschöpfungszuwachs im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung der Energieeffizienz-Strategie im Jahr 2016 mit zusätzlichen 9,1 Mrd. € für das österreichische Bruttoinlandsprodukt verzeichnet. Ab dem Jahr 2017 werden zwar aufgrund der positiven Entwicklung noch signifikante positive Wachstumseffekte verzeichnet - da die Umstellungen im System durch die Strategie bereits beendet sind, nehmen die zusätzlichen positiven Auswirkungen kontinuierlich ab. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte noch ein höheres Bruttoinlandsprodukt im Ausmaß von 0,4 Mrd. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

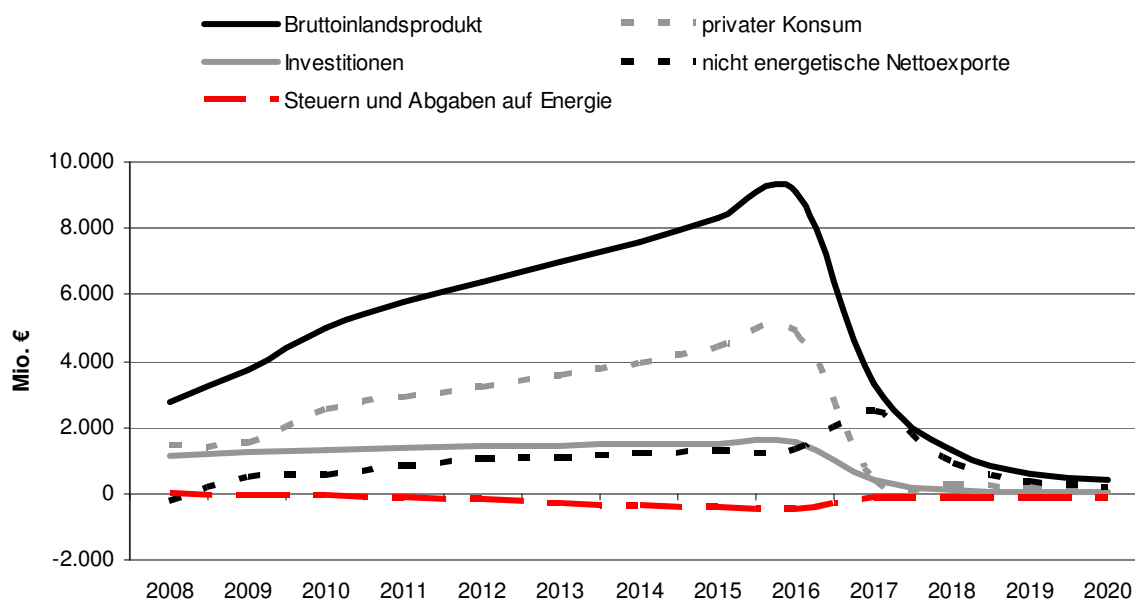
Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf fünf Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Unternehmen sowie zusätzlicher nicht-energetischer Konsum der privaten Haushalte durch die Umstellungen zur Generierung der Energieeffizienz, 2) geringere Energiekosten für private Haushalte und Unternehmen, wodurch zusätzliche Investitionen und zusätzlicher Konsum geschaffen werden; 3) geringere Energieimporte aufgrund der Energieeffizienz-Verbesserungen, wodurch die Leistungsbilanz der österreichischen Volkswirtschaft verbessert wird; 4) Investitionsförderungen, die eine Umsetzung der Strategien entscheidend erweitern aber auch generell ermöglichen und die Umstellungskosten für Unternehmen und Haushalte reduzieren; und 5) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 4).

Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte österreichische Volkswirtschaft etwa 13.700 und im Jahr 2016 etwa 32.700 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung (ca. 2.500 Mio. € im Jahr 2016) keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So etwa sind die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2016 auf etwa 520 Mio. € zu beziffern. Dem ist entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 830 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2016 ca. 980 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generieren. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt eine quantifizierbare Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Strategie im Jahr 2016 im Ausmaß von -1,2 Mrd. €.

Die folgende Tabelle 7.2-3 sowie Abbildung 7.2-3 veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund des Szenarios 2a.

Abbildung 7.2-3: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2a



Quelle: eigene Berechnung

Die Tabelle 7.2-4 sowie die Abbildung 7.2-4 veranschaulichen die Auswirkungen von Szenario 2b, der identen Energieeffizienz-Strategie wie zuvor erläutert - allerdings wird nun angenommen, dass der Anteil der nicht-energetischen Umstellungskosten der Unternehmen (im nicht-energetischen Konsum sowie in den Investitionen), die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden (mittels Investitionsförderungen), lediglich zu einem Drittel aus der Realisierung von Rücklagen finanziert wird. Die übrigen 66% werden durch Substitutionen innerhalb der Investitionen finanziert, sodass alternative Projekte nicht realisiert werden können. Äquivalent hierzu werden die Umstellungskosten der privaten Haushalte zu einem Drittel durch die Reduktion der Sparsumme und zu zwei Drittel aus der Substitution anderer Konsumausgaben finanziert.

**Tabelle 7.2-3: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2a (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 50%)
Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen**

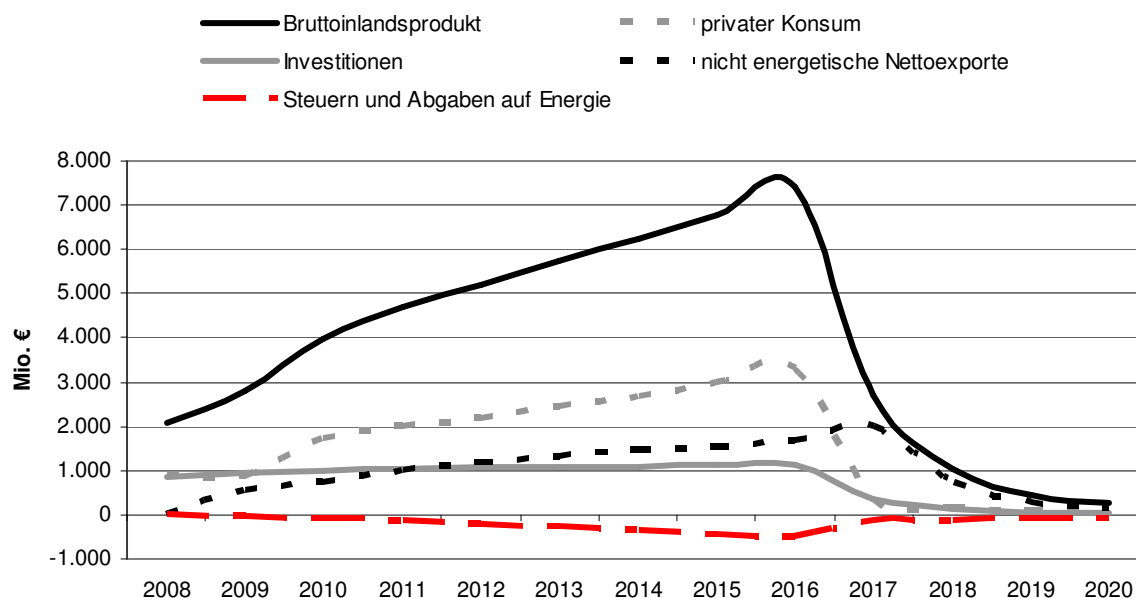
Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	2.774	3.719	4.994	5.780	6.385	6.994	7.608	8.310	9.085	3.311	1.289	603	387
Beschäftigte	13.683	17.701	20.122	22.649	24.017	25.777	27.793	30.057	32.687	14.573	2.727	4.067	4.710
Privater Konsum (Mio. €)	1.462	1.489	2.531	2.870	3.175	3.547	3.914	4.377	4.886	419	215	166	157
Investitionen (Mio. €)	1.162	1.277	1.343	1.397	1.428	1.454	1.480	1.510	1.544	417	139	46	26
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-264	464	538	827	986	1.080	1.177	1.254	1.345	2.440	892	351	168
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-9	-42	-98	-157	-219	-288	-361	-437	-517	-130	-121	-109	-101
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-6	-21	-44	-71	-99	-130	-164	-200	-238	-32	-37	-35	-33

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 7.2-4: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2b (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 50%) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	2.081	2.811	3.994	4.695	5.211	5.723	6.230	6.801	7.423	2.714	1.026	461	283
Beschäftigte	9.237	12.344	14.406	16.638	17.521	18.752	20.211	21.815	23.677	11.499	1.502	2.762	3.331
Privater Konsum (Mio. €)	845	863	1.730	1.970	2.174	2.427	2.669	2.972	3.299	339	136	105	99
Investitionen (Mio. €)	845	927	983	1.033	1.058	1.077	1.096	1.118	1.142	339	113	36	19
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-26	529	696	1.004	1.180	1.303	1.424	1.539	1.668	1.994	730	279	128
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-14	-46	-102	-162	-224	-294	-367	-444	-524	-133	-124	-110	-103
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-8	-22	-46	-73	-102	-133	-167	-203	-242	-34	-38	-36	-34

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 7.2-4: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2b

Quelle: eigene Berechnung

7.2.3 Szenario 3a+3b

Die dritte analysierte Energieeffizienz-Strategie, die eine Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (mit einer Förderquote von 40% für Unternehmen) (= Szenario 3a) vorsieht, ergibt in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Die Umstellung erfolgt generell bis zum Jahr 2016. Aufgrund der einsetzenden Sekundäreffekte und somit von Multiplikatorwirkungen wird der höchste ökonomische Wertschöpfungszuwachs im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung der Energieeffizienz-Strategie im Jahr 2016 mit zusätzlichen 9,8 Mrd. € für das österreichische Bruttoinlandsprodukt verzeichnet. Ab dem Jahr 2017 werden zwar aufgrund der positiven Entwicklung noch signifikante positive Wachstumseffekte verzeichnet - da die Umstellungen im System durch die Strategie bereits beendet sind, nehmen die zusätzlichen positiven Auswirkungen kontinuierlich ab. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte noch ein höheres Bruttoinlandsprodukt im Ausmaß von 0,4 Mrd. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf fünf Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Unternehmen sowie zusätzlicher nicht-energetischer Konsum der privaten Haushalte durch die Umstellungen zur Generierung der Energieeffizienz, 2) geringere Energiekosten für private Haushalte und Unternehmen, wodurch zusätzliche Investitionen und zusätzlicher Konsum geschaffen werden; 3) geringere Energieimporte aufgrund der Energieeffizienz-Verbesserungen, wodurch die Leistungsbilanz der österreichischen Volkswirtschaft verbessert wird; 4) Investitionsförderungen, die eine Umsetzung der Strategien entscheidend erweitern aber auch generell ermöglichen und die Umstellungskosten für Unternehmen und Haushalte reduzieren und 5) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive

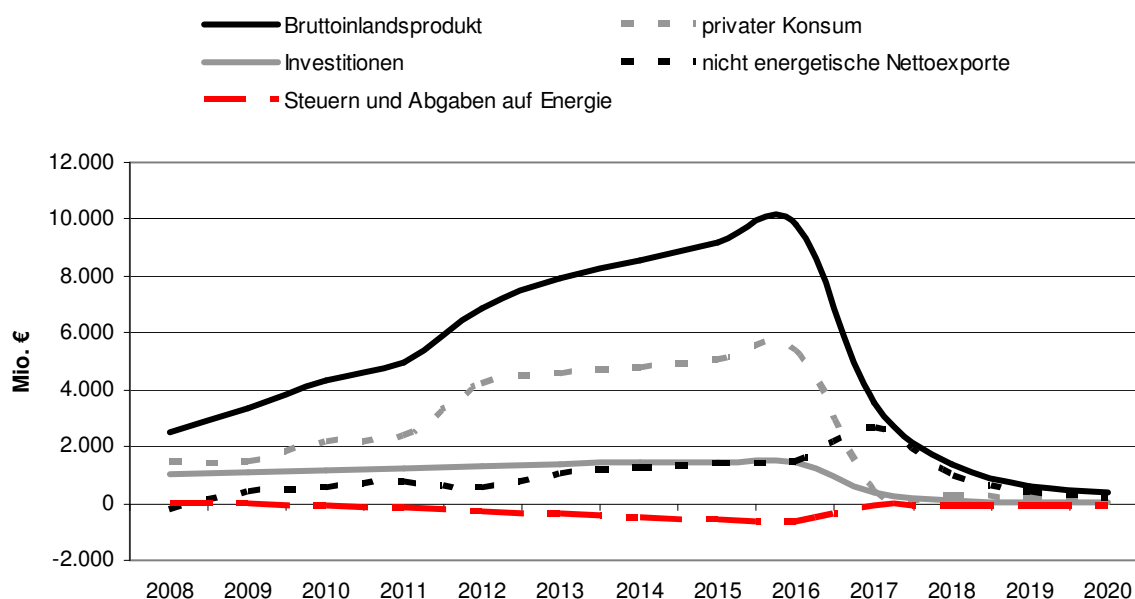
Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 4).

Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte österreichische Volkswirtschaft etwa 12.400 und im Jahr 2016 etwa 33.700 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung (ca. 2.150 Mio. € im Jahr 2016) keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So etwa sind die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2016 auf etwa 700 Mio. € zu beziffern. Dem ist entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 920 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2016 ca. 1.000 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generieren. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt eine quantifizierbare Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Strategie im Jahr 2016 im Ausmaß von -1,0 Mrd. €.

Die Abbildung 7.2-5 sowie Tabelle 7.2-5 veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund des Szenarios 3a.

Abbildung 7.2-5: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3a



Quelle: eigene Berechnung

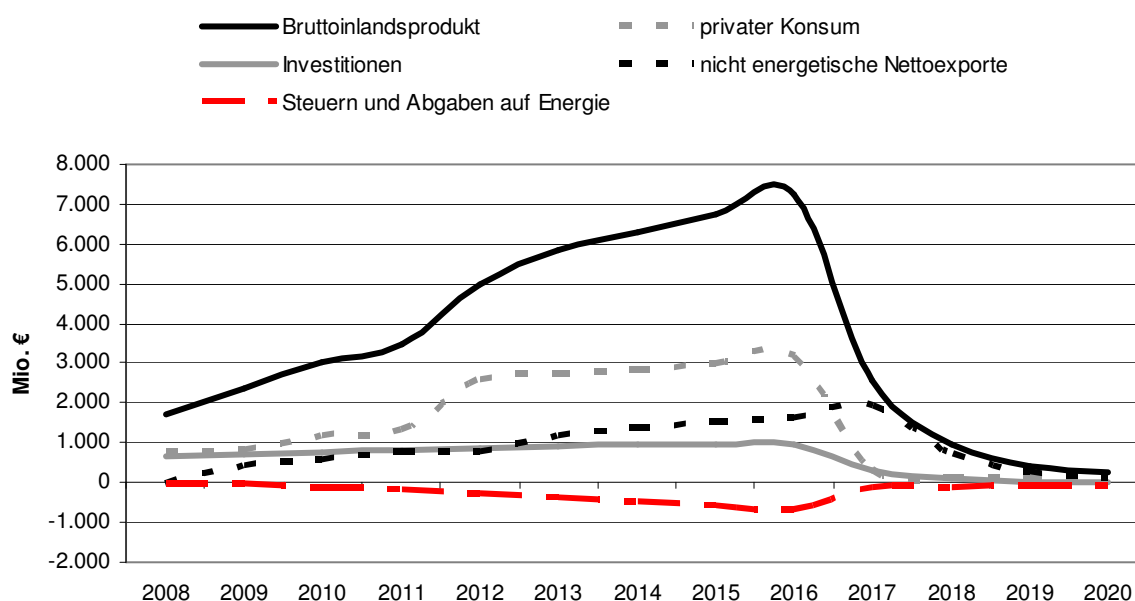
Tabelle 7.2-5: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3a (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 40%)) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	2.496	3.362	4.316	4.936	6.855	7.899	8.567	9.167	9.821	3.538	1.367	633	404
Beschäftigte	12.381	15.984	17.479	19.079	24.281	28.783	29.927	31.593	33.721	15.027	2.758	4178	4.896
Privater Konsum (Mio. €)	1.428	1.466	2.118	2.374	4.210	4.533	4.759	5.044	5.406	449	231	174	166
Investitionen (Mio. €)	1.017	1.120	1.177	1.215	1.287	1.378	1.421	1.450	1.479	423	143	49	27
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-263	390	514	727	534	1.007	1.243	1.367	1.456	2.635	952	372	177
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-10	-42	-118	-191	-297	-392	-493	-593	-698	-127	-121	-110	-102
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-7	-21	-44	-71	-123	-163	-207	-251	-297	-29	-37	-35	-33

Quelle: eigene Berechnung

Die Tabelle 7.2-6 und die Abbildung 7.2-6 veranschaulicht die Auswirkungen von Szenario 3b, der identen Energieeffizienz-Strategie wie zuvor erläutert, allerdings wird nun angenommen, dass der Anteil der nicht-energetischen Umstellungskosten der Unternehmen (im nicht-energetischen Konsum sowie in den Investitionen), die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden (mittels Investitionsförderungen), lediglich zu einem Drittel aus der Realisierung von Rücklagen finanziert wird. Die übrigen 66% werden durch Substitutionen innerhalb der Investitionen finanziert, sodass alternative Projekte nicht realisiert werden. Äquivalent hierzu werden die Umstellungskosten der privaten Haushalte zu einem Drittel durch die Reduktion der Sparsumme und zu zwei Drittel aus der Substitution anderer Konsumausgaben finanziert.

Abbildung 7.2-6: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3b



Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 7.2-6: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3b (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 40%)) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	1.735	2.361	3.038	3.476	5.009	5.814	6.310	6.751	7.225	2.593	971	428	259
Beschäftigte	7.597	10.185	11.019	11.900	15.504	18.837	19.323	20.268	21.552	10.386	1.222	2.450	3.032
Privater Konsum (Mio. €)	786	811	1.183	1.313	2.552	2.728	2.827	2.970	3.152	311	126	90	86
Investitionen (Mio. €)	670	738	777	800	853	922	951	968	986	301	104	34	17
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-39	424	567	739	776	1.179	1.383	1.501	1.600	1.938	697	263	119
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-16	-46	-123	-197	-305	-400	-502	-603	-708	-133	-124	-112	-104
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-9	-23	-47	-74	-126	-167	-211	-255	-302	-32	-38	-36	-34

Quelle: eigene Berechnung

7.2.4 Szenario 4a+4b

Die vierte analysierte Energieeffizienz-Strategie, die eine Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (mit einer Förderquote von 50% für Unternehmen, im Gegensatz zu 40% im Szenario 3a) (= Szenario 4a) vorsieht, ergibt in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Die Umstellung erfolgt generell bis zum Jahr 2016. Aufgrund der einsetzenden Sekundäreffekte und somit von Multiplikatorwirkungen wird der höchste ökonomische Wertschöpfungszuwachs im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung der Energieeffizienz-Strategie im Jahr 2016 mit zusätzlichen 11,2 Mrd. € für das österreichische Bruttoinlandsprodukt verzeichnet. Ab dem Jahr 2017 werden zwar aufgrund der positiven Entwicklung noch signifikante positive Wachstumseffekte verzeichnet, da die Umstellungen im System durch die Strategie bereits beendet sind, nehmen die zusätzlichen positiven Auswirkungen kontinuierlich ab. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte noch ein höheres Bruttoinlandsprodukt im Ausmaß von 0,5 Mrd. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

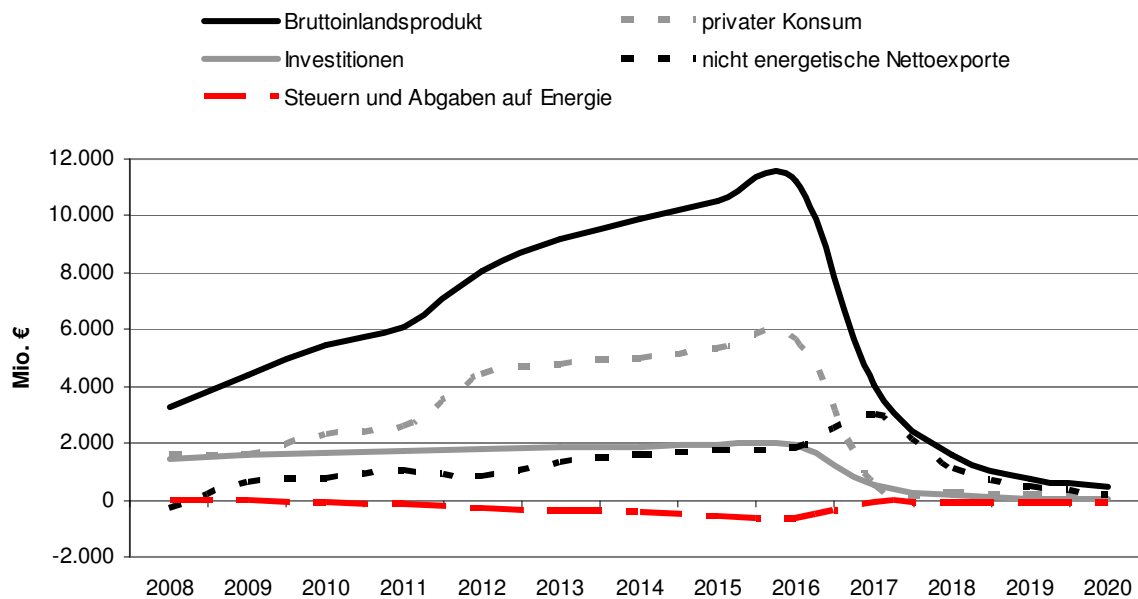
Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf fünf Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Unternehmen sowie zusätzlicher nicht-energetischer Konsum der privaten Haushalte durch die Umstellungen zur Generierung der Energieeffizienz; 2) geringere Energiekosten für private Haushalte und Unternehmen, wodurch zusätzliche Investitionen und zusätzlicher Konsum geschaffen werden; 3) geringere Energieimporte aufgrund der Energieeffizienz-Verbesserungen, wodurch die Leistungsbilanz der österreichischen Volkswirtschaft verbessert wird; 4) Investitionsförderungen, die eine Umsetzung der Strategien entscheidend erweitern aber auch generell ermöglichen und die Umstellungskosten für Unternehmen und Haushalte reduzieren und 5) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 4).

Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte österreichische Volkswirtschaft etwa 16.600 und im Jahr 2016 etwa 40.200 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung (ca. 2.300 Mio. € im Jahr 2016) keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So etwa sind die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2016 auf etwa 650 Mio. € zu beziffern. Dem ist entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 960 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2016 ca. 1.200 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generieren. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt eine quantifizierbare Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Strategie im Jahr 2016 im Ausmaß von -0,8 Mrd. €.

Die Abbildung 7.2-7 sowie die Tabelle 7.2-7 veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund des Szenarios 4a.

Abbildung 7.2-7: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4a



Quelle: eigene Berechnung

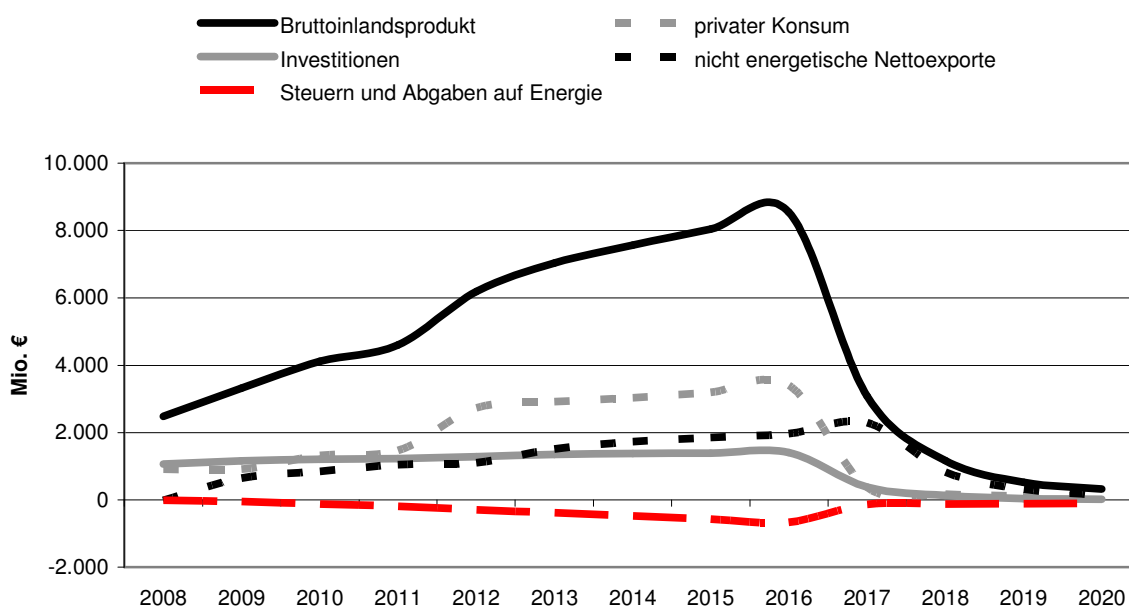
Tabelle 7.2-7: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4a (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 50%)) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	3.290	4.371	5.447	6.124	8.086	9.168	9.873	10.512	11.202	4.038	1.579	731	469
Beschäftigte	16.588	20.999	22.650	24.342	29.676	34.410	35.843	37.743	40.175	17.379	3.369	4.832	5.633
Privater Konsum (Mio. €)	1.586	1.585	2.283	2.552	4.408	4.748	4.994	5.298	5.679	503	283	208	199
Investitionen (Mio. €)	1.469	1.599	1.663	1.702	1.773	1.862	1.903	1.930	1.959	503	169	57	32
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-283	581	764	1.009	831	1.316	1.562	1.696	1.795	3.006	1.088	430	204
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-9	-48	-117	-184	-286	-373	-466	-559	-654	-127	-120	-109	-101
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-6	-24	-45	-71	-122	-160	-201	-243	-287	-27	-37	-35	-33

Quelle: eigene Berechnung

Die Tabelle 7.2-8 sowie die Abbildung 7.2-8 veranschaulichen die Auswirkungen von Szenario 4b, der identen Energieeffizienz-Strategie wie zuvor erläutert, allerdings wird nun angenommen, dass der Anteil der nicht-energetischen Umstellungskosten der Unternehmen (im nicht-energetischen Konsum sowie in den Investitionen), die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden (mittels Investitionsförderungen), lediglich zu einem Drittel aus der Realisierung von Rücklagen finanziert wird. Die übrigen 66% werden durch Substitutionen innerhalb der Investitionen finanziert, sodass alternative Projekte nicht realisiert werden. Äquivalent hierzu werden die Umstellungskosten der privaten Haushalte zu einem Drittel durch die Reduktion der Sparsumme und zu zwei Drittel aus der Substitution anderer Konsumausgaben finanziert.

Abbildung 7.2-8: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4b



Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 7.2-8: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4b (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 50%)) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	2.484	3.321	4.115	4.609	6.185	7.028	7.560	8.039	8.549	3.079	1.173	520	318
Beschäftigte	11.230	14.662	15.634	16.600	20.333	23.894	24.663	25.831	27.415	12.633	1.694	3.027	3.699
Privater Konsum (Mio. €)	913	909	1.325	1.467	2.726	2.920	3.037	3.199	3.401	369	172	122	117
Investitionen (Mio. €)	1.067	1.160	1.206	1.230	1.282	1.349	1.376	1.391	1.409	378	129	41	21
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-20	642	844	1.046	1.099	1.513	1.727	1.855	1.965	2.294	828	318	145
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-14	-53	-122	-191	-294	-382	-476	-569	-665	-132	-124	-111	-104
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-8	-26	-48	-73	-125	-164	-206	-248	-292	-31	-38	-36	-34

Quelle: eigene Berechnung

7.2.5 Szenario 5a+5b

Die vierte analysierte Energieeffizienz-Strategie, die eine Einführung von verpflichtenden Mindeststandards (= Szenario 5a) vorsieht, ergibt in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Die Umstellung erfolgt generell bis zum Jahr 2016. Aufgrund der einsetzenden Sekundäreffekte und somit von Multiplikatorwirkungen wird der höchste ökonomische Wertschöpfungszuwachs im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung der Energieeffizienz-Strategie im Jahr 2016 mit zusätzlichen 4,1 Mrd. € für das österreichische Bruttoinlandsprodukt verzeichnet. Ab dem Jahr 2017 werden zwar aufgrund der positiven Entwicklung noch signifikante positive Wachstumseffekte verzeichnet, da die Umstellungen im System durch die Strategie bereits beendet sind, nehmen die zusätzlichen positiven Auswirkungen kontinuierlich ab. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte noch ein höheres Bruttoinlandsprodukt im Ausmaß von 0,2 Mrd. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

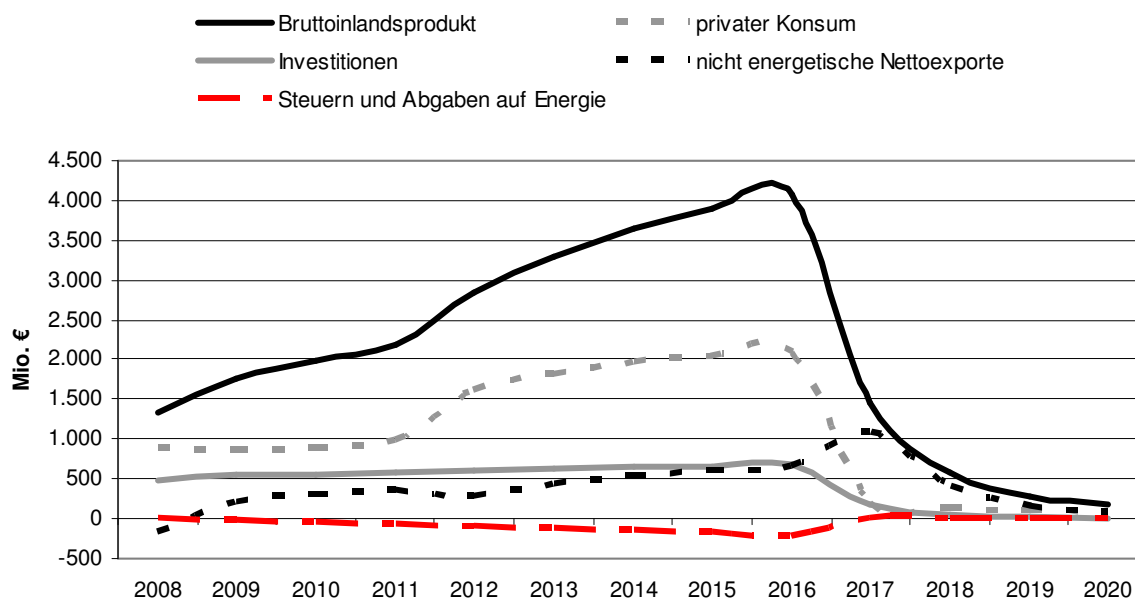
Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf fünf Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Unternehmen sowie zusätzlicher nicht-energetischer Konsum der privaten Haushalte durch die Umstellungen zur Generierung der Energieeffizienz; 2) geringere Energiekosten für private Haushalte und Unternehmen, wodurch zusätzliche Investitionen und zusätzlicher Konsum geschaffen werden; 3) geringere Energieimporte aufgrund der Energieeffizienz-Verbesserungen, wodurch die Leistungsbilanz der österreichischen Volkswirtschaft verbessert wird; 4) Investitionsförderungen, die eine Umsetzung der Strategien entscheidend erweitern aber auch generell ermöglichen und die Umstellungskosten für Unternehmen und Haushalte reduzieren und 5) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 4).

Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte österreichische Volkswirtschaft etwa 6.400 und im Jahr 2016 etwa 14.800 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung (ca. 280 Mio. € im Jahr 2016) keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So etwa sind die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2016 auf etwa 220 Mio. € zu beziffern. Dem ist entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 350 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2016 ca. 440 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generieren. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt eine quantifizierbare Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Strategie im Jahr 2016 im Ausmaß von +0,3 Mrd. €.

Die Tabelle 7.2-9 sowie die Abbildung 7.2-9 veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund des Szenarios 5a.

Abbildung 7.2-9: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 5a



Quelle: eigene Berechnung

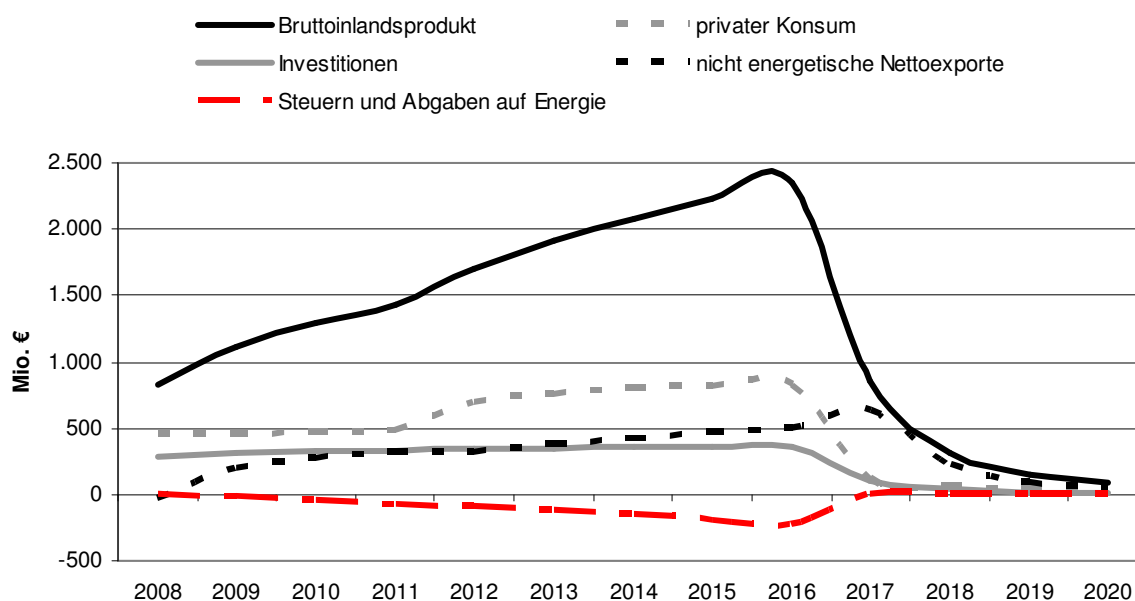
**Tabelle 7.2-9: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 5a (Strategie: Einführung von verpflichtenden Mindeststandards)
Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen**

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	1.323	1.754	1.989	2.184	2.850	3.306	3.638	3.889	4.076	1.471	570	266	173
Beschäftigte	6.449	8.320	8.377	8.644	10.642	12.556	13.391	14.142	14.761	5.851	838	1.638	1.974
Privater Konsum (Mio. €)	871	856	885	972	1.620	1.823	1.960	2.048	2.087	206	116	92	88
Investitionen (Mio. €)	492	546	566	571	594	628	648	661	668	179	61	20	12
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-164	191	310	356	283	430	527	600	660	1094	396	155	74
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-6	-22	-47	-69	-95	-124	-154	-185	-217	5	-1	-2	-1
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen (Mio. €)	-6	-15	-22	-31	-44	-58	-72	-86	-101	8	1	0	0

Quelle: eigene Berechnung

Die Tabelle 7.2-10 und die Abbildung 7.2-10 veranschaulichen die Auswirkungen von Szenario 5b, der identen Energieeffizienz-Strategie wie zuvor erläutert, allerdings wird nun angenommen, dass der Anteil der nicht-energetischen Umstellungskosten der Unternehmen (im nicht-energetischen Konsum sowie in den Investitionen), die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden (mittels Investitionsförderungen), lediglich zu einem Drittel aus der Realisierung von Rücklagen finanziert wird. Die übrigen 66% werden durch Substitutionen innerhalb der Investitionen finanziert, sodass alternative Projekte nicht realisiert werden. Äquivalent hierzu werden die Umstellungskosten der privaten Haushalte zu einem Drittel durch die Reduktion der Sparsumme und zu zwei Drittel aus der Substitution anderer Konsumausgaben finanziert.

Abbildung 7.2-10: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 5b



Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 7.2-10: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung Szenario 5b (Strategie: Einführung von verpflichtenden Mindeststandards) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der österreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoinlandsprodukt (Mio. €)	831	1.118	1.296	1.423	1.701	1.911	2.082	2.227	2.351	850	321	142	88
Beschäftigte	3.520	4.736	4.812	4.920	5.641	6.360	6.739	7.094	7.406	3.159	200	712	926
Privater Konsum (Mio. €)	450	446	463	487	697	758	795	817	822	121	57	44	42
Investitionen (Mio. €)	288	319	332	334	341	352	358	362	364	99	35	11	6
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-34	191	271	314	308	373	422	464	501	631	228	87	40
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-9	-24	-50	-72	-100	-129	-160	-191	-223	2	-3	-3	-2
Schadenskosten von Luftschadstoff- und Treibhausgas- emissionen (Mio. €)	-7	-16	-23	-33	-46	-60	-75	-89	-103	6	0	-1	-1

Quelle: eigene Berechnung

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

8.1 Ausgangslage

Die vorliegende Studie „*Analyse der Wirkungsmechanismen von Endenergieeffizienz-Maßnahmen und Entwicklung geeigneter Strategien für die Selektion ökonomisch-effizienter Maßnahmenpakete*“ (AWEEMSS) wurde im Rahmen des Förderprogramms ENERGIE DER ZUKUNFT durchgeführt und aus dem Klima- und Energiefonds finanziert.

Der vorliegende Endbericht wurde vom Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz in Kooperation mit der Energy Economics Group der Technischen Universität Wien verfasst.

8.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Studie ist die Evaluierung möglicher Strategien zur Verbesserung der Endenergieeffizienz im Rahmen der Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen bis zum Jahr 2016.

Das Hauptziel der Richtlinie 2006/32/EG (ESD) ist es, die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union aufzufordern, 9% ihres Endenergieverbrauchs innerhalb eines Zeitraumes von 9 Jahren gegenüber der business-as-usual Entwicklung zu senken. Die Betonung liegt hierbei auf „*auffordern*“, da sich das Europäische Parlament und der Rat nicht darauf einigen konnten, diese Energieeinsparungen verpflichtend von den Mitgliedstaaten zu fordern. Das Ziel ist somit indikativ und die Mitgliedstaaten sind im Grunde nur dazu verpflichtet ausreichende Anstrengungen zur Erhöhung der Endenergieeffizienz im Rahmen von Zwischenberichten, die alle drei Jahre vorzulegen sind, nachzuweisen.

Ziel und Zweck der ESD ist es, die Effizienz der Endenergienutzung kostenwirksam zu steigern. Hierzu soll die ESD die Rahmenbedingungen für die *Schaffung der Voraussetzungen für die Entwicklung und Förderung eines Marktes für Energiedienstleistungen* legen. Die Richtlinie gilt dabei für (siehe Art. 2; ESD)

- Anbieter von Energieeffizienz-Maßnahmen, Energieverteiler, Verteilernetzbetreiber und Energieeinzelhandelsunternehmen;
- Endkunden, mit Ausnahme der Unternehmen, die am Europäischen Emissionshandelssystem beteiligt sind;
- die Streitkräfte, soweit ihre Anwendung nicht mit der Art und dem Hauptzweck der Tätigkeit der Streitkräfte kollidiert und mit Ausnahme von Material, das ausschließlich für militärische Zwecke verwendet wird.

Bei der Festlegung der Art und Weise wie die Richtlinie von den einzelnen Mitgliedsstaaten umgesetzt werden soll, wird eine Reihe an Optionen vorgegeben, aus

denen der einzelne Mitgliedsstaat wählen kann. Die erste mögliche Option besteht darin, aus den folgenden Maßnahmen eine oder mehrere zu wählen, die von den Energieverteilern, Verteilernetzbetreibern und/oder Energiehandelsunternehmen zu erbringen sind:

- Förderung von Energiedienstleistungen mit wettbewerbsorientierter Preisgestaltung und Sicherstellung des entsprechenden Angebots für ihre Endkunden.
- Förderung von unabhängig durchgeführten Energieaudits mit wettbewerbsorientierter Preisgestaltung und/oder von Energieeffizienz-Maßnahmen im Einklang mit Artikel 9 Absatz 2 und Artikel 12⁹¹ und Sicherstellung der entsprechenden Verfügbarkeit für ihre Endkunden.
- Beteiligung an Fonds und Finanzierungsverfahren.

Die zweite Option besteht darin, freiwillige Vereinbarungen und/oder andere marktorientierte Instrumente wie Einsparzertifikate (sogenannte „Weiße Zertifikate“) zu beschließen bzw. einzuführen.

Österreich hat sich für die zweite Option entschieden. Bis Jänner 2010 wurden freiwillige Vereinbarungen mit einigen Fachverbänden und Interessensvertretungen der Energiewirtschaft geschlossen. Umfang und genauer Inhalt dieser Vereinbarungen war den Autoren zum Zeitpunkt der Berichtslegung dieser Studie nicht bekannt.

Um die in der ESD skizzierten Ziele zu erreichen, soll – gemäß Art. 7 – die Verfügbarkeit von Informationen vor allem durch Energieberatungen verbessert werden. Durch Qualifikations-, Zulassungs- und Zertifizierungssysteme soll die Qualität der angebotenen Energiedienstleistungen gewährleistet werden (Art. 8). Art. 9 fordert die Aufhebung aller steuerrechtlichen Regelungen in den Mitgliedsstaaten, die die Nutzung von Finanzinstrumenten auf dem Markt für Energiedienstleistungen behindern oder beschränken.

Gemäß Art. 10 sollen alle Mitgliedsstaaten sicher stellen, dass Anreize in der Struktur der Übertragungs- und Verteilungstarife, die die Volumen verteilter oder übertragener Energie unnötig erhöhen, beseitigt werden. Art. 12 betont nochmals die Bedeutung von Energieaudits, mit denen mögliche Energieeffizienz-Maßnahmen ermittelt werden können. Diese Audits sind für alle Kundensegmente anzubieten.

Von allen genannten Maßnahmen, die zur Erhöhung der Energieeffizienz in der ESD genannt werden, ist im Rahmen der vorliegenden Analyse über Energieeffizienz im Wohngebäudesektor vor allem Art. 13 *„Erfassung und informative Abrechnung des Energieverbrauchs“* von Bedeutung.

⁹¹ Art. 9 (2): Die Mitgliedsstaaten stellen vorhandenen oder potentiellen Abnehmern von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen aus dem öffentlichen und privaten Sektor Musterverträge für diese Finanzinstrumente zur Verfügung. Art. 12 bestimmt Anforderungen an die Gestaltung von Energieaudits.

Soweit es technisch machbar, finanziell vertretbar und im Vergleich zu den potentiellen Energieeinsparungen angemessen ist, stellen die Mitgliedsstaaten sicher, dass alle Endkunden in den Bereichen Strom, Erdgas, Fernheizung und/oder -kühlung und Warmbrauchwasser individuelle Zähler zu wettbewerbsorientierten Preisen erhalten, die den tatsächlichen Energieverbrauch des Endkunden und die tatsächliche Nutzungszeit widerspiegeln. [...] soweit Gebäude größeren Renovierungen im Sinne der Richtlinie 2002/91/EG (siehe Kapitel 3.1.1.9) unterzogen werden, sind stets solche individuellen Zähler zu wettbewerbsorientierten Preisen zu liefern.

Die Energieabrechnung hat klar und verständlich zu sein und dem Endkunden geeignete Angaben zur Verfügung zu stellen, mit denen er seine aktuellen Energiekosten beurteilen kann.

Interessant an dieser Richtlinie ist auch die Berechnung des Einsparzieles, die in Anhang I der Richtlinie beschrieben wird: 9% des einfachen Mittelwerts des gesamten Endenergieverbrauch eines Landes in den fünf Jahren vor Inkrafttreten der Richtlinie (bzw. die letzten 5 Jahre, für die Daten verfügbar sind; im Falle Österreichs 2001-2005) werden als Einsparziel herangezogen. Der Endenergieverbrauch muss jedoch vor dieser Mittelwertbildung um den Endenergieverbrauch der Segmente Flugverkehr, Schweröle, die in der Seeschifffahrt eingesetzt werden (für Österreich nicht relevant) sowie um den Endenergieverbrauch aller Unternehmen⁹², die am europäischen Emissionszertifikatehandel teilnehmen, bereinigt werden.

Für Österreich errechnet sich aus diesen Angaben ein indikatives Einsparziel im Jahr 2016 von 22.330 GWh [49]. Das heißt, dass der österreichische Endenergieverbrauch für eine erfolgreiche Erfüllung der Richtlinie im Jahr 2016 um 22.330 GWh unter jenem Wert liegen muss, den der österreichische Endenergieverbrauch ohne Durchführung von spezifischen Energieeffizienz-Maßnahmen in diesem Jahr hätte. Dies bedeutet jedoch auch, dass die Richtlinie keine absolute Reduktion des Endenergieverbrauchs unter das Niveau von 2008 verlangt, sondern lediglich eine Dämpfung des Verbrauchs gegenüber dem business-as-usual-Verlauf verlangt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, dass jedes Mitgliedsland Verbesserungen der Energieeffizienz auf das Einsparziel anrechnen kann, die bereits vor 2008 initiiert wurden. Im Fall Österreichs ist hier von erheblichen sog. Early Actions bzw. Early Savings auszugehen, die durch Maßnahmen wie der österreichischen Wohnbauförderung erreicht wurden. Auf eine Anrechnung dieser Einsparungen sollte daher aus österreichischer Sicht

⁹² Im Wortlaut der Richtlinie 2006/32/EG wird von *Unternehmen, die an den in Anhang I der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft (3) aufgelisteten Kategorien von Tätigkeiten beteiligt sind* gesprochen. Diese Formulierung wirft Fragen auf, da Zertifikate für Anlagen, jedoch nicht für ganze Unternehmen ausgegeben werden. Ziel sollte es sein, nur die Anlagen, nicht jedoch den gesamten Endenergieverbrauch eines Unternehmens von der Einsparzielberechnung auszunehmen um das Energieeinsparpotential, das durch Energieeffizienz-Maßnahmen realisiert werden kann, möglichst auszuschöpfen.

großen Wert gelegt werden.

8.3 Analyseschritte

Die Studie gliedert sich primär in drei Untersuchungseinheiten:

- 1) Definition und Analyse von **potentiell geeigneten Energieeffizienz-Maßnahmen** (z.B. Austausch ineffizienter Gerätschaften, Sanierung der Gebäudehülle, etc.)
- 2) Definition und Analyse von **potentiell geeigneten politischen Strategien** zur Förderung der Umsetzung der Maßnahmen aus 1). Eine politische Strategie beschreibt dabei die Schaffung von rechtlichen Rahmenbedingungen bzgl. Förderungen und Förderkriterien oder das Setzen von Energieeffizienz-Mindeststandards.
- 3) Die **ökonomische Bewertung der unter 2) definierten Energieeffizienz-Strategien** hinsichtlich ihres Einflusses auf die zentralen Variablen der österreichischen Volkswirtschaft.

Die Analyse der Energieeffizienz-Maßnahmen bzw. -Strategien erstreckt sich dabei sowohl über den Haushaltsbereich, als auch über den Dienstleistungssektor und die Sachgüterproduktion. Somit ist eine fast vollständige Abdeckung der Richtlinien-relevanten Energieverbräuche gegeben. Jedoch muss angemerkt werden, dass die in dieser Studie analysierten Maßnahmen nach Ansicht der Autoren zwar die potentialreichsten Möglichkeiten für eine rasche Senkung des Endenergieverbrauchs sind, aber keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Gerade im Unternehmensbereich sind häufig große Energieeinsparungen durch Änderungen in den Prozessabläufen oder durch eine Neustrukturierung der Produktionsanlagen möglich. Eine Studie wie die vorliegende kann jedoch nur Energieeffizienz-Maßnahmen mit relativ homogener Wirkung bei den Endkunden abbilden. Die selektierten Energieeffizienz-Maßnahmen werden in Kapitel 3 und Kapitel 4 dargestellt. Eine Auflistung dieser Maßnahmen zusammen mit den jeweils ermittelten Gesamtpotentialen ist in dieser Zusammenfassung in Kapitel 8.6 zu finden.

8.4 Die analysierten Energieeffizienz-Strategien

In der vorliegenden Studie werden fünf unterschiedliche Energieeffizienz-Strategien analysiert. Grundlage für die Entwicklung dieser Strategien ist sowohl die Förderlandschaft im Jahr vor der Richtlinieneinführung, 2007, sowie der aktuelle Diskussionstand in Österreich.

Die fünf Energieeffizienz-Strategien dieser Studie werden wie folgt bezeichnet und in Tabelle 8.4-1 bis Tabelle 8.4-3 charakterisiert:

- **Mindeststandards** (Einführung von Mindeststandards)
- **IMF mid** (intensive monetäre Förderung, mittlere Intensitätsstufe)
- **IMF-US mid** (intensive monetäre Förderung bei gleichzeitiger Einführung von Mindeststandards, mittlere Intensitätsstufe)
- **IMF high** (intensive monetäre Förderung, hohe Intensitätsstufe)
- **IMF-US high** (intensive monetäre Förderung bei gleichzeitiger Einführung von Mindeststandards, hohe Intensitätsstufe)

Während eine Strategie – die Strategie *Mindeststandards* – keine neuen Förderanreize setzt, greifen die anderen vier Strategien auf dieses Anreizinstrumentarium zurück. Wie bereits erwähnt werden bei der Einführung von Mindeststandards ohne gleichzeitige Förderung sämtliche Kosten der Energieeffizienz-Maßnahmen bei den Endkunden – also den Haushalten, den Unternehmen und der öff. Hand - wirksam. Dies kann vor allem bei Haushalten zu einer sozialen Unausgewogenheit führen. Im Bereich von Unternehmen im europäischen und internationalen Wettbewerb kann eine Überwälzung der gesamten Investitionslast zu einer negativen Beeinflussung der Kostenstruktur führen. Die Einführung von Mindeststandards ohne gleichzeitige finanzielle Unterstützung der Endkunden ist deshalb unter diesen Gesichtspunkten zu bewerten.

Tabelle 8.4-1: Zusammenfassung der Eckdaten der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor – Seite 1/2

Inhalte der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor						
		Mindeststandards	IMF mid	IMF-US mid	IMF high	IMF-US high
Haushalte	Fördersituation:	unverändert zu 2007	Ab 2011: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Anhebung der Förderquote auf 60% der Investitionssumme ○ Wärmebereitstellung: Anhebung der Förderquote auf 30% (45% bei solarthermischen Kombianlagen) der Investitionssumme ○ Weißer Ware: Förderquote von 30% der Investitionssumme ○ Personen-Individualverkehr: 750 € pro Vollhybrid und Erdgasfahrzeug ○ Öffentlicher Personenverkehr: Förderung von 40% der Kosten	Ab 2011: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Anhebung der Förderquote auf 50% der Investitionssumme ○ Wärmebereitstellung: Anhebung der Förderquote auf 15% (30% bei solarthermischen Kombianlagen) der Investitionssumme ○ Weißer Ware: Förderquote von 30% der Investitionssumme. Reduktion der Förderquote auf 0% bis 2014 ○ Personen-Individualverkehr: 750 € pro Vollhybrid und Erdgasfahrzeug ○ Öffentlicher Personenverkehr: Förderung von 40% der Kosten	Ab 2011: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Anhebung der Förderquote auf 60% der Investitionssumme ○ Wärmebereitstellung: Anhebung der Förderquote auf 30% (45% bei solarthermischen Kombianlagen) der Investitionssumme ○ Weißer Ware: Förderquote von 30% der Investitionssumme ○ Personen-Individualverkehr: 750 € pro Vollhybrid und Erdgasfahrzeug ○ Öffentlicher Personenverkehr: Förderung von 40% der Kosten	Ab 2011: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Anhebung der Förderquote auf 50% der Investitionssumme ○ Wärmebereitstellung: Anhebung der Förderquote auf 15% (30% bei solarthermischen Kombianlagen) der Investitionssumme ○ Weißer Ware: Förderquote von 30% der Investitionssumme. Reduktion der Förderquote auf 0% bis 2014 ○ Personen-Individualverkehr: 750 € pro Vollhybrid und Erdgasfahrzeug ○ Öffentlicher Personenverkehr: Förderung von 40% der Kosten

Tabelle 8.4-2: Zusammenfassung der Eckdaten der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor – Seite 2/2

Inhalte der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor						
Haushalte		Mindeststandards	IMF mid	IMF-US mid	IMF high	IMF-US high
	Mindeststandards:	Ab 2012: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Gebäude mit Baustandard bis 1980 (Ausnahme: historische Bauten) müssen innerhalb von 15 Jahren saniert werden. ○ Wärmebereitstellung: Verpflichtender Einsatz von Brennwertgeräten, bei Sanierungen muss Solarthermie installiert werden ○ Beleuchtung: Verordnung Nr. 244/2009 (EG) ○ Stand-by: Verordnung Nr. 1275/2008 (EG) ○ Weißer Ware: Dynamische Standards ab 2011: A++ innerhalb von 4 Jahren	Nein (außer Förderbedingungen und bereits erlassene Verordnungen)	Ab 2012: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Gebäude mit Baustandard bis 1980 (Ausnahme: historische Bauten) müssen innerhalb von 15 Jahren saniert werden. ○ Wärmebereitstellung: Verpflichtender Einsatz von Brennwertgeräten, bei Sanierungen muss Solarthermie installiert werden ○ Beleuchtung: Verordnung Nr. 244/2009 (EG) ○ Stand-by: Verordnung Nr. 1275/2008 (EG) ○ Weißer Ware: Dynamische Standards ab 2011: A++ innerhalb von 4 Jahren	Nein (außer Förderbedingungen und bereits erlassene Verordnungen)	Ab 2012: ○ Gebäudesanierung, Wärmeverteilung: Gebäude mit Baustandard bis 1980 (Ausnahme: historische Bauten) müssen innerhalb von 15 Jahren saniert werden. ○ Wärmebereitstellung: Verpflichtender Einsatz von Brennwertgeräten, bei Sanierungen muss Solarthermie installiert werden ○ Beleuchtung: Verordnung Nr. 244/2009 (EG) ○ Stand-by: Verordnung Nr. 1275/2008 (EG) ○ Weißer Ware: Dynamische Standards ab 2011: A++ innerhalb von 4 Jahren

Tabelle 8.4-3: Zusammenfassung der Eckdaten der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor

Inhalte der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion						
Dienstleistungssektor / Sachgüterproduktion		Mindeststandards	IMF mid	IMF-US mid	IMF high	IMF-US high
	Fördersituation:	unverändert zu 2007	Anhebung der generellen Förderquote auf 40% der Investitionssumme	Anhebung der generellen Förderquote auf 40% der Investitionssumme	Anhebung der generellen Förderquote auf 50% der Investitionssumme	Anhebung der generellen Förderquote auf 50% der Investitionssumme
	Mindeststandards	- o Verpflichtende Energieaudits im 5-Jahre-Rhythmus - o Implementierung eines dynamischen Top-Runner Ansatzes für Bürogeräte und Komponenten von Fertigungsanlagen - o Gebäude- und Nutzungsarten abhängige Standards für Baukomponenten	Nein (außer Förderbedingungen und bereits erlassene Verordnungen)	- o Verpflichtende Energieaudits im 5-Jahre-Rhythmus - o Implementierung eines dynamischen Top-Runner Ansatzes für Bürogeräte und Komponenten von Fertigungsanlagen - o Gebäude- und Nutzungsarten abhängige Standards für Baukomponenten	Nein (außer Förderbedingungen und bereits erlassene Verordnungen)	- o Verpflichtende Energieaudits im 5-Jahre-Rhythmus - o Implementierung eines dynamischen Top-Runner Ansatzes für Bürogeräte und Komponenten von Fertigungsanlagen - o Gebäude- und Nutzungsarten abhängige Standards für Baukomponenten

Für jede betrachtete Strategie erfolgt die Evaluierung dabei auf den drei relevanten Ebenen:

- 1.) eine komparativ-statische Analyse der **gesamten potentiellen energetischen Einspareffekte** durch eine Forcierung der Endenergieeffizienz (Kapitel 8.6),
- 2.) eine komparativ-statische Analyse der **Investitionskosten und der ausgelösten energetischen Veränderungen** der jeweiligen Strategie (Kapitel 8.7),
- 3.) eine dynamische Analyse der durch die analysierten Energieeffizienz-Strategien ausgelösten **volkswirtschaftlichen Effekte** in Österreich (Kapitel 8.8).

Die Vergleiche der betrachteten Strategien und Maßnahmenbündel finden dabei jeweils im Vergleich zu einem Baseline-Szenario statt. Dieses Baseline-Szenario antizipiert die Entwicklung des Energieverbrauchs und der wirtschaftlichen Entwicklung Österreichs ohne die in den dargestellten Strategien – zur gegenwärtigen Situation – zusätzlichen Maßnahmen. Bspw. werden betriebliche Maßnahmen, wie in Kapitel 6.3 dargestellt, zur Steigerung der Energieeffizienz derzeit mit durchschnittlich 25 – 35% gefördert. Energieeffizienz-Strategien die eine monetäre Förderung für betriebliche Energieeffizienz inkludieren, geben in diesem Zusammenhang jene Einsparungen aus, die durch eine Erhöhung über diese 25 – 35% hinausgehen (und mit den weiteren Unterstützungsmaßnahmen der jeweiligen Strategie, z.B. Informationskampagnen, einhergehen).

8.5 Zentrale Annahmen der Studie

Aus wissenschaftlicher Sicht erweist es sich als unerlässlich, zur Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der untersuchten Energieeffizienz-Strategien eine Reihe von Annahmen zu treffen. In der Folge werden die zentralen Annahmen - sowohl der komparativ-statischen als auch der dynamischen volkswirtschaftlichen Analyse - in einer kompakten Form zusammengefasst.

Annahme 1: Reaktion der Haushalte auf initiierte Veränderungen ihres Konsumverhaltens

Die Reaktion der privaten Haushalte auf durch Maßnahmen initiierte Veränderungen in der Konsumstruktur (z.B. erhöhter nicht-energetischer Konsum durch Anschaffung neuer Umwälzpumpen) bedarf Annahmen zur Finanzierung dieser Ausgaben durch den einzelnen Haushalt. Die Art und Höhe der Finanzierung wird zu jeder spezifischen Maßnahme explizit angeführt. Zentraler Faktor ist die Entscheidung zwischen der Substitution innerhalb des nicht-energetischen Konsums und einer Finanzierung aus der Sparsumme der Haushalte. Ebenso ist auch eine Annahme für die Situation von reduzierten Kosten/Ausgaben zu treffen, inwieweit die frei gewordenen Summen gespart werden oder für andere Konsumgüter ausgegeben werden. Der Finanzierungsanteil aus der Sparsumme bewegt sich je nach Strategie zwischen 33% und 100%.

Annahme 2: Reaktion der Unternehmen auf initiierte Veränderungen ihres Investitionsverhaltens

Die Notwendigkeit von Annahmen zur Reaktion der Unternehmen auf durch Maßnahmen initiierte Veränderung ihres Investitionsverhaltens ist ebenso wie für private Haushalte zu bewerten. Auch Unternehmen stehen vor der Entscheidung, ob sie auf Veränderungen in der Kostenstruktur mit einer Substitution innerhalb der Investitionen oder mit einer Veränderung ihrer Rücklagen reagieren. Die Art und Höhe der Finanzierung wird zu jeder spezifischen Maßnahme explizit angeführt. Der Finanzierungsanteil aus Rücklagen bewegt sich je nach Strategie zwischen 33% und 100%.

Annahme 3: Verschuldung der Gebietskörperschaften/des öffentlichen Sektors

Die zusätzlichen Ausgaben des öffentlichen Sektors (Direktförderungen, Infrastrukturinvestitionen,...) im Zuge der Bewertung der Maßnahmen generieren in den Analysen keine Kürzung anderer Ausgaben im öffentlichen Haushalt: Es erfolgt keine Reaktion bzw. Anpassung von anderen öffentlichen Ausgaben und Einnahmen in den Analysen, sie werden über eine (Neu-)Verschuldung finanziert. Allerdings werden in den einzelnen Maßnahmenbewertungen auch die ausgelösten Veränderungen der öffentlichen Einnahmen aus Energieabgaben und -Steuern, von MWSt.-Einnahmen aus privatem Konsum sowie von Lohnsteuereinnahmen errechnet.

Annahme 4: Simulationshorizont bis zum Jahr 2020

Die hier analysierten Energieeffizienz-Strategien beginnen mit dem 1.1.2008 und enden am 31.12.2016. Nach diesem Stichtag werden keine weiteren zusätzlichen Maßnahmen mehr installiert, die Wirkung der vor diesem Stichtag installierten Maßnahmen wird in den dynamischen volkswirtschaftlichen Analysen jedoch bis zum Jahr 2020 abgebildet.

Annahme 5: Zeitkosten und klassische externe Effekte (wie Schadenskosten von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen)

Im Zuge der dynamischen volkswirtschaftlichen Analyse fließen weder Zeitkosten, die insbesondere im Segment Verkehr vorhanden sind, noch etwaige externe Kosten wie Schadenskosten von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen oder Lärmkosten mit ein. Die Analyse dieser Parameter kann im Zuge der vorliegenden Studie aus Kapazitätsgründen nicht explizit erfolgen. Die Tatsache, dass diese potentiellen Kosten nicht ausgewiesen werden, bedeutet jedoch nicht, dass diese Kosten nicht vorhanden sind.

Annahme 6: Technologischer Fortschritt

Die Analysen der Studie beinhalten über die gesamte Beobachtungsperiode die im Jahr 2008 aktuellen Technologien. Die technologischen Weiterentwicklungen bis zum Jahr 2016 sind nicht prognostizierbar, jedoch ist auf Grund des geringen Betrachtungshorizonts auch kaum mit hohen Durchdringungsraten eventueller Neuentwicklungen zu rechnen. So ist beispielsweise nicht absehbar, welche exakte technologische Ausprägung Umwälzpumpen im Jahr 2016 aufweisen werden.

Annahme 7: Förderquoten und Steuersätze der öffentlichen Hand in den einzelnen Maßnahmen

Die einzelnen Maßnahmenanalysen berücksichtigen über die gesamte Beobachtungsperiode die im Jahr 2008 für Österreich gültigen Förderregelungen, wobei hier auf Grund der teilweise inhomogenen Regelungen auf Basis von gewichteten Durchschnittsn berechnet wurde. Ebenso werden die im Jahr 2008 für Österreich definierten Steuern und Abgaben für die gesamte Beobachtungsperiode konstant gesetzt.

Annahme 8: Entwicklung der Energiepreise bis 2016

Die verwendeten Energiepreise und die angenommenen Teuerungsraten bei der Berechnung der Barwerte der Einsparungen (vor allem in Kapitel 3) werden an der jeweiligen Stelle erläutert.

Annahme 9: Kundenakzeptanz der einzelnen Maßnahmen sowie zusätzliche Gemeinkosten

Im Zuge dieser Studie kann aus administrativen und monetären Gründen keine Analyse der „Kundenakzeptanz“ seitens Konsumenten und Unternehmen bezüglich der einzelnen Maßnahmen durchgeführt werden. Dies müsste mittels aufwendigen Methoden (Interviews,...) vorgenommen werden. Wie bereits erwähnt könnten diese Befragungen während der Laufzeit der einzelnen Maßnahmen durchgeführt werden, um so die Kundenakzeptanz auch evaluieren zu können.

Weiters ist anzumerken, dass zusätzliche „Gemeinkosten“ wie Kosten für Beratung, Ausbildung, PR, etc. nicht in die Studie inkludiert wurden.

Annahme 10: Datengrundlage für Energieträger

Die grundlegende Basis für die Analysen der Veränderungen am österreichischen Energiemarkt stellt die Energiebilanz der Statistik Austria dar. Es ist darauf hinzuweisen, dass seitens Statistik Austria bei der Neuerstellung der jährlichen Bilanzen ex-post-Korrekturen für Zeitreihen vorgenommen werden.

Annahme 11: Konjunkturzyklen und aktuelle internationale Wirtschaftskrise

Eine Studie mit mittel- bis langfristigem Zeithorizont in der Beobachtungsperiode, wie sie diese Studie darstellt, kann nicht auf exakte zukünftige oder auch aktuelle Konjunkturzyklen spezifisch eingehen. Als Konsequenz wird in der vorliegenden Studie – zudem auch aufgrund des Fehlens von verfügbarem Datenmaterial – die aktuelle Finanz- bzw. Wirtschaftskrise nicht berücksichtigt. Sollte eine Wirtschaftskrise auch insbesondere auf die Finanzierung von bestimmten Tätigkeiten oder Maßnahmen (insbesondere für private Haushalte und Unternehmen) signifikant negativ Einfluss nehmen, so ist damit zu rechnen, dass es zu zeitlichen Verzögerungen bei der Umsetzung von Maßnahmen und Tätigkeiten kommen kann.

Annahme 12: Energieeinsparung durch Althausanierung

Diese Berechnungen basieren auf Energieausweisen (Heizwärmebedarfsberechnung) und berücksichtigen das individuelle Nutzerverhalten (Ausbau der Wohnflächen, Lüftungsverhalten, Heizverhalten, etc.) nicht. Aktuelle Messungen von Energieversorgungsunternehmen zeigen beispielsweise für den Energieträger Erdgas, dass das Nutzerverhalten (nach Bereinigung der Heizgradtage) die potentiellen Einsparungen des Heizwärmebedarfs aufgrund von Gebäudesanierungen reduzieren können. Für diese Studie erfolgt aufgrund des Fehlens eines öffentlich zugänglichen und ökonometrisch umfassend verwertbaren Datenmaterials keine Anpassung der Reduktionen des Heizwärmebedarfs durch eine Änderung des individuellen Nutzerverhaltens.

8.6 Maßnahmenbezogene Potentiale der Steigerung von Endenergieeffizienz

Im Rahmen dieser Studie wird eine Vielzahl von Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs auf ihre Wirkung hin in Kapitel 3 (Haushalte) und Kapitel 4 (Dienstleistungssektor und Sachgüterproduktion) analysiert. Für diese Maßnahmen wird jeweils die erwartete Energieeinsparung je Umsetzung (Haushalte) bzw. je Einheit des derzeitigen Energieverbrauchs (Dienstleistungssektor und Sachgüterproduktion) ermittelt. Auf Basis dieser Einzeleinsparungen wird in weiterer Folge das Potential dieser Maßnahmen für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Zieljahr 2016 berechnet.

8.6.1 Potentiale im Haushaltssektor

Zunächst werden die Potentiale je nach Maßnahme und Anzahl potentieller Implementierungen bis zum Jahr 2016 in Tabelle 8.6-1 bis Tabelle 8.6-5 dargestellt. Die hier dargestellten Potentiale sind additiv zu verstehen. Dies bedeutet, dass die potentiellen Einsparungen z.B. einer Teilsanierung der Gebäudehülle so berechnet wurden, dass bei zusätzlichem Einbau eines hocheffizienten Heizsystems weitere Einsparungen angerechnet werden können. Wird bspw. durch den Austausch aller Fenster und Türen in einem Einfamilienhaus aus der Bauperiode 1945-1970 eine Einsparung von 3.600 kWh jährlich erzielt (siehe Tabelle 8.6-4) und gleichzeitig eine Solarthermieranlage mit 20 m² installiert, ergibt sich eine anrechenbare Einsparung von 3.600 kWh + 6.000 kWh (siehe Tabelle 8.6-1) = 9.600 kWh.

Noch einmal soll darauf hingewiesen werden, dass diese Einsparungen jeweils Durchschnittswerte repräsentieren und damit für die Betrachtung von Energieeffizienz-Strategien mit hohen Implementierungszahlen geeignet sind, jedoch nicht für betriebswirtschaftliche Überlegungen zu einzelnen Objekten herangezogen werden können.

Tabelle 8.6-1: Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 1/5

Anrechenbare Einsparungen je Maßnahmen und Anzahl potentieller Implementierungen bis 2016				
Themenblock	Maßnahme	Durchschnittliche anrechenbare Einsparung	Anzahl potentieller Implementierungen	Betrachtungseinheit
Effiziente Brauchwassersysteme				
	Tausch von Boilern zur WW-Bereitung auf Luft-WP			
	≤ 200 l	2281 kWh / WE	288.000	WE
	> 200 l	2281 kWh / WE	67.000	WE
	Brennwertkessel			
	kleine WG	1.187 kWh / WE	470.000	WE
	große WG	1.187 kWh / WE	500.000	WE
	Solarthermie			
	je 6 m ²	2.400 kWh / WE	127.000	WE
Effiziente Raumheizungssysteme (davon etwa 75% Kombianlagen für BW und RW)				
	Brennwertkessel			
	kleine WG	2.281 kWh / WE	265.000	WE
	große WG	1.141 kWh / WE	355.000	WE
	Wärmepumpe	8.000 kWh / WE	98.000	WE
	Fernwärme	7.740 kWh / WE	77.000	WE
	Nahwärme	7.740 kWh / WE	23.000	WE
	Solarthermie			
	je 20 m ²	6.000 kWh / WE	355.000	WE

Quelle: eigenen Berechnungen

WE ... Wohneinheit
 WG ... Wohngebäude
 WP ... Wärmepumpe
 BW ... Brauchwasser
 RW ... Raumwärme

Tabelle 8.6-2: Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 2/5

Anrechenbare Einsparungen je Maßnahmen und Anzahl potentieller Implementierungen bis 2016				
Themenblock	Maßnahme	Durchschnittliche anrechenbare Einsparung	Anzahl potentieller Implementierungen	Betrachtungseinheit
Wärmeverteilung				
	Effiziente Umwälzpumpen	221 kWh / Pumpe	2.000.000	Pumpen
	Einsatz von Heizkörperthermostaten			
	Altbau	180 kWh / HK	2.850.000	Wohnräume mit je 1 HK
	sanierter Altbau	78 kWh / HK	2.850.000	Wohnräume mit je 1 HK
	Einsatz einer zentralen Heizungsregelung			
	Altbau	4500 kWh / WE	153.375	Wohneinheiten
	sanierter Altbau	1950 kWh / WE	460.125	Wohneinheiten
	Dämmung von Warmwasserrohren			
	Warmwasser	47 kWh / Meter	0,9	Mio. Meter
	Heizung	38 kWh / Meter	30,8	Mio. Meter
Elektrische Verbraucher				
Beleuchtung				
	Tausch Glühbirne auf Energiesparlampe			
	Wohngebäude	16-48 kWh/ LK	32,5	Mio. Leuchtkörper
	Nichtwohngebäude	16-48 kWh/ LK	3,2	Mio. Leuchtkörper
	Tausch Halogenlampen auf IRC-Halogenlampen			
	Wohngebäude	5-15 kWh/ LK	22,2	Mio. Leuchtkörper
	Nichtwohngebäude	5-15 kWh/ LK	0,7	Mio. Leuchtkörper
	Tausch Leuchtstoffröhre durch Dreibandleuchtstoffröhren			
	Wohngebäude	5,8 kWh/ LK	2,4	Mio. Leuchtkörper
	Nichtwohngebäude	5,8 kWh/ LK	27,1	Mio. Leuchtkörper

Quelle: eigene Berechnungen

HK ... Heizkörper

LK ... Leuchtkörper WE ... Wohneinheit

Tabelle 8.6-3: Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 3/5

Anrechenbare Einsparungen je Maßnahmen und Anzahl potentieller Implementierungen bis 2016				
Themenblock	Maßnahme	Durchschnittliche anrechenbare Einsparung	Anzahl potentieller Implementierungen	Betrachtungseinheit
Elektrische Verbraucher				
Weißwaren	Wäschetrockner	210 kWh / Gerät	238.560	Geräte
	Kühlschränke	120 kWh / Gerät	2.978.400	Geräte
	Gefriertruhen/Schränke	119 kWh / Gerät	1.588.400	Geräte
	Geschirrspüler	48 kWh / Gerät	1.676.800	Geräte
	Waschmaschinen	65 kWh / Gerät	2.073.500	Geräte
Sonstige	Reduktion des Stand-by Verbrauchs	470 kWh / WE	2.283.070	Wohneinheiten
Verkehr				
Forcierung öff. Verkehr				
Alternative PKW-Antriebe	elektrischer Personennahverkehr	0,50 kWh / Pkm	228	Mio. Pkm
	Autobus	0,39 kWh / Pkm	918	Mio. Pkm
	Schiene (Bahn)	0,38 kWh / Pkm	409	Mio. Pkm
	Erdgasbetriebene Kraftfahrzeuge	900 kWh / FZ	146.700	Fahrzeuge
	Kraftfahrzeuge Hybridtechnologie	4700 kWh / FZ	88.000	Fahrzeuge

Quelle: eigene Berechnungen

Pkm ... Personenkilometer

WE ... Wohneinheit

FZ ... Fahrzeug

Tabelle 8.6-4: Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 4/5

Sanierung von Wohngebäuden: Anrechenbare Einsparungen und Anzahl potentieller Umsetzungen bis 2016									
Gebäudekategorie	Maßnahme	BP: -1945	1945 - 1970	1970 - 1980	Einheit	-1945	1945 - 1970	1970 - 1980	Einheit
		Durchschnittliche anrechenbare Einsparung je Implementierung				Anzahl potentieller Implementierungen			
1- und 2 Familienhäuser									
	Ersatz von Fenstern und Außentüren	3.600	3.600	3.600	kWh / WE	63.478	84.613	22.231	WE
	Dämmung der Kellerdecke	3.000	5.800	3.000	kWh / WE	15.870	0	22.231	WE
	Dämmung der obersten Geschoßdecke	3.467	2.800	3.467	kWh / WE	63.478	105.767	44.463	WE
	Dämmung der Außenwände	12.867	15.667	12.867	kWh / WE	63.478	63.460	22.231	WE
	Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes	19.000	23.867	19.000	kWh / WE	47.609	63.460	0	WE
	Gesamtsanierung	22.267	27.067	22.267	kWh / WE	47.609	42.307	0	WE
Mehrfamilienhäuser									
	Ersatz von Fenstern und Außentüren	1.440	1.440	1.440	kWh / WE	20.111	67.145	21.850	WE
	Dämmung der Kellerdecke	1.200	2.320	1.200	kWh / WE	20.111	22.382	21.850	WE
	Dämmung der obersten Geschoßdecke	1.387	1.120	1.387	kWh / WE	60.334	67.145	43.699	WE
	Dämmung der Außenwände	5.147	6.267	5.147	kWh / WE	60.334	67.145	21.850	WE
	Umfassende thermische Sanierung des Gebäudes	7.600	9.547	7.600	kWh / WE	40.223	58.192	0	WE
	Gesamtsanierung	8.907	10.827	8.907	kWh / WE	40.223	31.334	0	WE

Quelle: eigene Berechnungen

WE ... Wohneinheit

BP ... Bauperiode

Tabelle 8.6-5: Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Potentiale durch gebäudehüllenoptimierte Neubauten – Seite 5/5

Gebäudehülle von Wohnungsneubauten: Einsparungen und potentielle Implementierungen bis 2016				
Themenblock	Maßnahme	Durchschnittliche anrechenbare Einsparung	Anzahl potentieller Implementierungen in m ²	Anzahl potentieller Implementierungen in WE
Gebäudehülle / Neubau				
1- und 2 Familienhäuser	Niedrigstenergiehaus	54,50 kWh / m ²	24,13 Mio. m ²	160.000 WE
	Passivhaus	74,45 kWh / m ²	1,27 Mio. m ²	8.500 WE
Mehrfamilienhäuser	Niedrigstenergiehaus	15,24 kWh / m ²	14,48 Mio. m ²	160.000 WE
	Passivhaus	32,24 kWh / m ²	0,78 Mio. m ²	8.700 WE

Quelle: eigene Berechnungen

WE ... Wohneinheit

Weiters werden diese Potentiale für den Haushaltssektor in Tabelle 8.6-6, Tabelle 8.6-7 und Tabelle 8.6-8 aggregiert dargestellt.

Erwartungsgemäß kommen dabei die größten Potentiale im Haushaltssektor aus dem **Themenblock Raumwärme**, der sich aus den Bereichen *Wärmebereitung*, *thermische Gebäudesanierung*, *Gebäudehülle im Neubau* und *Wärmeverteilung* zusammensetzt. Bei vollständiger Umsetzung der realistisch durchführbaren Maßnahmen in diesem Bereich würde der Endenergieverbrauch für diese Anwendungen im Jahr 2016 um 20.176 GWh unter jenem des business-as-usual Szenarios für das Jahres 2016 liegen.

Im **Themenblock Beleuchtung** wird für den Haushaltssektor im Rahmen dieser Studie der Austausch von Leuchtmitteln ohne Lampentausch analysiert. Die drei möglichen Austauscharten (siehe Tabelle 8.6-7) ergeben dabei ein Potential für die Reduzierung des jährlichen Endenergieverbrauchs für Beleuchtungszwecke im Jahr 2016 um 1.126 GWh im Vergleich zum business-as-usual Szenario für das Jahre 2016.

Im **Themenblock der elektrischen Anwendungen** (außer Beleuchtung) in Haushalten ergibt sich ein Potential für die Reduzierung des jährlichen Endenergieverbrauchs im Jahr 2016 um 1.885 GWh im Vergleich zum business-as-usual Szenario für das Jahr 2016. Diese Potentiale setzen sich aus einer Reduzierung des Stand-by Verbrauchs von Haushaltsgeräten inkl. Unterhaltungselektronik und einer stark steigenden Durchdringungsrate von hocheffizienten Weißwaren zusammen.

Im **Themenblock Personenverkehr** können Einsparungen beim Energieverbrauch im Jahr 2016 im Vergleich zum business-as-usual Szenario für das Jahr 2016 um 1.173 GWh bei Maximierung der Aktivitäten in diesem Bereich erzielt werden.

Tabelle 8.6-6: Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor im Jahr 2016 – Seite 1/3

Haushaltssektor		
Brauchwassersystem		
Wärmepumpen		
	Kleine WG	657 GWh
	Große WG	153 GWh
	<i>In Summe</i>	<i>810 GWh</i>
Brennwertkessel		
	Kleine WG	415 GWh
	Große WG	276 GWh
	<i>In Summe</i>	<i>691 GWh</i>
Solarthermie		
	<i>In Summe (bei jeweils 6 m²)</i>	<i>305 GWh</i>
Gesamt		1.806 GWh
Raumheizungssystem (davon etwa 75% Kombianlagen aus BW und RW)		
Wärmepumpen		
	<i>In Summe</i>	<i>1.008 GWh</i>
Brennwertkessel		
	Kleine WG	980 GWh
	Große WG	405 GWh
	<i>In Summe</i>	<i>1.385 GWh</i>
Fernwärme		
	<i>In Summe</i>	<i>596 GWh</i>
Solarthermie		
	<i>In Summe (bei jeweils 20 m²)</i>	<i>2.130 GWh</i>
Gesamt		6.504 GWh
Gebäudehülle im Neubau (ausschließlich zusätzliche Einsparungen durch Hülle, nicht durch effiziente Haustechnik)		
1- und 2 Familienhäuser		
	Niedrigstenergiehaus	1.315 GWh
	Passivhaus	95 GWh
	<i>In Summe</i>	<i>1.410 GWh</i>
Brennwertkessel		
	Niedrigstenergiehaus	225 GWh
	Passivhaus	26 GWh
	<i>In Summe</i>	<i>251 GWh</i>
Gesamt		1.661 GWh

Quelle: eigene Berechnungen

WG ... Wohngebäude

BW ... Brauchwasser

RW ... Raumwärme

Tabelle 8.6-7: Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor im Jahr 2016 – Seite 2/3

Thermische Gebäudesanierung		
Einzelmaßnahmen		
BP: vor 1945	605 GWh	
BP: 1945-1970	664 GWh	
BP: nach 1970	375 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>1.644 GWh</i>	
Umfassende Sanierung		
BP: vor 1945	752 GWh	
BP: 1945-1970	2.022 GWh	
BP: nach 1970	178 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>2.951 GWh</i>	
Gesamtsanierung		
BP: vor 1945	881 GWh	
BP: 1945-1970	1.146 GWh	
BP: nach 1970	0 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>2.027 GWh</i>	
Gesamt	6.622 GWh	
Wärmeverteilungssystem		
Effiziente Umwälzpumpe		
<i>in Summe</i>	<i>442 GWh</i>	
Heizkörperthermostate		
Altbau	513 GWh	
Sanierter Altbau	222 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>735 GWh</i>	
Zentrale Heizungsregelung		
Altbau	690 GWh	
Sanierter Altbau	897 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>1.587 GWh</i>	
Dämmung von Warmwasserrohren		
Brauchwasser	42 GWh	
Heizung	776 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>819 GWh</i>	
Gesamt	3.583 GWh	
Beleuchtung		
Leuchtmitteltausch ohne Lampenwechsel		
auf Energiesparlampe	780 GWh	
auf IRC-Halogenlampe	332 GWh	
auf Dreibandleuchtstoffröhre	14 GWh	
Gesamt	1.126 GWh	

Quelle: eigene Berechnungen

BP ... Bauperiode

Tabelle 8.6-8: Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor im Jahr 2016 – Seite 3/3

Elektrische Haushaltsgeräte		
Tausch und Anschaffung effizienter Neugeräte		
Wäschetrockner	50 GWh	
Kühlschrank	357 GWh	
Gefriergerät	189 GWh	
Geschirrspüler	80 GWh	
Waschmaschine	135 GWh	
Gesamt	812 GWh	
Stand-by Verbrauch		
Gesamt	1.073 GWh	
Personenverkehr		
Forcierung öff. Verkehr		
Elek. Stadtverkehr	114 GWh	
Busse	358 GWh	
Schiene	155 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>627 GWh</i>	
Wechsel Antriebstechnik PKW		
Erdgasfahrzeug	132 GWh	
Hybridtechnologie	414 GWh	
<i>In Summe</i>	<i>546 GWh</i>	
Gesamt	1.173 GWh	
Gesamt	24.360 GWh	

Quelle: eigene Berechnungen

8.6.2 Potentiale im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion

Zunächst werden diese Potentiale für die Reduzierung des jährlichen Endenergieverbrauchs im Jahr 2016 im Vergleich zum Jahr 2008 für den Dienstleistungssektor und die Sachgüterproduktion in Tabelle 8.6-9 dargestellt.

Erneut weist der **Themenblock Raumwärme** (*Raumwärmebereitung, Verteilung und thermische Sanierung*) mit 5.355 GWh die höchsten Einsparpotentiale aus.

Im Bereich des **Themenblocks elektrischen Anwendungen** (*Beleuchtung, Druckluftoptimierung, Klimaanlage und Ventilation, Optimierung von Pumpensystemen und Prozesskälte*) sind im Jahr 2016 jährliche Einsparungen von 4.960 GWh potentiell möglich.

Wie bereits in Kapitel 4.8 angesprochen, sind große Energieeinsparungen im **Themenblock Güterverkehr** nur durch strukturelle Maßnahmen mit langfristigem Charakter erzielbar. Die hier dargestellten Potentiale zur Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs im Jahr 2016 von 720 GWh im Vergleich zum Jahr 2008 sind demnach relativ gering im Vergleich zum Gesamtverbrauch in diesem Sektor von etwa 26.000 GWh (ohne Kerosin und Flüssiggas).

Tabelle 8.6-9: Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion im Jahr 2016

Im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion		
	Beleuchtung	
	Gesamt	1.150 GWh
	Druckluftoptimierung	
	Gesamt	460 GWh
	Klimaanlagen und Ventilation	
	Gesamt	1.600 GWh
	Optimierung von Pumpensystemen	
	Gesamt	650 GWh
	Prozesskälte	
	Gesamt	1.102 GWh
	Thermische Sanierung	
	Gesamt	2.403 GWh
	Raumwärmebereitung und Verteilung	
	Gesamt	2.952 GWh
	Güterverkehr	
	Gesamt	720 GWh
	Gesamt	11.037 GWh

8.7 Investitionskosten und energetische Einsparungen der betrachteten Strategien

Im Folgenden werden die Wirkungen der analysierten Energieeffizienz-Strategien und die damit verbundenen Investitionskosten dargestellt. Die Definition der Strategien und deren genaue Analyse befindet sich in den Kapiteln 5 und 6, eine tabellarische Auflistung der Eckdaten befindet sich zusätzlich in Tabelle 8.4-1 bis Tabelle 8.4-3 in dieser Zusammenfassung.

Wie in Kapitel 4.8 beschrieben, sind Energieeffizienz-Verbesserungen im Bereich der Güterlogistik nur mit großen Strukturprogrammen zu realisieren. Diese verlangen in den ersten Implementierungsjahren hohe Investitionen, die energetischen Einsparungen werden jedoch erst nach Fertigstellung der (Teil-)Projekte wirksam. Dies ist nur in einem sehr geringen Umfang vor dem Zieljahr der Richtlinie 2016 möglich. Diese Einsparungen den bis dahin aufgewandten Ausgaben gegenüber zu stellen, ergäbe ein stark verzerrtes Bild der langfristigen Kosten-Nutzen Beziehung in aggregierten Darstellungen der Energieeffizienz-Strategien. Die Autoren haben sich deshalb entschlossen, den Bereich der Güterlogistik von der Evaluierung der Strategien auszunehmen. Alle nachfolgenden Darstellungen sind deshalb jeweils ohne Maßnahmen im Bereich der Güterlogistik zu verstehen.

8.7.1 Erwartete energetische Einsparungen

Zunächst werden in Tabelle 8.7-1 die unter der jeweiligen Strategie erwarteten Einsparungen aufgeteilt nach Haushaltssektor, Dienstleistungssektor sowie der Sachgüterproduktion dargestellt. Es wird deutlich, dass die Summe dieser Einsparungen der betrachteten Sektoren zwar eine Zielerreichung (22.330 GWh) möglich macht, diese jedoch nicht unter allen Strategien erreicht wird. Jedoch soll an dieser Stelle auch explizit darauf hingewiesen werden, dass Österreich bereits vor Beginn der Richtlinienumsetzung im Jahr 2008 Anstrengungen zur Verbesserung der Endenergieeffizienz unternommen hat und diese sog. Early Actions auf das Richtlinienziel angerechnet werden können. In welchem Umfang es Österreich gelingt seine vor 2008 erreichten Energieeffizienz-Verbesserungen geltend zu machen, trägt demnach wesentlich dazu bei, wie ambitioniert das Einsparziel zu interpretieren ist. Müsste das Einsparziel ausschließlich durch die hier analysierten Strategien und ausschließlich im Zeitraum von 2008-2016 erbracht werden, erscheinen nur die Strategien IMF-US mid und IMF-US high als geeignet.

8.7.2 Erwartete Ausgaben der Umsetzung

Tabelle 8.7-2 stellt die erwarteten Ausgaben für die Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen unter den betrachteten Strategien im Zeitraum 2008-2016 dar. Diese Ausgaben sind dabei die Summe aus aufgewendeten Eigenmitteln des Endkunden und etwaigen Förderungen. Nicht enthalten in diesen Ausgaben sind die Aufwendungen für die

Administration der Strategie. Die erwarteten Ausgaben (Summe der jährlichen Ausgaben) liegen dabei zwischen 13,7 Mrd. € und 34,8 Mrd. €. Die volkswirtschaftlichen Effekte dieser Investitionstätigkeiten werden in Kapitel 8.8 zusammenfassend dargestellt.

8.7.3 Erwartete Maßnahmenkosten und erwartete reduzierte Energieausgaben

Tabelle 8.7-3 stellt die erwarteten Ausgaben bzw. Investitionen in Energieeffizienz-Maßnahmen den dadurch reduzierten Ausgaben für Energie in den jeweiligen Jahren gegenüber. Die erwarteten Ausgaben übersteigen dabei während der Richtlinienlaufzeit jeweils die erwartete Reduzierung der Energieausgaben. Dies zeigt primär, dass der kurze Horizont der Richtlinie von 9 Jahren zwar geeignet ist, um ein rasches Handeln der Mitgliedsstaaten zu forcieren, im Zusammenhang mit der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienz-Programmen jedoch zu kurz ist. Auch wenn zahlreiche Energieeffizienz-Maßnahmen unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten bereits nach wenigen Jahren amortisiert sind, müssen im Rahmen der ESD die Anstrengungen und damit die Investitionstätigkeit bis zum letzten Jahr der Richtlinie 2016 intensiviert werden, um eine Zielerreichung zu ermöglichen. Daraus ergibt sich für den Zeitraum der Richtlinie zwangsläufig ein Investitionsbedarf, der die erwartete Reduzierung der Energieausgaben im selben Zeitraum übersteigt.

8.7.4 Erwartete Maßnahmenkosten pro anrechenbarer Energieeinheit

Tabelle 8.7-4 stellt die Kostenparameter der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Bezug zur einzelnen Energieeinheit dar. Die durchschnittlichen Kosten in energieeffiziente Technologien reichen dabei je nach Strategie von 129 bis 143 Cent je anrechenbarer kWh im Jahr 2016. Dies bedeutet, dass zwischen 2008 und 2016 durchschnittlich etwa 135 Cent investiert werden müssen, um im Jahr 2016 eine kWh auf das Einsparziel anrechnen zu können. Die installierte Energieeffizienz-Maßnahme spart dabei jedoch vor, während und nach 2016 Energie, so dass sich diese Kosten in einer betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise (und nicht hinsichtlich Anrechenbarkeit auf die Richtlinie) auf die Lebensdauer der Energieeffizienz-Maßnahme verteilen. Gerade bei Maßnahmen mit langer Lebensdauer sind dabei oft hohe Rentabilitäten festzustellen (siehe Kapitel 3 und 4).

8.7.5 Energetische Einsparungen nach Energieträgern

Tabelle 8.7-5 stellt die erwarteten Einsparungen der analysierten Strategien aufgeteilt nach Energieträgern dar. Besonders interessant erscheinen hier die prozentuellen Anteile der durch die Strategien realisierten Einsparungen am (Richtlinien-relevanten) Verbrauch des Jahres 2005. Während in der ambitioniertesten Strategie, IMF-US high, eine Reduzierung des Energieverbrauchs bei allen anderen Energieträgern um mehr als 10%

gegenüber dem business-as-usual Szenario erwartet werden kann, ist es mit den hier analysierten Energieeffizienz-Maßnahmen nicht möglich den Verbrauch von Fahrzeugtreibstoffen in ausreichenden Dimensionen zu verringern. Wie mehrmals beschrieben sind für eine Reduzierung des Straßenverkehrs strukturelle Maßnahmen unumgänglich, soll hier eine echte Trendwende erreicht werden. Vor allem im Bereich der Güterlogistik⁹³, aber auch im Bereich des öffentlichen Verkehrs erscheint der Horizont bis 2016 dafür nicht ausreichend.

⁹³ Wie eingangs erwähnt, sind die Maßnahmen im Bereich der Güterlogistik auf Grund ihrer langen Vorlaufzeiten und hohen Investitionskosten vor deren Wirksamwerdung nicht in der Analyse der Energieeffizienz-Strategien enthalten.

Tabelle 8.7-1: Energetische Einspareffekte der fünf analysierten Energieeffizienz-Strategien zwischen 2008 und 2016 (ohne Berücksichtigung von Early Actions)

Erwartete energetische Einsparungen der jeweiligen Energieeffizienz-Strategie										
Jahr	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.
2008	462 GWh	316 GWh	638 GWh	506 GWh	638 GWh	633 GWh	638 GWh	696 GWh	638 GWh	886 GWh
2009	925 GWh	633 GWh	1.315 GWh	1.013 GWh	1.315 GWh	1.266 GWh	1.315 GWh	1.392 GWh	1.315 GWh	1.772 GWh
2010	1.597 GWh	949 GWh	2.677 GWh	1.519 GWh	2.635 GWh	1.899 GWh	2.677 GWh	2.089 GWh	2.635 GWh	2.659 GWh
2011	2.288 GWh	1.266 GWh	4.213 GWh	2.026 GWh	4.048 GWh	2.533 GWh	4.213 GWh	2.786 GWh	4.048 GWh	3.546 GWh
2012	3.280 GWh	1.582 GWh	5.897 GWh	2.531 GWh	7.794 GWh	3.164 GWh	5.897 GWh	3.480 GWh	7.794 GWh	4.430 GWh
2013	4.350 GWh	1.898 GWh	7.777 GWh	3.037 GWh	10.329 GWh	3.796 GWh	7.777 GWh	4.176 GWh	10.329 GWh	5.315 GWh
2014	5.489 GWh	2.215 GWh	9.829 GWh	3.543 GWh	13.023 GWh	4.429 GWh	9.829 GWh	4.872 GWh	13.023 GWh	6.201 GWh
2015	6.589 GWh	2.531 GWh	12.102 GWh	4.049 GWh	15.741 GWh	5.062 GWh	12.102 GWh	5.568 GWh	15.741 GWh	7.086 GWh
2016	7.746 GWh	2.848 GWh	14.602 GWh	4.557 GWh	18.656 GWh	5.696 GWh	14.602 GWh	6.266 GWh	18.656 GWh	7.974 GWh

Interpretation:

Tabelle 8.7-1 zeigt jene jährlichen Einsparungen, die unter der jeweiligen Energieeffizienz-Strategie zu erwarten sind. So kann bspw. davon ausgegangen werden, dass bei Einführung von ambitionierten Mindeststandards der Endenergieverbrauch der Haushalte zum Ende des Jahres 2016 um 7.746 GWh unter jenem Endenergieverbrauch zum Ende des Jahres 2016 liegt, der ohne Einführung dieser Mindeststandards zu erwarten wäre.

Um anrechenbare Einsparungen im ungefähr selben Ausmaß im Bereich von Dienstleistungssektor und Sachgüterproduktion zu generieren, nämlich 7.974 GWh, müsste Strategie IMF-US high

angewendet werden – intensive monetäre Förderung (50%) bei gleichzeitiger Einführung von Mindeststandards.

Das Einsparziel für Österreich liegt bei 22.330 GWh im Jahr 2016. Dieses Ziel wird laut Tabelle 8.7-1 (Summe der Einsparungen der Haushalte und Dienstl./Sachg. im Jahr 2016) durch die Strategien IMF-US mid und IMF-US high erreicht. Die mögliche Anrechnung von Early Actions ist in dieser Darstellung nicht berücksichtigt.

Tabelle 8.7-2: Darstellung der Ausgaben für die Durchführung von Energieeffizienz-Maßnahmen in den fünf analysierten Strategien

Erwartete Ausgaben für Energieeffizienz-Maßnahmen in der jeweiligen Energieeffizienz-Strategie (Gesamtsumme aus aufgewendeten Eigenmitteln und Förderungen)										
Jahr	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.	Haushalte	Dienstl. / Sachg.
2008	648 Mio. €	325 Mio. €	992 Mio. €	519 Mio. €	992 Mio. €	649 Mio. €	992 Mio. €	714 Mio. €	992 Mio. €	909 Mio. €
2009	648 Mio. €	325 Mio. €	1.074 Mio. €	519 Mio. €	1.074 Mio. €	649 Mio. €	1.074 Mio. €	714 Mio. €	1.074 Mio. €	909 Mio. €
2010	648 Mio. €	325 Mio. €	2.010 Mio. €	519 Mio. €	1.654 Mio. €	649 Mio. €	2.010 Mio. €	714 Mio. €	1.654 Mio. €	909 Mio. €
2011	736 Mio. €	325 Mio. €	2.288 Mio. €	519 Mio. €	1.883 Mio. €	649 Mio. €	2.288 Mio. €	714 Mio. €	1.883 Mio. €	909 Mio. €
2012	1.370 Mio. €	325 Mio. €	2.552 Mio. €	519 Mio. €	3.707 Mio. €	649 Mio. €	2.552 Mio. €	714 Mio. €	3.707 Mio. €	909 Mio. €
2013	1.539 Mio. €	325 Mio. €	2.889 Mio. €	519 Mio. €	3.932 Mio. €	649 Mio. €	2.889 Mio. €	714 Mio. €	3.932 Mio. €	909 Mio. €
2014	1.666 Mio. €	325 Mio. €	3.221 Mio. €	519 Mio. €	4.148 Mio. €	649 Mio. €	3.221 Mio. €	714 Mio. €	4.148 Mio. €	909 Mio. €
2015	1.744 Mio. €	325 Mio. €	3.652 Mio. €	519 Mio. €	4.420 Mio. €	649 Mio. €	3.652 Mio. €	714 Mio. €	4.420 Mio. €	909 Mio. €
2016	1.779 Mio. €	325 Mio. €	4.125 Mio. €	519 Mio. €	4.768 Mio. €	649 Mio. €	4.125 Mio. €	714 Mio. €	4.768 Mio. €	909 Mio. €
Summe	10.778 Mio. €	2.925 Mio. €	22.803 Mio. €	4.671 Mio. €	26.578 Mio. €	5.841 Mio. €	22.803 Mio. €	6.426 Mio. €	26.578 Mio. €	8.181 Mio. €

Interpretation:

Tabelle 8.7-2 zeigt die jährlichen Ausgaben für Energieeffizienz-Maßnahmen, die unter der jeweiligen Strategie voraussichtlich getätigt werden. So wird bspw. unter allen Strategien im Haushaltssektor ein starker Anstieg der Ausgaben für Energieeffizienz-Maßnahmen erwartet. Akzeptanz und Durchführungsbereitschaft steigen hier mit der Laufzeit der Programme. Im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion ist unter den getroffenen Annahmen hinsichtlich Energiepreisentwicklung und einer konstanten Förderquote innerhalb der Strategien keine Dynamisierung der

Investitionsentwicklung zu erwarten. Die Wirkung der Programme ist also über deren Laufzeit als homogen zu betrachten.

Tabelle 8.7-3: Ausgaben für Energieeffizienz-Maßnahmen und dadurch reduzierte Ausgaben für Energie in den fünf analysierten Strategien

Gegenüberstellung von investiven Kosten für Energieeffizienz-Maßnahmen und dadurch reduzierte Ausgaben für Energie von 2008 bis 2016

Jahr	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
	Investive Kosten	Reduzierte Energiekosten	Investive Kosten	Reduzierte Energiekosten	Investive Kosten	Reduzierte Energiekosten	Investive Kosten	Reduzierte Energiekosten	Investive Kosten	Reduzierte Energiekosten
2008	973 Mio. €	55 Mio. €	1.511 Mio. €	92 Mio. €	1.641 Mio. €	103 Mio. €	1.706 Mio. €	109 Mio. €	1.901 Mio. €	125 Mio. €
2009	973 Mio. €	110 Mio. €	1.593 Mio. €	188 Mio. €	1.723 Mio. €	211 Mio. €	1.788 Mio. €	222 Mio. €	1.983 Mio. €	255 Mio. €
2010	973 Mio. €	211 Mio. €	2.529 Mio. €	339 Mio. €	2.303 Mio. €	404 Mio. €	2.724 Mio. €	389 Mio. €	2.563 Mio. €	471 Mio. €
2011	1.061 Mio. €	298 Mio. €	2.807 Mio. €	500 Mio. €	2.532 Mio. €	587 Mio. €	3.002 Mio. €	567 Mio. €	2.791 Mio. €	676 Mio. €
2012	1.695 Mio. €	403 Mio. €	3.071 Mio. €	671 Mio. €	4.356 Mio. €	920 Mio. €	3.266 Mio. €	754 Mio. €	4.615 Mio. €	1.031 Mio. €
2013	1.863 Mio. €	516 Mio. €	3.408 Mio. €	858 Mio. €	4.581 Mio. €	1.176 Mio. €	3.603 Mio. €	958 Mio. €	4.841 Mio. €	1.309 Mio. €
2014	1.990 Mio. €	635 Mio. €	3.740 Mio. €	1.057 Mio. €	4.797 Mio. €	1.444 Mio. €	3.935 Mio. €	1.173 Mio. €	5.057 Mio. €	1.599 Mio. €
2015	2.069 Mio. €	753 Mio. €	4.171 Mio. €	1.270 Mio. €	5.069 Mio. €	1.708 Mio. €	4.366 Mio. €	1.403 Mio. €	5.329 Mio. €	1.889 Mio. €
2016	2.104 Mio. €	875 Mio. €	4.644 Mio. €	1.497 Mio. €	5.417 Mio. €	1.992 Mio. €	4.839 Mio. €	1.647 Mio. €	5.677 Mio. €	2.191 Mio. €

Interpretation:

Tabelle 8.7-3 zeigt die jährlichen Ausgaben für Energieeffizienz-Maßnahmen und die durch diese Maßnahmen erzielte Reduzierung der Ausgaben für Energie.

Auch wenn die investiven Maßnahmenkosten die reduzierten Energiekosten im Beobachtungszeitraum übersteigen, sind die Maßnahmen unter den angenommenen Parametern im Durchschnitt über ihre Lebensdauer rentabel. Das Richtlinien-Zieljahr 2016 macht eine rasche Investitionstätigkeit notwendig, auch wenn die

Einsparungen zu einem großen Teil erst nach 2016 zu einer Reduktion der Ausgaben für Energie führen.

Doch selbst wenn die Reduzierung der Ausgaben für Energie während der Richtliniendauer die Investitionen noch nicht kompensieren, zeigt Kapitel 8.8 bereits während der Jahre 2008 – 2016 ein gesamtwirtschaftlich positives Bild der Energieeffizienz-Strategien.

Tabelle 8.7-4: Einsparungen, Gesamtkosten und Kosten je Energieeinheit der analysierten Strategien

Anrechenbare Einsparungen im Zieljahr der Richtlinie 2016 und monetäre Parameter der jeweiligen Strategie					
Strategie	gesamte anrechenbare Einsparung in 2016	Gesamtausgaben für Energieeffizienz- Maßnahmen	davon Förderungen	Gesamtausgaben je anrechenbarer kWh	davon Förderung je anrechenbarer kWh
Mindeststandards	10.593 GWh	13.699 Mio. €	876 Mio. €	129,3 Cent	6,4 Cent
IMF mid	19.156 GWh	27.476 Mio. €	13.442 Mio. €	143,4 Cent	48,9 Cent
IMF-US mid	24.349 GWh	32.420 Mio. €	12.708 Mio. €	133,1 Cent	39,2 Cent
IMF high	20.865 GWh	29.229 Mio. €	14.785 Mio. €	140,1 Cent	50,6 Cent
IMF-US high	26.627 GWh	34.756 Mio. €	14.460 Mio. €	130,5 Cent	41,6 Cent

Interpretation:

Tabelle 8.7-4 zeigt die erwarteten anrechenbaren Einsparungen der jeweiligen Strategie im Richtlinien-Zieljahr 2016 und die Kostenparameter deren Umsetzung.

Die Gesamtausgaben je anrechenbarer kWh beschreiben die notwendigen und einmal anfallenden Investitionen um genau eine kWh Endenergie im Jahr 2016 weniger zu verbrauchen, als dies ohne diese Maßnahme der Fall wäre. Da diese Energieeinheit jedoch nicht nur im Jahr 2016 eingespart wird (wenn sie auch nur im Jahr 2016 auf das Richtlinienziel anrechenbar ist) sparen diese Maßnahmen je nach Art und Lebensdauer der Maßnahme über bis zu 25 Jahre Energiekosten (siehe Kapitel 3 und 4).

Deutlich ersichtlich ist, das Szenario „Mindeststandards“ ist hinsichtlich notwendiger Förderungen die am kostengünstigste Variante. Die notwendigen Gesamtausgaben für die Umsetzung fallen beinahe vollständig beim Endkunden – und nicht beim Fördergeber – an. Akzeptanz und finanzielle Machbarkeit, sowie soziale Ausgewogenheit sind damit jedoch als kritisch zu betrachten.

Weiters ist mit dieser Strategie auch in der beschriebenen ambitionierten Festlegung der Mindeststandards lediglich eine Einsparung im Zieljahr der Richtlinie von 10.593 GWh zu erzielen. Selbst bei vollständiger Anrechnung der von Österreich beanspruchten Early Actions bzw. Early Savings [198] im Ausmaß von ca. 9.600 GWh ist das Einsparziel von 22.330 GWh nicht bzw. nur bei unerwartet positiver Entwicklung der Endenergieeffizienz im Zeitraum 2008-2016 zu erreichen.

Tabelle 8.7-5: Anrechenbare Einsparungen im Zieljahr der Richtlinie nach Energieträgern

Erwartete anrechenbare Einsparungen im Zieljahr der Richtlinie 2016 durch die analysierten Energieeffizienz-Strategien							
Absolut in GWh							
Strategie	elektrische Energie	Naturgas	Fahrzeug Treibstoffe	Heizöle	Erneuerbare	Kohle und -Kohleprodukte	Sonstige
Mindeststandards	3.160 GWh	2.385 GWh	108 GWh	1.820 GWh	2.658 GWh	246 GWh	216 GWh
IMF mid	4.100 GWh	2.860 GWh	2.892 GWh	3.512 GWh	4.994 GWh	434 GWh	364 GWh
IMF-US mid	6.210 GWh	3.769 GWh	2.935 GWh	4.251 GWh	6.189 GWh	540 GWh	454 GWh
IMF high	4.677 GWh	3.351 GWh	2.957 GWh	3.589 GWh	5.315 GWh	511 GWh	463 GWh
IMF-US high	6.980 GWh	4.424 GWh	3.022 GWh	4.354 GWh	6.618 GWh	642 GWh	586 GWh
Prozentuell zum Richtlinien-relevanten Endenergieverbrauch des Jahres 2005 (über den gesamten Umsetzungszeitraum)							
Strategie	elektrische Energie	Naturgas	Fahrzeug Treibstoffe	Heizöle	Erneuerbare	Kohleprodukte	Sonstige
Mindeststandards	7,0%	6,0%	0,1%	6,8%	6,4%	12,0%	6,2%
IMF mid	9,1%	7,2%	2,9%	13,1%	12,0%	21,2%	10,4%
IMF-US mid	13,7%	9,4%	3,0%	15,8%	14,9%	26,3%	12,9%
IMF high	10,3%	8,4%	3,0%	13,4%	12,8%	24,9%	13,2%
IMF-US high	15,4%	11,1%	3,1%	16,2%	15,9%	31,3%	16,7%

Interpretation:

Tabelle 8.7-5 zeigt die anrechenbaren Einsparungen im Zieljahr der Richtlinie 2016 unter der jeweiligen Strategie aufgeteilt nach Energieträgern im Vergleich zu jenem Energieverbrauch, der ohne Durchführung der Strategie im Jahr 2016 zu erwarten wäre.

Für eine Energieform mit durchschnittlich hohen Zuwachsraten wie elek. Energie (ca. 1,5% im 10-Jahres Durchschnitt) bedeutet dies, dass selbst in der ambitionierten Strategie IMF-US high keine

Reduktion des Absolutverbrauchs unter das Niveau von 2008 zu erwarten ist.

Bei rückläufigen Energieträgern wie Kohle und Kohleprodukten ist jedoch mit einem deutlichen Absinken des Absolutverbrauchs unter das Niveau von 2008 zu rechnen.

8.8 Volkswirtschaftliche Effekte der betrachteten Strategien

In Kapitel 7 dieser Studie werden die volkswirtschaftlichen Effekte der Energieeffizienz-Strategien detailliert analysiert. Im Folgenden werden diese Effekte für die drei Variablen *Bruttoinlandsprodukt*, *Beschäftigung* und *energiebezogene Einnahmen* des Staates tabellarisch dargestellt und diskutiert.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss erneut darauf hingewiesen werden, dass diese im Vergleich zum business-as-usual Szenario zu verstehen sind. Die ausgewiesenen Werte geben demnach den Unterschied zur Entwicklung der betrachteten Variablen im jeweiligen Jahr in einer Situation ohne die Durchführung der analysierten Energieeffizienz-Strategie an.

Die Analysen zeigen deutlich, dass beide ökonomischen Schlüsselvariablen, Bruttoinlandsprodukt (Tabelle 8.8-1) und Beschäftigung (Tabelle 8.8-2), positiv von verstärkten Investitionen in energieeffiziente Technologien beeinflusst werden. Investitionen in diesem Bereich werden in überdurchschnittlichem Maß in der heimischen Wirtschaft wirksam und Energieeffizienz-Maßnahmen werden häufig durch arbeitsintensive Branchen erbracht. Die hier analysierten Energieeffizienz-Strategien können in diesem Licht deshalb nicht nur als Instrumentarium zur Zielerreichung für die ESD verstanden werden, sondern vielmehr als integraler Bestandteil einer zukunftsorientierten und ökologisch nachhaltigen Konjunkturpolitik.

Tabelle 8.8-1: Erwartete Effekte der analysierten Strategien auf das Bruttoinlandsprodukt zwischen 2008 und 2016

Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt (absolut)										
	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
Quote der Finanzierung durch Rücklagen und Sparsumme	33%	100%	33%	100%	33%	100%	33%	100%	33%	100%
	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €
2008	831	1.323	1.506	2.170	1.735	2.496	2.081	2.774	2.484	3.290
2009	1.118	1.754	2.071	2.948	2.361	3.362	2.811	3.719	3.321	4.371
2010	1.296	1.989	3.161	4.127	3.038	4.316	3.994	4.994	4.115	5.447
2011	1.423	2.184	3.816	4.867	3.476	4.936	4.695	5.780	4.609	6.124
2012	1.701	2.850	4.296	5.435	5.009	6.855	5.211	6.385	6.185	8.086
2013	1.911	3.306	4.777	6.012	5.814	7.899	5.723	6.994	7.028	9.168
2014	2.082	3.638	5.254	6.596	6.310	8.567	6.230	7.608	7.560	9.873
2015	2.227	3.889	5.796	7.268	6.751	9.167	6.801	8.310	8.039	10.512
2016	2.351	4.076	6.388	8.014	7.225	9.821	7.423	9.085	8.549	11.202
Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt (in% vom nominellem BIP bei angenommenen 2,5% jährlichem Wirtschaftswachstum)										
	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %
2008	0,29	0,47	0,53	0,77	0,62	0,89	0,74	0,98	0,88	1,17
2009	0,39	0,61	0,72	1,02	0,82	1,16	0,97	1,29	1,15	1,51
2010	0,44	0,67	1,07	1,39	1,03	1,46	1,35	1,69	1,39	1,84
2011	0,47	0,72	1,26	1,60	1,15	1,63	1,55	1,90	1,52	2,02
2012	0,55	0,92	1,38	1,75	1,61	2,20	1,67	2,05	1,99	2,60
2013	0,60	1,04	1,50	1,89	1,82	2,48	1,79	2,19	2,20	2,87
2014	0,64	1,11	1,61	2,02	1,93	2,62	1,91	2,33	2,31	3,02
2015	0,66	1,16	1,73	2,17	2,01	2,74	2,03	2,48	2,40	3,14
2016	0,68	1,19	1,86	2,33	2,10	2,86	2,16	2,65	2,49	3,26

Inhalt und getroffene Annahmen:

Tabelle 8.8-1 stellt die Effekte der analysierten Strategien auf das Bruttoinlandsprodukt zwischen 2008 und 2016 dar. Diese Effekte verstehen sich jeweils als Differenz zum business-as-usual Szenario, also jener Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes ohne die, durch diese Strategien initialisierten, Investitionen in die Erhöhung der Energieeffizienz.

Zur Interpretation dieser Resultate sind jeweils die Annahmen über die Finanzierung dieser Maßnahmen von großer Bedeutung. Mit Ausnahme der Strategie „Mindeststandards“ – die beinahe die gesamte Investitionslast auf den Endkunden überträgt – treten in allen Strategien sowohl der Endkunde als auch der Staat als Finanzierungspartner auf. Die jeweilige Höhe der Investitionen auf Seiten der Endkunden und die Beteiligung des Staates in Form von Förderungen ist Tabelle 8.7-4 zu entnehmen.

Die Finanzierung der staatlichen Förderungen kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen: 1.) durch eine Ausgabenverschiebung und 2.) durch eine entsprechende (Neu-)Verschuldung. Die hier dargestellten Berechnungen legen eine Finanzierung durch Alternative 2.) zu Grunde, d. h. es erfolgt keine Reaktion bzw. Anpassung von anderen öffentlichen Ausgaben und Einnahmen.

Die Finanzierung der Maßnahmen auf Endkundenseite (private Haushalte und Unternehmen bzw. öff. Hand) kann auf drei Arten erfolgen: 1.) durch einen Zugriff auf Rücklagen und angespartes Vermögen und 2.) durch eine Kreditfinanzierung und 3.) durch eine Verminderung der Ausgaben für andere Güter / Investitionen. Im Rahmen der hier erfolgten Berechnungen werden jeweils zwei unterschiedliche Quoten der Finanzierung aus Rücklagen / Sparsummen bzw. Krediten dargestellt: ein Szenario mit 33%-iger Quote, sowie ein Szenario mit 100%-iger Quote.

Bei 33%-iger Quote bedeutet dies, dass 67% der notwendigen Investitionen auf Endkundenseite (also nach Abzug der

Förderungen) durch eine Verminderung der Ausgaben in andere

Güter finanziert wird. Bei 100%-iger Quote erfolgt keine solche Ausgabenverschiebung und die Investitionen in die Energieeffizienz werden vollständig zusätzlich mobilisiert.

Interpretation:

Tabelle 8.8-1 zeigt, dass alle Strategien einen deutlich positiven Einfluss auf das Bruttoinlandsprodukt, und damit auf das Wirtschaftswachstum, aufweisen.

Aus den Zahlen wird ersichtlich, dass eine Finanzierung der Maßnahmen auf Seiten der Endkunden durch ein Zurückgreifen auf Rücklagen / Sparsummen bzw. durch Kredite das BIP positiver beeinflusst, als dies bei einem hohen Anteil der Finanzierung durch Ausgabenverschiebungen der Fall ist.

Weiters zeigt sich, dass die progressive Ausrichtung der Strategien mit ständiger Intensivierung der Investitionsanreize das Wirtschaftswachstum bis 2016 jährlich beschleunigt.

Noch einmal soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die BIP Effekte in Tabelle 8.8-1 nur dann voll wirksam werden, wenn die Finanzierung der staatlichen Förderungen zu 100% durch (Neu-) Verschuldung erfolgt. Die gleichzeitige Implementierung der hier dargestellten Strategien und weitreichender politischer Maßnahmen zur Gegenfinanzierung, wie einer Ökologisierung des Steuersystems – Stichwort: CO₂-Steuer – bedürfen einer gesonderten Betrachtung.

Tabelle 8.8-2: Erwartete zusätzliche Arbeitsplätze durch die analysierten Strategien zwischen 2008 und 2016

Effekte auf den Arbeitsmarkt (zusätzliche Vollzeitäquivalente)										
	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
Quote der Finanzierung durch Rücklagen und Sparsumme	33%	100%	33%	100%	33%	100%	33%	100%	33%	100%
	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ	in VZÄ
2008	3.500	6.400	6.400	10.400	7.600	12.400	9.200	13.700	11.200	16.600
2009	4.700	8.300	8.800	13.800	10.200	16.000	12.300	17.700	14.700	21.000
2010	4.800	8.400	10.900	16.200	11.000	17.500	14.400	20.100	15.600	22.700
2011	4.900	8.600	13.200	18.800	11.900	19.100	16.600	22.600	16.600	24.300
2012	5.600	10.600	14.000	20.100	15.500	24.300	17.500	24.000	20.300	29.700
2013	6.400	12.600	15.200	21.800	18.800	28.800	18.800	25.800	23.900	34.400
2014	6.700	13.400	16.600	23.800	19.300	29.900	20.200	27.800	24.700	35.800
2015	7.100	14.100	18.200	26.000	20.300	31.600	21.800	30.100	25.800	37.700
2016	7.400	14.800	20.000	28.600	21.600	33.700	23.700	32.700	27.400	40.200
Effekte auf den Arbeitsmarkt (Veränderung in %-Punkten zur Arbeitslosenquote*)										
	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkte	%-Punkten	%-Punkte
2008	-0,08	-0,15	-0,15	-0,25	-0,18	-0,29	-0,22	-0,32	-0,26	-0,39
2009	-0,11	-0,20	-0,21	-0,32	-0,24	-0,38	-0,29	-0,42	-0,34	-0,49
2010	-0,11	-0,20	-0,26	-0,38	-0,26	-0,41	-0,34	-0,47	-0,37	-0,53
2011	-0,12	-0,20	-0,31	-0,44	-0,28	-0,45	-0,39	-0,53	-0,39	-0,57
2012	-0,13	-0,25	-0,33	-0,47	-0,36	-0,57	-0,41	-0,56	-0,48	-0,70
2013	-0,15	-0,30	-0,36	-0,51	-0,44	-0,68	-0,44	-0,61	-0,56	-0,81
2014	-0,16	-0,31	-0,39	-0,56	-0,45	-0,70	-0,48	-0,65	-0,58	-0,84
2015	-0,17	-0,33	-0,43	-0,61	-0,48	-0,74	-0,51	-0,71	-0,61	-0,89
2016	-0,17	-0,35	-0,47	-0,67	-0,51	-0,79	-0,56	-0,77	-0,64	-0,94

Quelle: eigene Berechnungen

*Labor Force Konzept, Datengrundlage: Erwerbspersonen 2008 (4,25 Mio. Personen)

VZÄ: Vollzeitäquivalente

Inhalt und getroffene Annahmen:

Tabelle 8.8-2 stellt die Effekte der analysierten Strategien auf den Arbeitsmarkt zwischen 2008 und 2016 dar. Diese Effekte verstehen sich jeweils als Differenz zum business-as-usual Szenario, also jener Entwicklung des Arbeitsmarktes ohne die, durch diese Strategien initialisierten, Investitionen in die Erhöhung der Energieeffizienz.

Zur Interpretation dieser Resultate sind jeweils die Annahmen über die Finanzierung dieser Maßnahmen von großer Bedeutung. Mit Ausnahme der Strategie „Mindeststandards“ – die beinahe die gesamte Investitionslast auf den Endkunden überträgt – treten in allen Strategien sowohl der Endkunde als auch der Staat als Finanzierungspartner in auf. Die jeweilige Höhe der Investitionen auf Seiten der Endkunden und die Beteiligung des Staates in Form von Förderungen ist Tabelle 8.7-4 zu entnehmen.

Die Finanzierung der staatlichen Förderungen kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen: 1.) durch eine Ausgabenverschiebung und 2.) durch eine entsprechende (Neu-)Verschuldung. Die hier dargestellten Berechnungen legen eine Finanzierung durch Alternative 2.) zu Grunde, d. h. es erfolgt keine Reaktion bzw. Anpassung von anderen öffentlichen Ausgaben und Einnahmen.

Die Finanzierung der Maßnahmen auf Endkundenseite (private Haushalte und Unternehmen bzw. öff. Hand) kann auf drei Arten erfolgen: 1.) durch einen Zugriff auf Rücklagen und angespartes Vermögen und 2.) durch eine Kreditfinanzierung und 3.) durch eine Verminderung der Ausgaben für andere Güter / Investitionen. Im Rahmen der hier erfolgten Berechnungen werden jeweils zwei unterschiedliche Quoten der Finanzierung aus Rücklagen / Sparsummen bzw. Krediten dargestellt: ein Szenario mit 33%-iger Quote, sowie ein Szenario mit 100%-iger Quote.

Bei 33%-iger Quote bedeutet dies, dass 67% der notwendigen Investitionen auf Endkundenseite (also nach Abzug der Förderungen) durch eine Verminderung der Ausgaben in andere

Güter finanziert wird. Bei 100%-iger Quote erfolgt keine solche Ausgabenverschiebung und die Investitionen in die Energieeffizienz werden vollständig zusätzlich mobilisiert.

Interpretation:

Tabelle 8.8-1 zeigt, dass alle Strategien einen deutlich positiven Einfluss auf das Beschäftigungsniveau aufweisen.

Investitionen in die Energieeffizienz werden in arbeitsintensiven Branchen wirksam. Weiters werden durch die eingesparten Energiekosten finanzielle Mittel frei, die eine weitere Verschiebung von Konsum und Investitionen von den weniger arbeitsintensiven Bereichen Energieproduktion und Energieimport in arbeitsmarktintensivere Bereiche unterstützt.

Insgesamt betrachtet lässt sich für die hier analysierten Strategien zeigen, dass eine Verringerung der Arbeitslosenquote in der Größenordnung von 0,5 bis 1,0%-Punkte unter das Niveau des business-as-usual Szenarios bis zum Jahr 2016 erreichen lässt. Die hier dargestellten Energieeffizienz-Strategien, vor allem jene mit Intensivierung der Förderungen, können demnach als wichtiger Beitrag zur langfristigen Belebung des Arbeitsmarktes verstanden werden.

Tabelle 8.8-3: Auswirkungen der analysierten Strategien auf energiebezogene Einnahmen der öff. Hand zwischen 2008 und 2016

Effekte auf energiebezogene Steuern und Abgaben (absolut)										
	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
Quote der Finanzierung durch Rücklagen und Sparsumme	33%	100%	33%	100%	33%	100%	33%	100%	33%	100%
	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €
2008	-9	-6	-15	-10	-16	-10	-14	-9	-14	-9
2009	-24	-22	-42	-38	-46	-42	-46	-42	-53	-48
2010	-50	-47	-94	-89	-123	-118	-102	-98	-122	-117
2011	-72	-69	-148	-144	-197	-191	-162	-157	-191	-184
2012	-100	-95	-206	-201	-305	-297	-224	-219	-294	-286
2013	-129	-124	-271	-265	-400	-392	-294	-288	-382	-373
2014	-160	-154	-339	-333	-502	-493	-367	-361	-476	-466
2015	-191	-185	-411	-405	-603	-593	-444	-437	-569	-559
2016	-223	-217	-487	-480	-708	-698	-524	-517	-665	-654
Effekte auf energiebezogene Steuern und Abgaben (in % vom Einnahmenwert 2008*)										
	Mindeststandards		IMF mid		IMF-US mid		IMF high		IMF-US high	
	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %	In %
2008	-0,07	-0,05	-0,12	-0,08	-0,13	-0,08	-0,11	-0,07	-0,11	-0,07
2009	-0,20	-0,18	-0,34	-0,31	-0,38	-0,34	-0,38	-0,34	-0,43	-0,39
2010	-0,41	-0,39	-0,77	-0,73	-1,01	-0,97	-0,84	-0,80	-1,00	-0,96
2011	-0,59	-0,57	-1,21	-1,18	-1,62	-1,57	-1,33	-1,29	-1,57	-1,51
2012	-0,82	-0,78	-1,69	-1,65	-2,50	-2,43	-1,84	-1,80	-2,41	-2,34
2013	-1,06	-1,02	-2,22	-2,17	-3,28	-3,21	-2,41	-2,36	-3,13	-3,06
2014	-1,31	-1,26	-2,78	-2,73	-4,12	-4,04	-3,01	-2,96	-3,90	-3,82
2015	-1,57	-1,52	-3,37	-3,32	-4,94	-4,86	-3,64	-3,58	-4,66	-4,58
2016	-1,83	-1,78	-3,99	-3,94	-5,80	-5,72	-4,30	-4,24	-5,45	-5,36

Quelle: eigene Berechnungen

*Summe aus MwSt.-Einnahmen auf Energie, MÖSt., Energieabgabe (Kohle, Gas, Strom); eigene Berechnung

Inhalt und getroffene Annahmen:

Tabelle 8.8-3 stellt die Effekte der analysierten Strategien auf energiebezogene Einnahmen des Staates zwischen 2008 und 2016 dar. Diese Effekte verstehen sich jeweils als Differenz zum business-as-usual Szenario, also jener Entwicklung dieser Einnahmenkategorie ohne die, durch diese Strategien initialisierten, Investitionen in die Erhöhung der Energieeffizienz.

Zur Interpretation dieser Resultate sind jeweils die Annahmen über die Finanzierung dieser Maßnahmen von großer Bedeutung. Mit Ausnahme der Strategie „Mindeststandards“ – die beinahe die gesamte Investitionslast auf den Endkunden überträgt – treten in allen Strategien sowohl der Endkunde als auch der Staat als Finanzierungspartner in auf. Die jeweilige Höhe der Investitionen auf Seiten der Endkunden und die Beteiligung des Staates in Form von Förderungen ist Tabelle 8.7-4 zu entnehmen.

Die Finanzierung der staatlichen Förderungen kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen: 1.) durch eine Ausgabenverschiebung und 2.) durch eine entsprechende (Neu-)Verschuldung. Die hier dargestellten Berechnungen legen eine Finanzierung durch Alternative 2.) zu Grunde, d. h. es erfolgt keine Reaktion bzw. Anpassung von anderen öffentlichen Ausgaben und Einnahmen.

Die Finanzierung der Maßnahmen auf Endkundenseite (private Haushalte und Unternehmen bzw. öff. Hand) kann auf drei Arten erfolgen: 1.) durch einen Zugriff auf Rücklagen und angespartes Vermögen und 2.) durch eine Kreditfinanzierung und 3.) durch eine Verminderung der Ausgaben für andere Güter / Investitionen. Im Rahmen der hier erfolgten Berechnungen werden jeweils zwei unterschiedliche Quoten der Finanzierung aus Rücklagen / Sparsummen bzw. Krediten dargestellt: ein Szenario mit 33%-iger Quote, sowie ein Szenario mit 100%-iger Quote.

Bei 33%-iger Quote bedeutet dies, dass 67% der notwendigen Investitionen auf Endkundenseite (also nach Abzug der

Förderungen) durch eine Verminderung der Ausgaben in andere Güter finanziert wird. Bei 100%-iger Quote erfolgt keine solche Ausgabenverschiebung und die Investitionen in die Energieeffizienz werden vollständig zusätzlich mobilisiert.

Interpretation:

Der Staat lukriert wesentliche Einnahmen aus der Besteuerung von Energie. Die Reduzierung des Energieverbrauchs führt deshalb unweigerlich zu einer Reduzierung der Einnahmen in diesem Bereich. Die hier analysierten Strategien zielen zudem wesentlich auf eine Verminderung fossiler Energieträger ab, die einer höheren Besteuerung unterliegen als regenerative Energieträger.

Die sich daraus ergebenden Einnahmefälle betragen bis zu über 5% der vom Staat lukrierten energiebezogenen Steuern und Abgaben im Vergleich zum business-as-usual Szenario. Die gleichzeitige Implementierung der hier dargestellten Strategien und weitreichender politischer Maßnahmen zur Gegenfinanzierung, wie einer Ökologisierung des Steuersystems – Stichwort: CO₂-Steuer – werden hier nicht betrachtet und bedürfen einer gesonderten Evaluierung.

8.9 Prioritäre To-Do's der österreichischen Energieeffizienz-Politik für ein Erreichen der Ziele der Energieeffizienz-Richtlinie 2006/32/EG

Die Ziele der europäischen Energieeffizienz-Richtlinie 2006/32/EG zu erreichen ist für Österreich möglich, verlangt aber eine massive Intensivierung der bisherigen Aktivitäten in diesem Bereich. Die Potentiale im Bereich der Energieeffizienz der hier analysierten Maßnahmen übersteigen das Einsparziel zwar um knapp 50%, jedoch ist im Umkehrschluss damit auch eine Ausschöpfung dieser Potentiale zu etwa 2/3 notwendig, um alleine mit diesen Maßnahmen die sich aus Richtlinie 2006/32/EG ergebenden Verpflichtungen Österreichs zu erfüllen. Eine Potentialausschöpfung von 2/3 ist jedoch nur unter Maximierung der Anstrengungen und mittels massiver förderpolitischer Instrumente zu realisieren.

Die Analysen zeigen, dass förderpolitische Instrumente am wirksamsten in der Kombination mit der Einführung von Mindeststandards sind. Solche Mindeststandards für die Energieeffizienz von Energieverbrauchsgesetzen und -systemen, sowohl im Haushaltsbereich als auch im Unternehmensbereich bzw. der öff. Hand, schaffen die Möglichkeit ineffiziente Verbrauchseinheiten vollständig vom Markt zu verdrängen und unterstützen die Entwicklung neuer energieeffizienter Technologien. Besonderes Augenmerk sollte in diesem Zusammenhang auch auf eine europäische Lösung zur Einführung von Mindeststandards gelegt werden, um breiten Druck auf die Hersteller von energieverbrauchenden Geräten und -systemen herzustellen.

Neben der Darstellung von Einsparpotentialen und der Wirksamkeit unterschiedlicher Intensitäten bei monetären Förderungen von Energieeffizienz-Maßnahmen, untersucht diese Studie auch die ökonomischen Effekte dieser Maßnahmen. Dabei zeigt sich deutlich, dass die hier dargestellten Energieeffizienz-Strategien nicht nur wirksame Instrumente zur Verringerung des Energieverbrauchs und der Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen sind, sondern auch als Programme zur Stärkung der Konjunktur und des Arbeitsmarktes verstanden werden können. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Investitionen in die Energieeffizienz in überdurchschnittlichem Maße in arbeitsintensiven Branchen wirksam werden. Weiters werden durch die eingesparten Energiekosten finanzielle Mittel frei, die eine weitere Verschiebung von Konsum und Investitionen von den weniger arbeitsintensiven Bereichen Energieproduktion und Energieimport in arbeitsmarkintensivere Bereiche unterstützt.

Aus den Resultaten der vorliegenden Studie leiten die Autoren im Folgenden eine Reihe prioritärer To-Do's für die österreichische Energiepolitik ab, um die Ziele der Energieeffizienz-Richtlinie erreichen zu können und den Energieverbrauch in Österreich nachhaltig zu senken.

- Early Actions and Early Savings:

Österreich hat bereits in den Jahren vor 2008 Energieeffizienz mit wesentlichen finanziellen Mitteln gefördert (z.B. Wohnbauförderung). Diese Anstrengungen können (fast) vollständig auf das Einsparziel angerechnet werden und erleichtern

eine Zielerreichung somit wesentlich. Bisher ist jedoch keine Quantifizierung dieser Early Savings erfolgt, die jedoch die Voraussetzung für eine Anrechnung ist.

To-Do 1: Eine Quantifizierung der Early Savings muss ehest erfolgen. Diese Early Savings sollten bereits im 2. Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan der Republik Österreich (Juni 2011) an die europäische Kommission angeführt werden. Nur so kann eine Anrechnung sichergestellt und die Erreichung der Ziele damit wesentlich unterstützt werden.

- **Rasche Entscheidungsfindung für EE-Strategie**

Die in dieser Studie durchgeführten Analysen zeigen, dass die Ziele der ESD nur zu erreichen sind, wenn rasch und progressive gehandelt wird. In diesem Sinn sollte die Strategie für ein solches Handeln möglichst bald genau festgelegt werden, um ein Inkrafttreten der sich daraus ergebenden Regime nicht weiter zu verzögern.

To-Do 2: Rasche Entscheidung für eine Energieeffizienz-Strategie. Nur bei unverzüglichem Handeln kann der Erfolg der hier beschriebenen Strategien im Hinblick auf die relativ kurze Laufzeit der Richtlinie als gesichert angesehen werden.

- **Präzise Ausarbeitung der Einzel-Instrumente**

Die in dieser Studie analysierten Strategien beschreiben mögliche Förderhöhen und Art der notwendigen Mindeststandards. Eine detaillierte Ausarbeitung der einzelnen Förderinstrumente und Grenzwerte für Energieverbrauchsgeräte kann in einer Betrachtung wie dieser nicht erfolgen. Vor allem im Bereich von Mindeststandards existieren in Österreich dazu kaum ausreichende Strukturen (außerhalb des Baubereichs), um ein solches System etablieren zu können. Um hier noch während der Laufzeit der Richtlinie Einsparungen erzielen zu können, ist ein rascher Aufbau dieser Strukturen notwendig. Vor allem ist hier auch eine breite Einbindung der Stakeholder auf dem Gebiet notwendig.

To-Do 3.a: Schaffung eines geordneten Prozesses zur Ausarbeitung der spezifischen Förderinstrumente und Grenzwerte für Energieverbrauchsgeräte und deren Anwendungsgebiete unter Einbindung der Stakeholder.

To-Do 3.b: Rasche Schaffung von Strukturen zur fortlaufenden Festlegung und Administration von Mindeststandards für Energieverbrauchsgeräte und –Systeme. Das japanische Top-Runner Programm kann hier als Vorbild dienen, wenn Mindeststandards auf europäischer Ebene eingeführt werden.

- **Soziale Verträglichkeit der Maßnahmen prüfen**

Die Einführung von Mindeststandards zwingt Haushalte zum Kauf von Geräten, die unter Umständen teurer sind als jene mit einer geringeren Energieeffizienz. Dies kann einerseits dazu führen, dass ineffiziente Geräte länger in den Haushalten verbleiben, andererseits kann dies auch zu zusätzlichen finanziellen Belastungen

für wirtschaftlich schlechtergestellte Haushalte führen. Um bei Einführung von Mindeststandards die soziale Ausgewogenheit nicht zu gefährden, muss dieser Umstand bei der Entwicklung der Instrumente und Maßnahmen mitberücksichtigt werden.

To-Do 4: Berücksichtigung von sozialen Aspekten bei der Ausgestaltung von Mindeststandards und Förderinstrumenten.

■ **Finanzierung der Förderungen**

Je nach gewählter Energieeffizienz-Strategie werden staatliche Fördermittel in unterschiedlicher Höhe benötigt. Im Rahmen dieser Studie wird nicht davon ausgegangen, dass diese Fördermittel kostenneutral – also durch Umschichtung der Budgetmittel – finanziert werden können. Als eine Möglichkeit für die Finanzierung der Förderungen bei gleichzeitigen synergetischen Effekten auf den Energieverbrauch wird die Einführung einer Besteuerung von Treibhausgasen gesehen. In diesem Zusammenhang erscheint es essentiell, dass sowohl die wirtschaftlichen Effekte als auch die dadurch erzielbaren zusätzlichen Einsparungen vorab genau analysiert werden um das ökonomisch effizienteste System entwickeln zu können.

To-Do 5: Entwicklung von Instrumenten zur Finanzierung der Förderungen und genau Analyse der ökonomischen Effekte dieser Instrumente zur Optimierung deren Wirkung und Verträglichkeit.

9 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 3.1-1:	Defaultwerte für den Wärmebedarf im Neubau ohne Warmwasserbereitung	14
Tabelle 3.1-2:	Defaultwerte für den Wärmebedarf in Neubauten mit Warmwasserbereitung	15
Tabelle 3.1-3:	Jahresnutzungsgrad für gasbefeuerte Brennwertkessel (bezogen auf H_U)	16
Tabelle 3.1-4:	Jahresnutzungsgrad für Pelletskessel.....	16
Tabelle 3.1-5:	Jahresnutzungsgrade von Wärmepumpen im Neubau.....	17
Tabelle 3.1-6:	Übersichtstabelle der Endenergieeinsparungen im Neubau zwischen den Heizsystemen Wärmepumpe mit integrierter Warmwasserbereitung	18
Tabelle 3.1-7:	Gesamtkosten der Implementierung einer WP-Technologie (WP mit Warmwasserbereitung, ohne Wärmeverteilungssysteme), Neubau	20
Tabelle 3.1-8:	Gesamtkosten der Implementierung eines Heizsystems Erdgas (mit Brennwertkessel, ohne Wärmeverteilungssysteme), Neubau	20
Tabelle 3.1-9:	Gesamtkosten der Implementierung eines Heizsystems Pellets (mit Pelletskessel, ohne Wärmeverteilungssysteme), Neubau	21
Tabelle 3.1-10:	Investitionskostendifferenz der Wärmepumpen-Systeme zu den Referenz-Systemen Erdgasbrennwertkessel und Pelletskessel, Neubau	21
Tabelle 3.1-11:	Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle eines Erdgasbrennwertkessels (mit gleichzeitiger Warmwasseraufbereitung, ohne Berücksichtigung von Verteilungssystemen), Neubau.....	22
Tabelle 3.1-12:	Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Pelletsheizung (mit gleichzeitiger Warmwasseraufbereitung, ohne Berücksichtigung von Verteilungssystemen), Neubau.....	24
Tabelle 3.1-13:	Defaultwerte für den Wärmebedarf in Altbauten ohne Warmwasserbereitung	28
Tabelle 3.1-14:	Defaultwerte für Jahresnutzungsgrade von Elektroheizungen.....	29
Tabelle 3.1-15:	Jahresnutzungsgrade von Wärmepumpen im Altbau, Mindestförderung lt. oö. Wohnbauförderung	30
Tabelle 3.1-16:	Defaultwerte für den Wärmebedarf in Altbauten mit Warmwasserbereitung	32
Tabelle 3.1-17:	Übersichtstabelle Endenergieeinsparungen bei verschiedenen Szenarien ohne integrierter Warmwasserbereitung	33
Tabelle 3.1-18:	Übersichtstabelle Endenergieeinsparungen bei verschiedenen Szenarien mit integrierter Warmwasserbereitung.....	34
Tabelle 3.1-19:	Modellannahmen für den Heizungstausch im sanierten Altbau	36
Tabelle 3.1-20:	Recherchierte Kostenaufstellung für verschiedene Wärmepumpensysteme (ohne Warmwasserbereitung) für Modellannahmen aus Tabelle 3.1-19.	37
Tabelle 3.1-21:	Recherchierte Kostenaufstellung für verschiedene	

	Wärmepumpensysteme (mit Warmwasserbereitung)	39
Tabelle 3.1-22:	Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Elektrospeicher- oder einer Nachtspeicherheizung	41
Tabelle 3.1-23:	Kosteneffizienz der Installation einer Wärmepumpe anstelle einer Elektrodirektheizung	42
Tabelle 3.1-24:	Fernwärmeanteile nach Bundesländer in Jahren 2004, 2006 (Anzahl Wohnungen)	51
Tabelle 3.1-25:	Fernwärmeanteile nach Bundesländer im Jahr 2007 (Anzahl Wohnungen)	55
Tabelle 3.1-26:	Werte für Anschlusskosten	57
Tabelle 3.1-27:	Werte für Zählermiete	58
Tabelle 3.1-28:	Heizkostenvergleich Fernwärme/Ölheizung- Beispiel 1	59
Tabelle 3.1-29:	Heizkostenvergleich Fernwärme/Ölheizung-Beispiel 2.....	60
Tabelle 3.1-30:	Vergleich der Investitionskosten.....	61
Tabelle 3.1-31:	Jährlicher Wärmebedarf (inkl. Warmwasserwärmebedarf) nach Zustand und Größe eines Hauses	62
Tabelle 3.1-32:	Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von Ölheizung auf Fernwärme	63
Tabelle 3.1-33:	Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von Gasheizung auf Fernwärme	63
Tabelle 3.1-34:	Jährlicher Endenergieverbrauch und Einsparungspotentiale beim Umstieg von Pellets auf Fernwärme	64
Tabelle 3.1-35:	Vergleich jährlicher Verbrauchskosten zwischen Fernwärme und Referenzsystemen	65
Tabelle 3.1-36:	Kosteneffizienz des Fernwärmeanschlusses (Kostenvergleich inkl. Betriebs- und Investitionskosten)	66
Tabelle 3.1-37:	Kosten von Brennwertkesseln.....	71
Tabelle 3.1-38:	Anschaffungskosten der Heizungsanlagen (mit Brennwertkessel, ohne Wärmeverteilungssysteme).....	72
Tabelle 3.1-39:	Jährlicher Nutzwärmebedarf (inkl. Warmwasserwärmebedarf) nach Zustand und Größe eines Hauses	73
Tabelle 3.1-40:	Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von einer herkömmlichen Gasheizung auf einen Gas- Brennwertkessel	74
Tabelle 3.1-41:	Jährlicher Endenergieverbrauch (EEV) und Einsparungspotentiale beim Umstieg von einer herkömmlichen Ölheizung auf einen Öl- Brennwertkessel	75
Tabelle 3.1-42:	Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten modernen Gas- und Öl-Brennwertkessels	76
Tabelle 3.1-43:	Sammlung von Endenergieverbräuchen von Umwälzpumpen und daraus abgeleitete Einsparwerte.....	83
Tabelle 3.1-44:	Abschätzung der Gesamtkosten für den Austausch von Umwälzpumpen	84
Tabelle 3.1-45:	Abschätzung der Gesamtkosten für den Austausch von elektrischer	

	Warmwassererzeugung durch Luft-Wärmepumpen	88
Tabelle 3.1-46:	Defaultwerte für die Bereitschaftsverluste von elektrischen Warmwasserboilern.	90
Tabelle 3.1-47:	Kosten für Anschaffung und Installation effizienter elektrischer Warmwasserboiler.	91
Tabelle 3.1-48:	Investitionskosten und monetäre Ersparnis effizienter elektrischer Warmwasserboiler.	92
Tabelle 3.1-49:	Individuelle Kosteneffizienz eines Systems für Solarthermie im Barwertvergleich. Alle Kosten und Annahmen sind im Text dargestellt.	97
Tabelle 3.1-50:	Kostenrelevanz der derzeitigen durchschnittlichen Förderung	98
Tabelle 3.1-51:	Jährliches Gesamteinsparpotential durch die Installation von Solarthermie	100
Tabelle 3.1-52:	Bauteile, Flächen und U-Werte der Modellgebäude 1a und 1b (Bestand)	104
Tabelle 3.1-53:	Bauteile, Flächen und U-Werte der Modellgebäude 2a und 2b	106
Tabelle 3.1-54:	Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch Fenster- und Außentürentausch.....	108
Tabelle 3.1-55:	Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch Dämmung der Kellerdecke	109
Tabelle 3.1-56:	Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch thermische Sanierung der obersten Geschoßdecke	111
Tabelle 3.1-57:	Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch Dämmung der Außenwände	112
Tabelle 3.1-58:	Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch thermische Sanierung...	114
Tabelle 3.1-59:	Jährliches Heizwärmeeinsparpotential durch eine Gesamtsanierung..	116
Tabelle 3.1-60:	Übersicht des Energieeinsparpotentials der einzelnen Maßnahmen ...	117
Tabelle 3.1-61:	Barwert der Energieeinsparungen durch Tausch von Fenster und Außentüren, verschiedene Szenarien	123
Tabelle 3.1-62:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Fenster- und Außentürentausch über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss	123
Tabelle 3.1-63:	Barwert der Energieeinsparungen durch Dämmung der Kellerdecke, verschiedene Szenarien	125
Tabelle 3.1-64:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Kellerdeckendämmung über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, mit und ohne MwSt	126
Tabelle 3.1-65:	Barwert der Energieeinsparungen durch Dämmung der obersten Geschoßdecke, verschiedene Szenarien.....	128
Tabelle 3.1-66:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der obersten Geschoßdecke über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss	128
Tabelle 3.1-67:	Barwert der Energieeinsparungen durch Dämmung der Außenwände, verschiedene Szenarien	131
Tabelle 3.1-68:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1959	131

Tabelle 3.1-69:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1970	132
Tabelle 3.1-70:	Barwert der Energieeinsparungen durch umfassende thermische Sanierung, verschiedene Szenarien	132
Tabelle 3.1-71:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1959	133
Tabelle 3.1-72:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Dämmung der Außenwände über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, Modellgebäude BJ 1970	133
Tabelle 3.1-73:	Kosteneffizient realisierbare umfassende thermische Sanierungen unter den verschiedenen Szenarien.....	135
Tabelle 3.1-74:	Barwert der Energieeinsparungen durch eine Gesamtsanierung, verschiedene Szenarien	136
Tabelle 3.1-75:	Kumulierte Kosten der Maßnahme Gesamtsanierung über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, mit und ohne MwSt, Modellgebäude BJ 1959	136
Tabelle 3.1-76:	Kumulierte Kosten der Gesamtsanierung über die Kreditlaufzeit, mit und ohne Annuitätenzuschuss, mit und ohne MwSt, Modellgebäude BJ 1970	137
Tabelle 3.1-77:	Kosteneffizient realisierbare Gesamtsanierungen unter den verschiedenen Szenarien.....	138
Tabelle 3.1-78:	Anrechenbare Einsparungen bei hocheffizienten Gebäudehüllen	140
Tabelle 3.1-79:	Jährliche, erwartete Einsparung beim Einsatz von Heizkörperthermostaten.....	148
Tabelle 3.1-80:	Jährliche, erwartete Einsparung beim Einsatz einer zentralen Heizungsregelung.....	148
Tabelle 3.1-81:	Errechnung der Kosteneffizienz der Investitionen in Heizkörperthermostate.....	149
Tabelle 3.1-82:	Jährliches Einsparpotential der Investition zum effizienteren Einsatz von Heizsystemen durch zentrale Heizungsregelung bei 18,26 Cent je kWh Heizenergie.....	150
Tabelle 3.1-83:	Errechnung der Kosteneffizienz von Investitionen in zentrale Heizungsregelungssysteme	150
Tabelle 3.1-84:	Abschätzung der Heizungsrohrleitungslänge	152
Tabelle 3.1-85:	Mittlere Heizkreistemperaturen	152
Tabelle 3.1-86:	Verlustwärmeströme für die ungedämmte bzw. gedämmte Rohrleitung im Fußboden	155
Tabelle 3.1-87:	Einfluss der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes und der Dämmstoffstärke auf den Wärmedurchgangskoeffizienten	159
Tabelle 3.1-88:	Einsparungen durch die Dämmung von Rohrleitungen im Wohnbau bei zuvor vollständig unisolierten Rohren.....	162
Tabelle 3.1-89:	Kosten für nachträgliche Rohrleitungsdämmmaßnahmen (Armacell) ..	163

Tabelle 3.1-90:	Kosten für nachträgliche Rohrleitungsmaßnahmen (Armacell) ..	164
Tabelle 3.1-91:	Vergleich Kühlschränke ohne Gefrierfach	169
Tabelle 3.1-92:	Vergleich Kühlschrank mit Gefrierfach (*/**)	170
Tabelle 3.1-93:	Vergleich Gefrierschrank.....	170
Tabelle 3.1-94:	Stromverbrauch und Einsparpotential in kWh eines Kühlschranks mit/ohne Gefrierfach und Gefrierschrank	171
Tabelle 3.1-95:	Durchschnittliche jährliche Betriebskosten und Einsparpotentiale in € von Kühlschrank mit/ohne Gefrierfach und Gefrierschrank	171
Tabelle 3.1-96:	Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Kühlschranks ohne Gefrierfach.....	172
Tabelle 3.1-97:	Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Kühlschranks mit Gefrierfach	172
Tabelle 3.1-98:	Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Gefrierschranks	173
Tabelle 3.1-99:	Durchschnittlicher Energieverbrauch von Waschmaschinen nach Energieeffizienz-Klassen.....	174
Tabelle 3.1-100:	Vergleich effiziente-ineffiziente Waschmaschinen mit Füllmenge < 6 kg	176
Tabelle 3.1-101:	Vergleich effiziente-ineffiziente Waschmaschinen mit Füllmenge = 6 kg	176
Tabelle 3.1-102:	Vergleich effiziente-ineffiziente Waschmaschinen mit Füllmenge > 6 kg	177
Tabelle 3.1-103:	Stromkosten in Abhängigkeit vom Haushaltstyp	178
Tabelle 3.1-104:	Altersstruktur der Waschmaschinen in österreichischen Haushalten ..	179
Tabelle 3.1-105:	Stromesparnispotential durch Ersatz von alten Geräten gegen neuen effizienten	180
Tabelle 3.1-106:	Stromverbrauch von Waschmaschinen, Vergleich	181
Tabelle 3.1-107:	Rentabilität höherer Anschaffungskosten einer hocheffizienten Waschmaschine	182
Tabelle 3.1-108:	Energieeffizienz-Klassen Wäschetrockner	186
Tabelle 3.1-109:	Vergleich effizienter-ineffizienter Wäschetrockner.....	187
Tabelle 3.1-110:	Stromverbrauch von Wäschetrocknern, Vergleich.....	188
Tabelle 3.1-111:	Rentabilität höherer Anschaffungskosten für hocheffiziente Wäschetrockner	188
Tabelle 3.1-112:	Durchschnittlicher Energieverbrauch von Geschirrspülern nach Energieeffizienz-Klassen.....	190
Tabelle 3.1-113:	Vergleich effiziente-ineffiziente Einbaugeschirrspülern mit der Breite von 45 cm.....	191
Tabelle 3.1-114:	Vergleich effiziente-ineffiziente Einbaugeschirrspülern mit der Breite von 60 cm.....	191
Tabelle 3.1-115:	Vergleich effiziente-ineffiziente Standgeschirrspülern mit der Breite von 45 cm.....	192
Tabelle 3.1-116:	Vergleich effiziente-ineffiziente Standgeschirrspülern mit der Breite von 60 cm.....	192

Tabelle 3.1-117: Stromkosten in Abhängigkeit vom Haushaltstyp	193
Tabelle 3.1-118: Altersstruktur von Geschirrspülern in österreichischen Haushalten.....	194
Tabelle 3.1-119: Stromverbrauch von Geschirrspülern, Vergleich	195
Tabelle 3.1-120: Rentabilität höherer Anschaffungskosten eines hocheffizienten Geschirrspülers.....	196
Tabelle 3.1-121: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Elektroherden pro Backgang, konventionelle Beheizung, Vergleich	199
Tabelle 3.1-122: Durchschnittlicher Stromverbrauch Elektroherde, pro Backgang, Umluft/Heizluft, Vergleich	200
Tabelle 3.1-123: Energieeinsparung pro Jahr, Vergleich effiziente / ineffiziente Geräte.	200
Tabelle 3.1-124: Funktionsbetrieb verschiedener Kochfelder, Energiebedarf bei Erhitzen von Wasser.....	202
Tabelle 3.1-125: Einsparpotential beim Tausch von Kochfeldern in einem Jahr	202
Tabelle 3.1-126: Einsparpotential beim Tausch von Kochfeldern in 15 Jahren	203
Tabelle 3.1-127: Monetäre Einsparung durch Nutzung einer Induktionskochplatte im Vergleich zu konventionellen Technologien	203
Tabelle 3.1-128: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für hocheffiziente Elektroherde	204
Tabelle 3.1-129: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Induktionskochplatten, konventionelle Glaskeramik	205
Tabelle 3.1-130: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Induktionskochplatten, gusseiserne Kochplatten.....	205
Tabelle 3.1-131: Faktoren, welche die Inanspruchnahme öffentlicher Verkehrsmittel beeinflussen.....	207
Tabelle 3.1-132: Durchschnittlicher Energieverbrauch für Arten individuellen und öffentlichen Verkehrs	209
Tabelle 3.1-133: Einsparmöglichkeit durch Intensivierung des öffentlichen Verkehrs in kWh pro Personenkilometer	210
Tabelle 3.1-134: Motive der Verkehrsmittelwahl nach gewähltem Verkehrsmittel, in Prozent, mit Rang. Die Angaben der PKW-Nutzer ergeben stellen Angaben von Fahrrern und Mitfahrern dar.	212
Tabelle 3.1-135: durchschnittlicher Bahnkilometer-Tarif (ÖBB, lt. Homepage am 5.3.2009)	214
Tabelle 3.1-136: Kosten- und Energieersparnis durch den Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel.....	215
Tabelle 3.1-137: Hybride Fahrzeuge in Europa	217
Tabelle 3.1-138: Erdgasbetriebene Fahrzeuge in Europa.....	218
Tabelle 3.1-139: Diesel-/Benzinfahrzeuge in Europa.....	219
Tabelle 3.1-140: Verbrauch, Kosten und Einsparungen von Hybridfahrzeuge	220
Tabelle 3.1-141: Verbrauch, Kosten und Einsparungen von Erdgasfahrzeugen	220
Tabelle 3.1-142: Einsparung durch Hybridfahrzeug.....	221
Tabelle 3.1-143: Mehrkosten Erdgasfahrzeuge zu Diesel-/Benzinfahrzeuge	222
Tabelle 3.1-144: Monetäre Ersparnis durch Erdgasfahrzeug	223
Tabelle 3.1-145: Umstiegsmöglichkeiten von herkömmlichen Lampen auf effiziente	

Neugeräte	225
Tabelle 3.1-146: Leistungsangaben gleich leuchtstarker Energiesparlampen und Glühlampen	226
Tabelle 3.1-147: Leistungsangaben gleich leuchtstarker IRC-Halogenlampen und herkömmlicher Halogenlampen.....	227
Tabelle 3.1-148: Vergleich verschiedener Lampentypen	229
Tabelle 3.1-149: Tauschszenarien	231
Tabelle 3.1-150: Stromverbrauch von unterschiedlichen Lampentypen bei 1.000 Betriebsstunden jährlich, Vergleich	231
Tabelle 3.1-151: Beispielhafter Preisvergleich von Leuchtmitteln	232
Tabelle 3.1-152: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Energiesparlampen	233
Tabelle 3.1-153: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für IRC-Halogenlampen.....	233
Tabelle 3.1-154: Rentabilität höherer Anschaffungskosten für Dreiband-Leuchtstoffröhren	233
Tabelle 3.1-155: Rentabilität höherer Anschaffungskosten bei Lampentausch im Durchschnitt.....	233
Tabelle 3.1-156: Vergleich der Leistungsaufnahme im Stand-by Betrieb von LCD- Monitoren.....	238
Tabelle 3.1-157: Jährlicher Stromverbrauch von Tintenstrahldruckern im Stand-by-Betrieb	238
Tabelle 3.1-158: Stromverbrauch von Fernsehern bei Betrieb und Stand-by.....	239
Tabelle 3.1-159: Stand-by Verbrauch von TV-Zubehör im Vergleich	239
Tabelle 3.1-160: Stromkosten von TV- und EDV-Geräten im Stand-by Betrieb pro Jahr	240
Tabelle 3.1-161: Stand-by Verbrauch und Einsparpotentiale bei Unterhaltungselektronik und EDV-Geräten	241
Tabelle 3.1-162: Energieeinsparungen durch Energieberatungen	245
Tabelle 3.1-163: Ergebnis der Erhebung	246
Tabelle 3.1-164: Ergebnis der Erhebung	248
Tabelle 3.2-1: Umsetzungswahrscheinlichkeiten von vorgeschlagenen Maßnahmen	250
Tabelle 3.2-2: Spezifische energetische Einsparungen in kWh pro Jahr.....	251
Tabelle 3.2-3: Energie-Einsparungspotential bis 2016 durch thermische Gebäudesanierungen	252
Tabelle 3.2-4: Bewilligte Wohnungen in neuen Wohngebäuden und Bruttogeschoßflächen neuer Gebäude (vorläufige Ergebnisse)	253
Tabelle 3.2-5: Einsparpotentiale durch die Gebäudehülle von Niedrigstenergie- und Passivhäusern	253
Tabelle 3.2-6: OIB Richtlinie 6: Mindestdämmstärke	256
Tabelle 3.2-7: Verluste des Verteilsystems bei unterschiedlichen Dämmstärken (DN=20 mm). Berechnung gemäß ÖNORM H 5056.....	257
Tabelle 3.2-8: Leitungslängen von Warmwasser-Rohrleitungen in Wohngebäuden. Quelle: Pech (Hrsg), 2007.....	257
Tabelle 3.2-9: Potential an Bruttogeschoßfläche, Wohneinheiten und Wohngebäuden zur Dämmung von Warmwasser- und Heizungsrohren.	258
Tabelle 3.2-10: Wohneinheiten mit elektrischer Heizung oder Warmwasseraufbereitung	

	in Österreich 2008.....	260
Tabelle 3.2-11:	Warmwasserbereitstellung mit Erdgas und Erdöl.....	261
Tabelle 3.2-12:	Realistische Obergrenzen netzgebundener Wärmenachfrage	262
Tabelle 3.2-13:	Unterstellte Obergrenzen für Wärmepumpen zur Raumwärmebereitstellung	262
Tabelle 3.2-14:	Potential an zusätzliche Wohneinheiten die sich bis 2016 mit Brennwertgeräten beheizen lassen.....	262
Tabelle 3.2-15:	Potential an solarthermischen Anlagen.....	263
Tabelle 3.2-16:	Potential an austauschbaren Beleuchtungskörpern bis 2016.....	265
Tabelle 3.2-17:	Potential an Haushalten die den Stand-by Verlust bis 2016 reduzieren können.....	266
Tabelle 3.2-18:	Bestand von ausgewählten Haushalts-Elektrogeräten in Österreich ...	267
Tabelle 3.2-19:	Potential an installierbaren effizienten Geräten bis 2016.....	267
Tabelle 3.2-20:	Gegenüberstellung der österreichischen Zulassungen im Basisszenario bzw. Förderszenario.	269
Tabelle 3.2-21:	Zusätzliche Fahrzeugzulassungen im Förderszenario	269
Tabelle 3.2-22:	Trendentwicklungen und Szenarien der Bundesländer für den öffentlichen Verkehr	270
Tabelle 3.2-23:	Aufteilung von Weganteilen und Verkehrsmitteln	271
Tabelle 3.2-24:	Annahmen zur Entwicklung des ÖPNV	272
Tabelle 3.2-25:	Anstieg des ÖPNRV im dargestellten Szenario.....	272
Tabelle 3.2-26:	Zuordnung der zusätzlichen Verkehrsleistung.....	273
Tabelle 4.1-1:	Endkundenpreise ausgewählter Energieträger für Großkunden.....	276
Tabelle 4.2-1:	Mögliche Einsparungen an Betriebsstunden von Beleuchtungsanlagen	277
Tabelle 4.2-2:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Beleuchtungsanlagen in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor bis 2016.....	279
Tabelle 4.3-1:	Bewertung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bei Druckluftanlagen hinsichtlich Rentabilität und Einsparpotential	281
Tabelle 4.3-2:	Fallbeispiele für erfolgreiche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Druckluftanlagen.....	282
Tabelle 4.3-3:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Druckluftanlagen in der Sachgüterproduktion, Bau und Bergbausektor und dem Dienstleistungssektor bis 2016.....	283
Tabelle 4.3-4:	Energieeffizienz-Maßnahmen und deren Einsparpotentiale für Raumluftklimaanlagen	295
Tabelle 4.3-5:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Klima- und Lüftungsanlagen in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor bis 2016.....	297
Tabelle 4.3-6:	Anwendungsarten mit Beispielen für Pumpen in Unternehmen und dem öffentlichen Sektor	299
Tabelle 4.3-7:	Technische Einsparpotentiale bei der Neuanschaffung und Nachrüstung von Pumpensystemen im Vergleich zu bestandsüblichen Kennzahlen 300	

Tabelle 4.3-8:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung von Pumpensystemen in der Sachgüterproduktion und dem Dienstleistungssektor bis 2016.....	301
Tabelle 4.4-1:	Energieeinsparpotentiale bei Kältesystemen.....	306
Tabelle 4.4-2:	Einfluss der Verdampfungstemperatur in einem Fleischkühlmöbel	308
Tabelle 4.4-3:	Erhöhter Energieverbrauch einer Kälteanlage durch Verschmutzung der Wärmetauscher	308
Tabelle 4.4-4:	Beispielberechnung zur Abwärmenutzung der Kühlanlagen zur Warmwasserbereitung (Basis 300 Betriebstage/Jahr).....	309
Tabelle 4.4-5:	Weitere Unternehmensgruppen mit größeren Kälteanlagen.....	310
Tabelle 4.4-6:	Einspareffekte durch Abwärmenutzung im Einzelhandel.....	311
Tabelle 4.4-7:	Einspareffekte durch Abwärmenutzung in Unternehmen mit größeren Kälteanlagen.....	311
Tabelle 4.4-8:	Zusammenfassung des Investitionsvolumen und der energetischen Verbrauchsreduktion durch Abwärmenutzung bei Kälteanlagen als Zeitreihe bis 2016	312
Tabelle 4.4-9:	Mögliche Einsparmaßnahmen und deren Einsparungspotentiale.....	313
Tabelle 4.4-10:	Vergleich der monetären Verbrauchsreduktion und der Investitionskosten	313
Tabelle 4.4-11:	Zusammenfassung des Investitionsvolumens und der energetischen Verbrauchsreduktion durch Abwärmenutzung und elektrische Effizienzsteigerung bis zum Jahr 2016.....	314
Tabelle 4.5-1:	Vergleich von Warmluftheizern mit Strahlungsheizung	318
Tabelle 4.5-2:	Wärmepumpenmarkt in Österreich	321
Tabelle 4.5-3:	Potentiale von Wärmepumpen bis zum Jahr 2020	322
Tabelle 4.5-4:	Potentiale für Wärmepumpen im Industrie- und Dienstleistungssektor bis 2016	323
Tabelle 4.5-5:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Ersatz von konventionellen Heizungsanlagen durch Wärmepumpen.....	324
Tabelle 4.5-6:	Übersicht KWK-Technologien I	327
Tabelle 4.5-7:	Übersicht KWK-Technologien II	328
Tabelle 4.7-1:	Einsparungspotentiale im Rahmen einer Gebäudesanierung.....	336
Tabelle 4.7-2:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Sanierung von Nichtwohngebäuden	337
Tabelle 4.7-3:	Altersstruktur der Heizgeräte im Dienstleistungssektor	339
Tabelle 4.7-4:	Altersstruktur der Heizgeräte im Industriesektor.....	340
Tabelle 4.7-5:	Mögliche Energieeffizienz-Maßnahmen im Bereich Raumwärme.....	341
Tabelle 4.7-6:	Potentielle Investitionen und Einsparungen durch Optimierung und Neuinstallation von Raumheizungsanlagen in der Sachgüterproduktion und im Dienstleistungssektor bis 2016.....	342
Tabelle 4.8-1:	Erwartetes Transportaufkommen Österreich für Ende 2016.....	345
Tabelle 4.8-2:	Transportleistung und Modal Split im Güterverkehr Österreich	345
Tabelle 4.8-3:	Betriebskosten der Transportmittel pro Fahrzeug-km.....	345
Tabelle 4.8-4:	Energieverbrauch der Transportmittel pro t-km in kWh	346

Tabelle 4.8-5:	Elastizitäten im kombinierten Güterverkehr	346
Tabelle 4.8-6:	Angenommene durchschnittliche Ladung pro Fahrzeug in t.....	346
Tabelle 4.8-7:	Durchschnittliche Transportweiten [214]	346
Tabelle 4.8-8:	Berechnung der Anzahl der benötigten neuen Anschlussbahnen	347
Tabelle 4.8-9:	Ermittlung der Investitions- und Förderkosten	347
Tabelle 4.8-10:	Berechnung der Energieeinsparung pro ASB pro Jahr.....	347
Tabelle 4.8-11:	Investitionen, Energieeinsparpotential und monetäre Verbrauchsreduktion durch die Errichtung 59 neuer ASB in Österreich im Bezugszeitraum.	348
Tabelle 4.8-12:	Investitionskosten des Bundes im Schienennetz für den Güterverkehr in Österreich im Bezugszeitraum	349
Tabelle 4.8-13:	Zusätzliche Betriebskosten im Schienennetz Österreichs im Bezugszeitraum durch die Investitionen (10% der kumulierten Investitionssumme)	349
Tabelle 4.8-14:	Änderungen der Eigenschaften durch die Ausbaumaßnahmen und damit der Transportnachfrage im KV im Zeitraum 2009 – 2016 in Österreich, basierend auf den Elastizitäten in Tab. 5.	350
Tabelle 4.8-15:	Veränderung der Betriebskosten und des Energieverbrauchs durch Ausbau der Schiene.....	350
Tabelle 4.8-16:	Ermittlung der Änderung der Transportleistung und des Energieverbrauchs durch die Ausbaumaßnahmen in Österreich im Bezugszeitraum 2008 – 2016	350
Tabelle 4.8-17:	Minimale und maximale Energiekosteneinsparungen durch die Maßnahme in Österreich im Bezugszeitraum.....	351
Tabelle 4.8-18:	Zusätzliche Betriebskosten durch die Ausbaumaßnahmen in Österreich im Bezugszeitraum 2008 – 2016.....	351
Tabelle 4.8-19:	Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten für die RoLa Wels – Szeded in Österreich im Bezugszeitraum	352
Tabelle 4.8-20:	Ermittlung des Energieeinsparpotentials durch die RoLa Wels – Szeded in Österreich im Bezugszeitraum	352
Tabelle 4.8-21:	Kosteneinsparpotential durch die RoLa Wels – Szeded in Österreich im Bezugszeitraum	353
Tabelle 4.8-22:	Überblick zu potentiellen Energieeinsparungen und Kosteneinsparungen im Bezugszeitraum 2008 – 2016 in Österreich durch Teilmaßnahmen der Maßnahme „Technologien und Innovationen in der Güterlogistik“.....	353
Tabelle 4.8-23:	Statischer Vergleich der notwendigen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmen „Technologie und Innovation in der Güterlogistik“ und „Förderung von Transport-rationalisierung und –verlagerung“ und der ausgelösten Reduktion im Energieverbrauch im Segment Verkehr.....	354
Tabelle 5.1-1:	Wohneinheiten mit Hauptwohnsitz in Österreich	356
Tabelle 5.2-1:	Phasenplan zur Einführung von Mindesteffizienzanforderungen für Lampen entsprechend der Verordnung Nr. 244/2009 (EG).....	359
Tabelle 5.2-2:	Jährliche Potentialausschöpfung des Bereiches Weiße Ware.....	361
Tabelle 5.3-1:	Elastizitäten im Bereich öffentlicher Personenverkehr.....	362

Tabelle 6.2-1:	Hemmnisse für die Realisierung von Energieeffizienz-Maßnahmen....	365
Tabelle 6.2-2:	mögliche Amortisationszeiten im Effizienzfall in Industrie- und Dienstleistungssektor	367
Tabelle 6.3-1:	Anzahl der österreichischen Unternehmen nach Sparten (Jahr 2008).	373
Tabelle 6.3-2:	Umweltförderungen im Inland- und Ausland.....	374
Tabelle 6.5-1:	Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF mid“)	379
Tabelle 6.5-2:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF mid“) (in GWh)	380
Tabelle 6.5-3:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF mid“) (in GWh)	381
Tabelle 6.5-4:	Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF high“)	382
Tabelle 6.5-5:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF high“) (in GWh)	384
Tabelle 6.5-6:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF high“) (in GWh)	385
Tabelle 6.6-1:	Potentielle Investitionen und Einsparungen (Strategie „Mindeststandards“)	388
Tabelle 6.6-2:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „Mindeststandards“) (in GWh)	389
Tabelle 6.6-3:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „Mindeststandards“) (in GWh)	390
Tabelle 6.7-1:	Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF-US mid“) .	392
Tabelle 6.7-2:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF-US mid“) (in GWh)	393
Tabelle 6.7-3:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF-US mid“) (in GWh)	394
Tabelle 6.7-4:	Potentielle Investitionen und Einsparungen (Szenario „IMF-US high“) .	395
Tabelle 6.7-5:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger im Dienstleistungssektor (Strategie „IMF-US high“) (in GWh)	396
Tabelle 6.7-6:	Aufsplittung der Reduktion des jährlichen Energieverbrauchs auf eingesparte Energieträger in der Sachgüterproduktion (Szenario „IMF-US high“) (in GWh).....	397
Tabelle 6.8-1:	Vergleich der prognostizierten Entwicklung im Zeitraum 2008 bis 2016 im Falle einer Optimierung der Förderpolitiken.	399
Tabelle 6.8-2:	Vergleich der prognostizierten Reduktion des jährlichen	

	Endenergieverbrauchs im Zeitraum 2008 bis 2016 im Falle einer Optimierung der Förderpolitiken.....	399
Tabelle 7.1-1:	Eckdaten des Modells.....	402
Tabelle 7.1-2:	Im Modell explizit abgebildete Energieträger.....	404
Tabelle 7.2-1:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1a (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 40%) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen.....	409
Tabelle 7.2-2:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1b (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 40%) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen.....	411
Tabelle 7.2-3:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2a (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 50%) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen.....	414
Tabelle 7.2-4:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2b (Strategie: intensive monetäre Förderung mit Förderquote von 50%) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen.....	415
Tabelle 7.2-5:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3a (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 40%)) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen.....	418
Tabelle 7.2-6:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3b (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 40%)) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen.....	420
Tabelle 7.2-7:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4a (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 50%)) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen.....	423
Tabelle 7.2-8:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4b (Strategie: Einführung von Mindeststandards bei gleichzeitiger monetärer Förderung der energieeffizienzsteigernden Technologien (Förderquote von 50%)) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen.....	425
Tabelle 7.2-9:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 5a (Strategie: Einführung von verpflichtenden Mindeststandards) Finanzierung 100% aus Sparsumme und Rücklagen.....	428
Tabelle 7.2-10:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung Szenario 5b (Strategie: Einführung von verpflichtenden Mindeststandards) Finanzierung 33% aus Sparsumme und Rücklagen.....	430
Tabelle 8.4-1:	Zusammenfassung der Eckdaten der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor – Seite 1/2	437
Tabelle 8.4-2:	Zusammenfassung der Eckdaten der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor – Seite 2/2	438
Tabelle 8.4-3:	Zusammenfassung der Eckdaten der analysierten Energieeffizienz-Strategien im Haushaltssektor	439

Tabelle 8.6-1:	Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 1/5	446
Tabelle 8.6-2:	Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 2/5	447
Tabelle 8.6-3:	Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 3/5	448
Tabelle 8.6-4:	Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Einsparungen und Anzahl potentieller Implementierungen – Seite 4/5	449
Tabelle 8.6-5:	Energieeffizienz-Potentiale im Haushaltssektor – Potentiale durch gebäudehüllenoptimierte Neubauten – Seite 5/5.....	450
Tabelle 8.6-6:	Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor im Jahr 2016 – Seite 1/3..	452
Tabelle 8.6-7:	Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor im Jahr 2016 – Seite 2/3..	453
Tabelle 8.6-8:	Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor im Jahr 2016 – Seite 3/3..	454
Tabelle 8.6-9:	Maßnahmenbezogene Gesamtpotentiale für die Reduktion des jährlichen Endenergieverbrauchs im Dienstleistungssektor und der Sachgüterproduktion im Jahr 2016	455
Tabelle 8.7-1:	Energetische Einspareffekte der fünf analysierten Energieeffizienz-Strategien zwischen 2008 und 2016 (ohne Berücksichtigung von Early Actions).....	459
Tabelle 8.7-2:	Darstellung der Ausgaben für die Durchführung von Energieeffizienz-Maßnahmen in den fünf analysierten Strategien	460
Tabelle 8.7-3:	Ausgaben für Energieeffizienz-Maßnahmen und dadurch reduzierte Ausgaben für Energie in den fünf analysierten Strategien.....	461
Tabelle 8.7-4:	Einsparungen, Gesamtkosten und Kosten je Energieeinheit der analysierten Strategien	462
Tabelle 8.7-5:	Anrechenbare Einsparungen im Zieljahr der Richtlinie nach Energieträgern	463
Tabelle 8.8-1:	Erwartete Effekte der analysierten Strategien auf das Bruttoinlandsprodukt zwischen 2008 und 2016	466
Tabelle 8.8-2:	Erwartete zusätzliche Arbeitsplätze durch die analysierten Strategien zwischen 2008 und 2016	468
Tabelle 8.8-3:	Auswirkungen der analysierten Strategien auf energiebezogene Einnahmen der öff. Hand zwischen 2008 und 2016	470
Abbildung 3.1-1:	Investitionskosten Wärmepumpensystem (ohne Warmwasserbereitung)	38
Abbildung 3.1-2:	Gesamtkosten des Heizungstausches (WP ohne Warmwasserbereitung)	38
Abbildung 3.1-3:	Gesamtkosten des Heizungstausches (WP mit Warmwasserbereitung)	40
Abbildung 3.1-4:	Netzlängen Entwicklung in Österreich.....	48

Abbildung 3.1-5:	Fernwärmebilanz Österreich	49
Abbildung 3.1-6:	Wohnungen nach Art der Beheizung.....	49
Abbildung 3.1-7:	Entwicklung nah-/fernwärmeversorgter Wohnungen	50
Abbildung 3.1-8:	Wärmeerzeugung aus der Kraft-Wärme-Kopplung.....	52
Abbildung 3.1-9:	Investitionskosten gesamt.....	61
Abbildung 3.1-10:	Entwicklung der Heizsysteme in Deutschland	70
Abbildung 3.1-11:	Reduktion der NEZ durch Einbau von neuen Fenstern und Außentüren	107
Abbildung 3.1-12:	Reduktion der NEZ durch Dämmung der Kellerdecke	109
Abbildung 3.1-13:	Reduktion der NEZ durch Dämmung der obersten Geschoßdecke ..	110
Abbildung 3.1-14:	Reduktion der NEZ durch Dämmung der Außenwände.....	112
Abbildung 3.1-15:	Reduktion der NEZ durch thermische Sanierung	114
Abbildung 3.1-16:	Reduktion der NEZ durch eine Gesamtsanierung	115
Abbildung 3.1-17:	Die Veränderung der Nutzheizenergiekennzahl bei Realisierung einzelner Sanierungsmaßnahmen und einer Gesamtsanierung	119
Abbildung 3.1-18:	Entwicklung der Wohnkosten bis 2001	142
Abbildung 3.1-19:	Fußbodenaufbau mit einer integrierten Rohrleitung (schematisch)..	155
Abbildung 3.1-20:	Einfluss der Dämmstärke auf die „qualitativen Wärmeverluste“ einer Heizungsleitung (1/2 Zoll Kupferleitung).....	159
Abbildung 3.1-21:	Verbreitung von Kühlschränken in österreichischen Haushalten in % im Zeitraum 1970-2001	168
Abbildung 3.1-22:	Verbreitung von Gefrierschränken in österreichischen Haushalten in % im Zeitraum 1970-2001	168
Abbildung 3.1-23:	Entwicklung des Energieverbrauchs für das Waschen von Wäsche in Haushalten.....	183
Abbildung 3.1-24:	Energieeinsparung	183
Abbildung 3.2-1:	Wohnungen und Wohnräume nach Wohnungsgröße.....	255
Abbildung 3.2-2:	Jährliche Installation von Wärmepumpen in Österreich.....	260
Abbildung 3.2-3:	Fernwärmepotential und Nachfrageprognose.....	261
Abbildung 3.2-4:	Prozentuelle Anteile des Lampenbestands in Österreich im Haushaltssektor	264
Abbildung 3.2-5:	Stückzahlen von verkauften Geräten in Österreich	265
Abbildung 3.2-6:	Gegenüberstellung von Verkehrsleistungen nach Bundesländern: Verwendetes Modell versus Verkehrsprognose 2025+.....	271
Abbildung 3.2-7:	Anstieg des ÖPV nach Bundesländern und Streckenlänge	273
Abbildung 4.3-1:	Einrichtungen zur Reinhaltung, Konditionierung, Förderung und Reinigung der Luft in Betrieben.....	287
Abbildung 4.3-2:	Darstellung eines Raumlüftungskonzeptes mit Direkterfassung von Emissionen, Raumabluft und bodennaher Zuluft zur Erzeugung einer Schichtlüftung	287
Abbildung 4.3-3:	Schematischer Aufbau einer raumlüfttechnischen Anlage.....	288
Abbildung 4.3-4:	Größenverteilung von Anteilen in der Luft und deren Abscheidbarkeit durch verschiedene Filterklassen.....	289
Abbildung 4.3-5:		290

Abbildung 4.3-6:	Aktivkohlefilter**	290
Abbildung 4.3-7:		290
Abbildung 4.3-8:	Radialventilator	290
Abbildung 4.3-9:	Axialventilator mit dazugehörigem Laufrad und Gehäuse	291
Abbildung 4.3-10:	Luftteilsystem in einem Wohnhaus.....	292
Abbildung 4.3-11:	Beispiel eines Drallauslasses**	292
Abbildung 4.3-12:	Aufbau eines einrohrreihigen Lufterhitzers	293
Abbildung 4.3-13:	Prinzip eines Umlauf-Zerstäubungsbefeuchters	294
Abbildung 4.3-14:	Prinzip eines Dampfluftbefeuchter.....	294
Abbildung 4.4-1:	schematische Darstellung des Kreisprozesses einer Kälteanlage ...	302
Abbildung 4.4-2:	Schwankungsbreite der Leistungszahlen in den verschiedenen Kälteanwendungssegmenten	304
Abbildung 4.4-3:	Prozentuelle Aufteilung des Stromverbrauchs in Deutschland (Stand 2003)	305
Abbildung 4.4-4:	Kundenverteilung des Wirtschaftssektors ‚Kühlung, Klimatisierung und Wärmepumpentechnologien‘ in Österreich.....	306
Abbildung 4.7-1:	Zusammensetzung des Segmentes Nichtwohngebäude	335
Abbildung 5.1-1:	Szenarien der Entwicklung der mittleren thermischen Sanierungsrate.....	357
Abbildung 6.2-1:	Die fünf wichtigsten Gründe, warum Energieeffizienz-Potentiale nicht genutzt werden (in %) (Mehrfachnennungen möglich).	368
Abbildung 6.2-2:	mit welchen Förderinstrumenten können Energieeffizienz-Potentiale in Unternehmen am erfolgreichsten erschlossen werden? (Mehrfachnennungen möglich).....	369
Abbildung 6.2-3:	Welche Faktoren begünstigen die Umsetzung von energiesparenden Maßnahmen in Unternehmen?.....	370
Abbildung 6.2-4:	Finanzielle Möglichkeiten der Vorhabensförderung: Hätten Sie die Vorhaben ohne die Förderung....?	371
Abbildung 6.2-5:	Finanzielle Merkhlichkeit der Vorhabensförderung (Unternehmen): Hätten Sie die Vorhaben ohne die Förderung?	371
Abbildung 7.2-1:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1a.....	410
Abbildung 7.2-2:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 1b.....	410
Abbildung 7.2-3:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2a.....	413
Abbildung 7.2-4:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 2b.....	416
Abbildung 7.2-5:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3a.....	417
Abbildung 7.2-6:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 3b.....	419
Abbildung 7.2-7:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4a.....	422

Abbildung 7.2-8:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 4b.....	424
Abbildung 7.2-9:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 5a.....	427
Abbildung 7.2-10:	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung von Szenario 5b.....	429

10 Literaturverzeichnis

- [1] Website, www.isi.fraunhofer.de/e/publikation/fachartikel/09-Waerme.pdf.
- [2] Energieverbrauch im Güterverkehr. Website, www.nabu.de/verkehr/gv_energieverbrauch.html, 2003.
- [3] Standard for Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment 210/240. Website, www.ahrinet.org, 2008.
- [4] Heidelinde Adensam, Thomas Bogner, Susanne Geissler, Maïke Groß, Marcus Hofmann, Robert Krawinkler, Konstantin Kulterer, Stephan Renner, and Günter Simader. Bewertung der Zielerreichung gemäß Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie 2006/32/EG-Bottom-up Methoden. Website, [www.monitoringstelle.at/fileadmin/dam/spritspar/downloads/methoden/Methode ndokument_WSIII_25112008_final.pdf](http://www.monitoringstelle.at/fileadmin/dam/spritspar/downloads/methoden/Methode_ndokument_WSIII_25112008_final.pdf), 2009.
- [5] Hupac AG. Website, www.hupac.ch/PDF/Download/Moving%20oktober05_de.pdf, 2005.
- [6] Prognos AG, Fraunhofer Gesellschaft ISE, WindGuard, IWR, and IE gGmbH. Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien. Bericht, Prognos AG, Juli 2007.
- [7] Alexander Proschka. *Vergleichende Analyse zu hybriden Antrieben weltweit agierender Automobilhersteller*. Grin Verlag, 2008.
- [8] Wolfgang Amann. Kompetenzverlagerungen im Wohnungswesen. Technical report, Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, 1999.
- [9] arbeitundklimaschutz.de. Kontrolliertes Lüften - Ihr Ratgeber für Lüftungsanlagen im Wohnungsbau. Website, www.arbeitundklimaschutz.at.
- [10] GfK Austria. Website, www.gfk.at.
- [11] GfK Austria. Verkaufsdaten von Elektrogeräten. Verkaufsdaten, Wien, 2008.
- [12] Austrian Energy Agency. Themenschwerpunkt Energieeffiziente Produkte und Nutzerverhalten. Website, [www.eva.ac.at/\(de\)/themen/geraete.htm](http://www.eva.ac.at/(de)/themen/geraete.htm), 2003.
- [13] Austrian Energy Agency. Energieeffizienz in Kältesystemen, Beraterinformation klima:aktiv Programm energieeffiziente Betriebe. Bericht, Austrian Energy Agency, 2007.
- [14] Austrian Energy Agency. Neue energiesparende Technologie für effizientere Umwälzpumpen. Website, [www.energyagency.at/\(de\)/projekte/energypumps.html](http://www.energyagency.at/(de)/projekte/energypumps.html), 2007.
- [15] Kay Axhausen. Wirkungsabschätzung von Maßnahmen: Preise, Regulation und Infrastrukturen. Vorlesung "Verkehrstechnische Aspekte des Städtebaus",

- ETH, Zürich, 2007.
- [16] Landesgewerbeamt Baden-Württemberg. *Energieeffiziente Lüftungsanlagen in Betrieben*. 2002.
- [17] Claus Barthel, Maïke Bunse, Wolfgang Irrek, and Stefan Thomas. Optionen und Potentiale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen. Bericht, Wuppertalinstitut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2007.
- [18] Bayrisches Landesamt für Umwelt. Klima schützen – Kosten senken, Energie sparen bei Kälteanlagen im Lebensmittelhandel. Bericht, Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2006.
- [19] ÖBB. ÖBB-Nachhaltigkeitsbericht 2006. Zusammenfassung. Website, www.oebb.at/holding/de/das_unternehmen/nachhaltigkeitsbericht/_data/oebb_nb_zusammenfassung.pdf, 2007.
- [20] ÖBB. Bahnstromversorgung 2009 - Preisblatt für Langfristverträge. Website, www.oebb.at/bau/de/servicebox/bahnstromlieferung/bahnstromversorgung2009_preisblatt_langfristvertrag.pdf, 2009.
- [21] BBT Thermotechnik GmbH Bosch Gruppe. Marktreport 2006. Energie effizienter nutzen. Technical report, 2006.
- [22] BDH. Europa auf dem Weg zu Effizienz und der verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien. Pressekonferenz - Präsentation, Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., 2008.
- [23] Martin Becker. Energieeffiziente Kältetechnik. *Fachjournal Klima/Kältetechnik*, pages 6–12, 2007.
- [24] Wolfgang Beitz and Karl-Heinrich Grote. *Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau*. Springer Verlag, 1997.
- [25] Georg Benke. Österreichs Kesselmarkt ist überaltert. e7 - Energie Markt Analyse GmbH. Presseaussendung 19.11.2007, Energie Markt Analyse GmbH, 2007.
- [26] Helmut Berger, Gerald Bachmann, Peter Cremer, Albert Dechant, Thomas Eisenhut, Andreas Kolleger, Josef Passath, and Christoph Tagwerker. Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen. Praxiserprobte Innovationen und Anwendungen. Technical report, Umweltbundesamt, 2005.
- [27] Peter Biermayr, Ernst Schrefl, Bernhard Baumann, and Ansbert Sturm. Maßnahmen zur Minimierung von Reboundeffekten bei der Sanierung von Wohngebäuden (MARESI). Berichte aus Energie- und Umweltforschung 6/2005. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie haus der Zukunft., Im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2005.
- [28] Peter Biermayr and Werner Weiss. Potential for Solar Thermal in Europe.

- Studie im Auftrag der European Solar Thermal Industry Federation ESTIF, AEE – Institute for Sustainable Technologies, Vienna University of Technology, Brüssel, 2009.
- [29] Bildungsverver. Website, www.bildungsserver.com.
- [30] Biofernwärme. Jahresheizkosten Vergleich. Website, www.biofernwärme.at/dokumente/HK-Vergleich.pdf, 2001.
- [31] BMVBS. Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs. Studie, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, München, Stuttgart, 2006.
- [32] BMVIT. Fassadenintegration von thermischen Solaranlagen. Website, download.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/fofo/fofo3_01_de.pdf, 2001.
- [33] BMVIT. Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern. Website, www.ecology.at/oekoinform/projekt.php?ID=38, 2002.
- [34] BMVIT. Verkehr in Zahlen Österreich. in Auftrag gegeben und herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung V/Infrastruktur 5, Schriftenreihe, Herry Consult GmbH, 2007.
- [35] BMVIT. Das Projekt AB_2010. Präsentation, BMVIT, 2008.
- [36] BMVIT. BMVIT-Budget steigt von 2,586 Milliarden Euro im Jahr 2008 auf 2,612 Milliarden 2009 und 2,762 Milliarden Euro 2010. Bericht, BMVIT, 2009.
- [37] Gerhard Bonelli. Ökologie der Althausanierung, Leitlinien der Förderung im Hinblick auf die Optimierung von Energieverbrauch, Emissionen und optisches Erscheinungsbild. Endbericht SA/35/95/AU, SAVE, 1998.
- [38] Bruno Bosy. *Raumlufttechnik*. 2000.
- [39] Wolfgang Brandl. Effizienter Einsatz von Energie durch Umwelttechnik. Erfahrungsbericht aus der Industrie, TÜV Bayern Landesgesellschaft Österreich, 2006.
- [40] Günther Brauner. Elektrizitätsbedarf und Effizienz bis 2030. Pressekonferenz zu Lifestyle und Energieeffizienz, TU Wien, 2006.
- [41] Günther Brauner. Effizienz und Nachhaltigkeit als Energieoptionen der Zukunft. Präsentation am 16. November 2007, Karl-Franzens Universität Graz, TU Wien, 2007.
- [42] Anke Brüggemann. KfW-Befragung zu den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Energieeffizienz in Unternehmen. Publikation der Volkswirtschaftlichen Abteilung, KfW-Bankengruppe, Dezember 2005.
- [43] Conrad-Ulrich Brunner, Stephan Gasser, Stephan Lingenhel, and Jürg Nipkow. Energieeffizienz bei Elektrogeräten. Wirkung der Instrumente und Maßnahmen. Bericht, Bundesamt für Energie, Zürich, 2001.

- [44] Bund der Energieverbraucher. Website, www.energieverbraucher.de.
- [45] Bundeskanzleramt Österreich. Website, www.help.gv.at/Content.Node/35/Seite.350300.html, 2009.
- [46] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Erneuerbare Energie 2020. Potentiale in Österreich. Schlussfolgerungen der Task Force "Erneuerbare Energie", Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2008.
- [47] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Umweltförderungen des Bundes 2008. Bericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2008.
- [48] Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Energiebericht 2003 der Österreichischen Bundesregierung. Bericht, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2003.
- [49] Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. 1. Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich - gemäß EU-Richtlinie 2006/32/EG. Bericht, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, 2007.
- [50] Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 1. Februar 2002 mit Aktualisierung vom Dezember 2004. Bericht, 2004.
- [51] CEN. Saving Lifetimes of Energy Efficiency Improvement Measures in Bottom-up Calculations – CWA 15693. *European Committee for Standardisation*, 2007.
- [52] Christeva. Brauchwasserbereitung. Website, www.christeva.de/tipps.html, 2009.
- [53] Panayotis Christidis and Luc Pelkmans. Trends in Vehicle and Fuel Technologies. Review of past trends, European Commission, Joint Research Centre IPTS-Institute for Prospective Technological Studies, Spain, 2003.
- [54] CISMO. Website, www.cismogroup.com/service/news/, 2007.
- [55] Sattler Energie Consulting. Energieverbrauchsentwicklung und Einsparpotentiale in Oberösterreichs Unternehmen. Publikation, WKO Oberösterreich und E-Control, 2008.
- [56] Clemens Cremer. Systematisierung der Potenziale und Optionen. Endbericht an die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“, Fraunhofer ISI, 2001.
- [57] Klaus Daniels. *Gebäudetechnik – Einleitfaden für Architekten und Ingenieure*. Oldenbourg Verlag, 1996.
- [58] Martin Dehli. *Energieeinsparung in Industrie und Gewerbe - praktische Möglichkeiten des rationellen Energieeinsatzes in Betrieben*. Expert Verlag,

- Renningen-Malmsheim, 1998.
- [59] Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern Rheinland-Pfalz und dem Saarland. Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen (Hemmnisse, Erfolgsfaktoren, Instrumente). Eine Unternehmensbefragung über Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen in Rheinland-Pfalz und dem Saarland. Publikation, Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern Rheinland-Pfalz und dem Saarland, Juni 2007.
- [60] Deutsche Energie-Agentur. Infoblätter Kältetechnik: Physikalische Grundlagen der Kälteerzeugung. Bericht, Deutsche Energie-Agentur, 2007.
- [61] Deutsches Umweltbundesamt. Das Energiesparschwein-Informationen zum Wärmeschutz und zur Heizenergieeinsparung für Eigenheimbesitzer und Bauherren. Website, www.no-e.de/EnergieSparschwein.pdf, 2003.
- [62] Dimplex. Website, www.dimplex.de, 2008.
- [63] DIN EN ISO 12241. Warmedämmung an haus- und betriebstechnischen Anlagen. Norm, Deutsches Institut für Normung, 1996.
- [64] DIW. Energieverbrauch im Verkehr in Deutschland - Verringerung der Wachstumsraten in den neunziger Jahren. Website, www.diw.de/deutsch/99_10_1/30931.htm, 1999.
- [65] Herbert Dombrowsky. Kraft-Waerme-Kopplung. Effizienzpotentiale in der kommunalen Versorgung. Präsentation am Energiekongress der Bayrischen Staatsregierung, N-Ergie, Nürnberg, 2008.
- [66] E-Werk Wels. Österreich setzt auf massiven Fernwärme Ausbau. Website, www.eww.at/fileadmin/user_upload/www.eww.at/media/downloads/Fernwaerme/Downloads/pub/Fernwaerme_chemiereport_at_14_11_2008.pdf, 2008.
- [67] eCommerce Engine. Lichttechnik. Website, www.slg.de/Lichttechnik/Leuchtmittel/Leuchtstoffroehren/T8-26mm-Stabform/Standard/Leuchtstoffroehre-26mm-15-Watt-030-530-warmwhite::2572.html.
- [68] ECOPLAN. Investitionsentscheide und Energiesparoptionen: Umfrage zu Hemmnissen und Einflussfaktoren. Zusammenfassung mit Schwerpunkt Schweiz. Teil des Forschungsprojekts "Method for integrated evaluation of benefits, costs, and effects of programmes for promoting energy conservation" im 4. Forschungsrahmenprogramm der EU 1994-1998, in Zusammenarbeit mit 7 Partnern in NL, E, SF, GB, DK, IRL, S im Auftrag der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, DG XII, finanziell unterstützt vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW) und vom Bundesamt für Energie (BFE), ECOPLAN, 1998.
- [69] Heinz Eickenhorst. *Einführung in die Klimatechnik*, volume 4. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 1998.

- [70] Bernd Eikmeier, Wolfgang Schulz, Wolfram Krewitt, and Michael Nast. Nationales Potenzial für hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung. *EuroHeat&Power*, 35, 2006.
- [71] Ulrich Elsenbergen, Steffen Roß, Anette Köpken, and Ekkhard Tönsing. Brennstoffeinsparpotentiale in kleineren und mittleren Unternehmen des Metallverarbeitenden Gewerbes. Bericht, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
- [72] TNS Emnid. dena Unternehmensbefragung zum Thema Endergieeffizienz. Bericht, Deutsche Energie-Agentur GmbH, August 2005.
- [73] Deutsche Energie-Agentur. Energieeffizienz im Haushalt. Website, www.stromeffizienz.de/.
- [74] Energie Schweiz. Einkaufsratgeber Haushaltsgeräte. Website, db.eae-geraete.ch/index.php?lid=1031&gid=5&kid=12&tid=1&tkid=5&nid=3&textid=2306.
- [75] Energie Tirol. Minus 20%-Heizkosten sparen! Website, www.energie-tirol.at/Downloads/Broschuere%20Tirol%20A%2B%2B%20Endfassung.pdf, 2007.
- [76] Energieagentur NRW. Website, www.energieagentur.nrw.de.
- [77] Energiesparen im Haushalt. Keine Solaranlage ohne moderne Umwälzpumpe. Website, www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/hausbau-regenerative-energie/energiebewusst-bauen-wohnen/emission-alternative-heizung/heizen-mit-der-sonne-solar/solar-pumpe.html, 2009.
- [78] Energiesparhaus. Diagramm: Ertragsminderung bei Abweichung von Südrichtung. Website, www.energiesparhaus.at/energie/solaranlage/abweichung.htm, 2009.
- [79] Energiesparhaus. Solaranlage zur Warmwasserbereitung. Website, www.energiesparhaus.at/energie/solaranlage/warmwasser.htm, 2009.
- [80] Eproplan. Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe – von der Erzeugung bis zum Verbraucher. Bericht, 2008.
- [81] Erdgas OÖ. Erdgas Hellstrahler. Die Sonne als Vorbild. Website, http://www.erdgasooe.at/imperia/md/content/2008_erdgasooe/pdf/infoblaetter/gewerbe/1_erdgas_hallenstrahler_08.pdf.
- [82] Erdgas OÖ. Grundformen der Heizungsregelung. Website, www.erdgasooe.at/imperia/md/content/pdf/eo__info_heizungs_regelung2.pdf, 2006.
- [83] Erdgasfahrzeuge in Österreich. Technik. Website, www.autos-hybrid.de/hybridantrieb.html.
- [84] Europäische Union. Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 der europäischen

- Kommission vom 17. Dezember. zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand, 2008.
- [85] Europäisches Parlament und Rat. Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 05.04.2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates, ABl. Nr. L 114 vom 27.04.2006. Richtlinie, 2006.
- [86] EVT/CasaFan-Ventilatoren. Website, www.lueftungsprodukte.de.
- [87] Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen. Die Interessenvertretung der österreichischen Gas- und Wärmewirtschaft. Website, www.gaswaerme.at, 2009.
- [88] Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen. Versorgungsdichte, 2009.
- [89] A Faiers, M Cook, and C Neame. Towards a contemporary approach for understanding consumer behaviour in the context of domestic energy use. *Energy Policy*, 13(8):309–340, 2007.
- [90] Michael Feihl. Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe-von der Erzeugung bis zum Verbraucher. Präsentation am 30.09.2008, Eproplan GmbH Beratende Ingenieure, 2008.
- [91] Helmut Felzl. Moderne Heizungsregelung. Website, www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie-und-rohstoffe/merkblaetter/Merkblatt_39.pdf, 2004.
- [92] Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH. Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH. Website, www.fkw-hannover.de, 2002.
- [93] Stephan Gasser. Energieeffiziente Beleuchtung. Präsentation, 2009.
- [94] GEALAN-Anwendungstechnik. *Praxishandbuch Raumlüftung*. 2001.
- [95] Bernd Geiger, Edelgard Gruber, and Werner Megele. *Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung*. Physica Verlag, 1999.
- [96] Gerhard Faninger. Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2006. Erhebung für die Internationale Energieagentur, Im Auftrag des BMVIT, 2007.
- [97] Gerhard Faninger. Heizen mit der Sonne. Fachvortrag auf der Energiesparmesse Wels, Universität Klagenfurt, 2008.
- [98] Hoval GesmbH. Website, www.hoval.at, 2008.
- [99] Dagmar Glaser. Der öffentliche Personennahverkehr in Baden-Württemberg. *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg*, 1:36–40, 2007.

- [100] K Glöckl, F Gugerell, R Haas, and W Plach. Kyoto-Ziel: Handlungsmöglichkeiten bei der Althausanierung. Endbericht, Projekt der NÖ Wohnbauförderung, Energieagentur Mostviertel., 2004.
- [101] ÖBB-Postbus GmbH. Leistungsbericht 2005 der ÖBB-Postbus GmbH. Website, www.postbus.at/de/Pressecorner/Publikationen/Postbus_LB2005_DS.pdf, 2005.
- [102] Günther Markowitz and Karl Heinz Lesch. Industrie, Gewerbe und öffentlicher Bereich - Maßnahmenanalyse und Potentiale in Graz. Technical report, 1995.
- [103] Energie Graz. Website, www.energiegraz.at/home/fernwaerme/saubere_waerme/bruttofoerderung.de.php.
- [104] Rudolf Großbauer. Betriebliches Energiemanagement. Präsentation, Grazer Energieagentur, 2008.
- [105] GSW. Glossar. Website, www.gsw-kamen.de/182.0.html, 2008.
- [106] Bernd Gugele, Verena Lorenz-Meyer, Katja Pazdernik, and Daniela Wappel. Kyoto-Fortschrittsbericht Österreich 1990-2005. Website, www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0081.pdf, 2007.
- [107] Reinhard Haas and Peter Biermayr. The rebound effect for space heating. Empirical evidence from Austria. *Energy Policy*, 28(6-7):403–410, 2000.
- [108] Reinhard Haas, Andreas Müller, and Lukas Kranzl. Energieszenarien bis 2020: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Endbericht zum gleichnamigen projekt, Energy Economics Group, Vienna University of Technology, Wien, 2009.
- [109] Stephan Hammer, Bernhard Oettli, Christian Schneider, and Rolf Iten. Instrumente für Energieeffizienz im Elektrizitätsbereich. Ausländische Erfahrungen und Instrumenten-Mix für die Schweiz. Studie im Rahmen des Forschungsprogramms „Energiewirtschaftlichen Grundlagen“ des Bundesamts für Energie BFE, Bundesamt für Energie BFE, Juni 2007.
- [110] Hans Dieter Hermes. *Analysen der Umsetzung rationeller Energieanwendung in kleinen und mittleren Unternehmen des Kleinverbrauchersektors*. PhD thesis, Universität Stuttgart, 1999.
- [111] Edeltraud Haselsteiner, Masrgarete Havel, and Katharina Guschlbauer-Hronek. Neue Standards für alte Häuser. Nachhaltige Sanierungskonzepte für Einfamilienhaus-Siedlungen der Zwischen- und Nachkriegszeit. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 7/2005. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft., Im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie., 2007.
- [112] Hauser GmbH. Hauser Economic Energy Saving System. Präsentation im Rahmen der Klimaschutzinitiative des BMU, 2009.
- [113] Helmut Strasser. Thermische Solaranlagen im Geschoßwohnungsbau.

Perspektiven-Klimaschutz in Wien, 1998.

- [114] Peter Hennicke. Energiesparen und Effizienzsteigerung - die wichtigsten „Energiequellen“ des 21. Jahrhunderts. Vortrag beim "Essent Energie Forum" am 14.11.2008 in Schloss Bensberg, Deutschland, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, November 2008.
- [115] Peter Hennicke and Stephan Ramesohl. Interdisziplinäre Analyse der erfolgreichen Umsetzung von Energieeffizienz im Industrie-, Handels- und Dienstleistungssektor. Research funded in part by The European Commission in the framework of the Non Nuclear Energy Programme JOULE III, Energieverwertungsagentur e.V. (E.V.A.); Fraunhofer Institute for Systems and Innovations Research (FhG-ISI); Institute for Psychology (IfP); Institute of Local Government Studies (AKF); Wuppertal Institute for Climate Environment Energy (WI), Februar 1998.
- [116] Leonhard Höfler. Gesamtverkehrskonzept Oberösterreich 2008. Gesamtverkehrsplanung und Öffentlicher Verkehr, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.
- [117] Tobias Hülsemann. „Initiative Energieeffizienz in Industrie & Gewerbe“ der deutschen Energieagentur. Kostenfaktor Energie – Was können Unternehmen gegen Preissteigerungen tun?, März 2008.
- [118] Marcus Hoffmann. Umwälzpumpen, Salzburger Informationsbroschüre. Endbericht im Auftrag Energieberatung Salzburg, Österreichische Energieagentur, Wien, 2008.
- [119] Sung Hong, Tadj Oreszczyn, and Ian Ridley. The impact of energy efficient refurbishment on the space heating fuel consumption in English dwellings. *Energy and Buildings*, 38(10):1171–1181, 2007.
- [120] Hybridantrieb. Website, www.autos-hybrid.de.
- [121] Anschlussbahnen in Österreich. Website, www.bahnfakten.at/index.php?fakt_id=48&content=bahnfakten.
- [122] Ina Rüdenauer and Carl-Otto Gensch. Website, www.oeko-institut.de/oekodoc/757/2008-220-de.pdf, 2008.
- [123] Ingenieurbüro ebök. Wärmeverteilung und -übergabe bei energieeffizienten Heizungsanlagen. Website, www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/documents/waermeversorgung/waermeverteilung.pdf.
- [124] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Umweltverträglichkeit des Autobusses. Analyse der Umwelteinwirkung verschiedener Verkehrsmittel in Österreich. Website, wko.at/bus/kurzstudie.pdf, 2005.
- [125] Kati Jagnow and Dieter Wolff. OPTIMUS - Erreichte Einsparungen und Verbesserungen. Website, www.optimus-online.de/pdf/vortrag_2

- (jagnow%2bwolff).pdf, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2008.
- [126] Martin Jakob. Grundlagen zur Wirkungsabschätzung der Energiepolitik der Kantonen im Gebäudebereich. Projektendbericht, 2008.
 - [127] Martin Jakob, Walter Ott, Martin Baur, Yvonne Kaufmann, and Andrea Ott. Mobilisierung der energetischen Erneuerungspotenziale im Wohnbaustand. Studie energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern, 2005.
 - [128] Martin Jakob, A Primas, and Eberhard Jochem. Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude. Working paper series 01-09, Center for Energy Policy and Economics, Zürich, 2001.
 - [129] Jutta von Reis and Martin Klima and Regina Bähr. Energieeinsparung in öffentlichen Gebäuden. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Energie, Technologie, Nachhaltigkeit Forschungszentrum Jülich GmbH, 2000.
 - [130] KfW Bankengruppe. Energie effizient nutzen: Klima schützen, Kosten senken, Wettbewerbsfähigkeit steigern. Sonderpublikation der Volkswirtschaftlichen Abteilung, KfW Bankengruppe, Abteilung Volkswirtschaft, Juli 2005.
 - [131] Conrad Electronic GmbH & Co KG. Website, www.conrad.at.
 - [132] Kommission. Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht. VERORDNUNG (EG) Nr. 244/2009, 2009.
 - [133] Ökonews - Tageszeitung für Erneuerbare Energie und Nachhaltigkeit. Energieverbrauch der Verkehrsmittel. Website, [www.oekonews.at/?xmlval_ID_KEY\[0\]=1010](http://www.oekonews.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1010), 2007.
 - [134] Panson Konstantin. *Praxisbuch Energiewirtschaft - Energieumwandlung, -transport und -beschaffung im liberalisierten Markt*. Springer, Berlin, 2007.
 - [135] Kontrollamt Wien. Wiener Linien GmbH & Co KG, Prüfung von organisatorischen Maßnahmen im U-Bahnbetrieb. Website, www.kontrollamt.wien.at/berichte/2002/lang/5-17-KA-IV-GU-230-6-2.pdf, 2002.
 - [136] Kurt Kratena. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen einer beschleunigten Umstellung des Heizungsbestandes in Österreich. Bericht, 2008.
 - [137] Christina Krenn, Johannes Fresner, and Erich Meixner. Energieeffizienzsteigerung in Unternehmen der stahlverarbeitenden Industrie durch Abwärmenutzung im Niedrigtemperaturbereich. 10. symposium energieinnovation, Graz, 2008.
 - [138] Stefan Kupp. Blockheizkraftwerke - Energie sinnvoll nutzen. Website, www.ihk-regensburg.de/ihk-r/autoupload/officefiles/vortrag_bhkw_kupp.pdf, IHK Regensburg, Energieagentur Mittelfranken, 2009.
 - [139] Petra Lackner. ENGINE – Energy Efficiency in SMEs. Präsentation: Kick-off

- Meeting Pilotbetriebe, Austrian Energy Agency, 2008.
- [140] Jochen Lambauer and Undine Stricker-Berghoff. Wärmepumpen in Industrie- und Großbauten - Energie sparen und Umwelt schützen. Website, www.industrielle-waermepumpen.de/gwps.html, 2008.
- [141] Udo Lambrecht, Harald Diaz-Bone, and Ulrich Höpfner. Bus, Bahn und Pkw auf dem Umweltprüfstand. Website, [www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/VCD+IFEU\(2001\)_Bus-Bahn-Pkw_auf_dem_Umweltpruefstand.pdf](http://www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/VCD+IFEU(2001)_Bus-Bahn-Pkw_auf_dem_Umweltpruefstand.pdf), 2001.
- [142] Günter Lang. Passivhaus Nutzflächen nach Gebäudetypen. Website: igpassivhaus.cuisine.at/presse/files/20/flaechen%20nach%20sektoren%202008.jpg, IG Passivhaus Österreich, 2009.
- [143] Jürgen Laudenbach and Thomas Koch. CO₂-Einsparpotential durch Rohrleitungsdämmung. Studie, Zentrum für umweltbewusstes Bauen e.V., 2003.
- [144] Lebensministerium and Kommunalkredit Public Consulting. Umweltförderungen des Bundes 2008. Bericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2009.
- [145] Herbert Lechner. Analysis of Energy Efficiency of Domestic Electric Storage Water Heaters. Technical Report of the Project SAVE of the European Commission, European Commission, 1998.
- [146] Ulrike Lehr, Ingo Wolter, Martina Schuster, Annett Großmann, Katharina Kowalski, Wolfgang Jank, Bernd Vogl, and Christian Lutz. Gesamtwirtschaftliche Effekte der Umsetzung der EU-Ziele im Bereich Erneuerbare Energien und Gebäudeeffizienz in Österreich bis 2020. Nachhaltig für natur und mensch, Lebensministerium, 2008.
- [147] Leuchtmittelmarkt. Website, www.leuchtmittelmarkt.com.
- [148] Linz AG Linien. Geschäftsbericht 2006. Website, www.linzag.at/ps/tmp/lagweb_docudb/GB_2006.pdf, 2007.
- [149] Linz AG Linien. LINZ AG LINIEN auf einen Blick 2007. Website, www.linzag.at/navigation/section,id,147,nodeid,147,_country,ag,_language,de.html, 2009.
- [150] Linz AG Strom. Verdopplung der Leistung erhöht Eigenständigkeit. Website, www.linzag.at/pressecenter/section,id,956,nodeid,328,_country,ag,_language,de.html, 2007. Pressekonferenz: Fernheizkraftwerk Linz Mitte, Spatenstich zur Linie 1B.
- [151] Klaus Lucas. *Thermodynamik: Die Grundgesetze der Energie- und Stoffumwandlung*. Springer Verlag, 2006.
- [152] Lutz Stobbe. EuP Preparatory Studies 'Televisions' (Lot 5). Final Report on Task 2: Economic and Market Analysis. Report for tender no. tren/d1/40 lot 5-

- 2005, Öko-Institute und Fraunhofer IZM, Berlin, 2007.
- [153] MA18. Masterplan Verkehr Wien 2003. Bericht, Magistratabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung, Referat Verkehrsplanung und Regionalentwicklung, Wien, 2003.
- [154] Manfred Mevenkamp and Ralf Beszczynski. Energieeinsparung in Bildungseinrichtungen durch Gebäudetechnik. Projektabschlussbericht, Hochschule Bremen, 2007.
- [155] Paul Meyer, Max Büchler, Kurt Christen, and Andreas Waibel. Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltungskosten: Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten. Impulsprogramm IP Bau, Bundesamt für Konjunkturfüragen, Bern, 1995.
- [156] Christian Micksch. Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe – Herausforderungen und Chancen. Konvent'a 2008, Sächsische Energieagentur GmbH, 2008.
- [157] Phillip Nagl. Ermittlung des Wertes von Reisezeiteinsparungen und der Fahrzeugsbetriebskostengrundwerte zur Bewertung von Maßnahmen im Verkehr- Dokumentation zur RVS 02.01.22. ÖZV, 2, 2008.
- [158] Françoise Nemry, Guillaume Leduc, Ignazio Mongelli, and Andreas Uihlein. Environmental Improvement of Passenger Cars (IMPRO-car). Studie, European Comission, Joint Research Centre IPTS-Institute for Prospective Technologicaal Studies, Spain, 2008.
- [159] Newark-Sherwooddc. EST measures paybacks etc.list of svings for evaluation Dec. 2001. Website, www.newark-sherwooddc.gov.uk/ppimageupload/Image36998.PDF, 2001.
- [160] Niederösterreichische Landesregierung. Mobilität in Niederösterreich – Ergebnisse der landesweiten Mobilitätserhebung 2003. Website, <http://www.noe.gv.at/Verkehr-Technik/Verkehr-in-Zahlen/NOe-Mobilitaetsanalyse/mobilitaetsanalyse.pdf>, 2005.
- [161] André Nietlisbach. Volkswirtschaftliche Bedeutung von RAVEL am Beispiel einer WKK/WP-Strategie. Studie, Bundesamt für Konjunkturfüragen BfK, Dezember 1995.
- [162] Jürg Nipkow. Energiezukunft Schweiz-Energie sparen-Energieeffizienz. Präsentation, Berner Fachhochschule.
- [163] Nils Nissen. EuP Preparatory Study Lot 6 Standby and Off-mode Losses, Task 8 Scenario, Policy, Impact and Sensitivity Analysism. Report for tender no. tren/d1/40 lot 6-2005, Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration, IZM, Berlin, 2007.
- [164] ÖNORM EN 12464. Lichttechnik Arbeitsstättenbeleuchtung. Österreichisches Normungsinstitut, 1996.

- [165] ÖNORM M 7122. Begriffe der Energiewirtschaft-Wärmewirtschaft. Österreichisches Normungsinstitut, 1996.
- [166] Energiesparverband Oberösterreich.
- [167] Oberösterreichische Landesregierung. Verordnung der OÖ Landesregierung über die Förderung von Energiegewinnungsanlagen, die erneuerbare Energieträger nutzen. Landesgesetzblatt, 6.märz.2008, Oberösterreichische Landesregierung, 2008.
- [168] Oberösterreichische Landesregierung. Verordnung der OÖ Landesregierung über die Sanierung von Wohnungen, Wohnhäusern und Wohnheimen. Landesgesetzblatt Nr. 20/2008, Oberösterreichische Landesregierung, 2008.
- [169] Ochsner Wärmepumpen. Website, www.ochsner.at, 2008.
- [170] Christine Oehlinger, Gerhard Dell, Christiane Egger, and Karin Heindl. Innovative Beleuchtung. Website, www.esv.or.at/RESregions/fileadmin/esv_files/Unternehmen/Beleuchtung/ESV_Beleuchtung_32Seiter_Sicht.pdf.
- [171] Matthieu Orphelin, Cédric Carretero, Dominique Marchio, Paul Waide, Michel Carre, Carlos Lopes, Angel Cediél Galan, Mat Santamouris, Nick Klitsikas, Bill Mebane, Milena Presutto, Enzo Rusconi, Herbert Ritter, Sule Becirspahic, Dominique Giraud, Edgard Bossoken, Luigi Meli, Stefano Casandrini, and Philippe Auffret. Energy Efficiency of Room Air Conditioners. Study for the Directorate - General for Energy (DGXVII) of the Commission of the European Communities, Europäische Kommission, 1999.
- [172] Christian Orthum. Fachtagung Energieeffizienz Wärmemarkt: Welchen Beitrag leisten Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Bericht, Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.
- [173] Reinhard Padinger. Verringerung des Energieeinsatzes im "Haus der Zukunft" durch Nutzung innovativer Informationstechnologien. Berichte aus der Energie- und Umweltforschung, BMVIT, 2004.
- [174] Susanne Pech. Ein ökonometrisch geschätztes Simulationsmodell für die Region Niederösterreich und Burgenland. Master's thesis, Johannes Kepler Universität, Linz, 1994.
- [175] Wilfried Pohl. Energieeffiziente Beleuchtung-Trends und Chancen. Bericht, Bartenbach Licht Labor, 2007.
- [176] Jörg Probst. Energieeffiziente Kühlung von Bürogebäuden – Ein Überblick. Präsentation im Rahmen des Projekts coolregion im Auftrag von Intelligent Energy Europe und der Stadt Münster, 2008.
- [177] Peter Radgen. Energieeffiziente Elektromotorensysteme Focus Druckluft. Präsentation auf dem Wuppertaler Energieforum am 6. September 2007, 2007.
- [178] Rathaus Meldorf. Energieeinsparung durch innovatives

- Heizungsregelungskonzept – Bajorath-Regelung im Rathaus Meldorf. Fallstudie.
- [179] Ina Rüdenauer, Ulrike Eberle, and Rainer Grießhammer. Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung Wäschewaschen. Website, www.oeko.de/oekodoc/289/2006-008-de.pdf, 2006.
- [180] Ina Rüdenauer and Reiner Grießhammer. Produktnachhaltigkeitsanalyse von Waschmaschinen und Waschprozessen. Website, www.oeko.de/oekodoc/257/2004-036-de.pdf, 2004.
- [181] Hermann Recknagel, Ernst R. Schramek, and Eberhard Sprenger. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. Ouldenburg Industrieverlag München, 2007.
- [182] Johannes Reichl and Andrea Kollmann. Strategic Homogenisation of Energy Efficiency Measures – An Approach to Increase the Efficiency and Reduce the Costs of Energy Saving Calculations. *Working Paper at the Energy Institute at the Johannes Kepler University Linz*, 2008.
- [183] Johannes Reichl, Andrea Kollmann, Friedrich Schneider, and Robert Tichler. *Umsorgte Versorgungssicherheit - Eine empirische Analyse für den Strommarkt in (Ober-) Österreich*. Schriftenreihe des Energieinstitutes an der Johannes Kepler Universität Linz. Nr. 15. Universitätsverlag Rudolf Trauner, Linz, 2007.
- [184] Bernhard Rüger. Bereitschaftselastizität – Empirische Ermittlung zum Verkehrsmittelwahlverhalten. Website, publik.tuwien.ac.at/files/pub-bi_4712.pdf, 2005. Konferenz Verkehrswissenschaftliche Tage Dresden 2005.
- [185] Ulrich Römer. Einsparpotentiale bei der Beleuchtung in Industrie und Gewerbe. Präsentation am Workshop energiesparende Beleuchtung für Unternehmen in Norddeutschland, 2007.
- [186] Patrik Rohdin and Patrik Thollander. Barriers to and driving forces for energy efficiency in the non-energy intensive manufacturing industry in Sweden. *Science Direkt, Energy*, 31:1836–1844, 2006.
- [187] Patrik Rohdin, Patrik Thollander, and Petter Solding. Barriers to and drivers for energy efficiency in the Swedish foundry industry. *Energy Policy*, 35:672–677, 2006.
- [188] Rohmberg Bahntechnik. Ringstraßenbahn unteres Rheintal. Website, activepaper.tele.net/vntipps/Ringstraßenbahn_Unteres_Rheintal.pdf, 2008.
- [189] Wolfgang Rössler. Steigerung der Energieeffizienz im Kontext des EU-Labels am Beispiel der Waschmaschinen. Workshop, dena, Berlin, "Neugestaltung der Energieverbrauchskennzeichnung", ZVEI, Frankfurt, 2006.
- [190] S. Fischer and E. Jochen and V. Knopf and E. Tönsing. Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung in kleinen und mittleren Unternehmen. Technical report, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.

- [191] Nanna Nora Sagbauer. Analyse der wirtschaftlichen und technischen Perspektiven für effizienteren Energieeinsatz bei der Beleuchtung. Diplomarbeit, Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft an der Technischen Universität Wien, Wien, 2008.
- [192] Landesregierung Salzburg. Anschlussbahnen auf dem Prüfstand. Website, www.salzburg.gv.at/themen/ve/verkehr/gueterverkehr-2/anschlussbahn/anschlussbahntagung090203.htm, 2009.
- [193] Jürgen Sand. Energieeffizienz als Marktchance – Einsatz Effizienter Pumpensysteme. Präsentation bei dem Internationalen Energie Forum Moskau 27-29 Nov 2009, 2007.
- [194] Peter Sattler. Energieeffiziente Druckluftanwendung. Studie im Auftrag der Stadt Wien, 2008.
- [195] Peter Sattler, Karin Fuchsberger, and Claus Webersdorfer. Möglichkeiten der Energieeffizienz in der Industrie durch Anwendung bester verfügbarer Technologien. Studie, 2008.
- [196] Helmut Schöberl. Anwendung der Passivhaustechnologie im sozialen Wohnbau. Metaanalyse bereits errichteter Passivhäuser, Institut für nachhaltige Technologien, 2005.
- [197] Lothar Schäfer and Bernd Hanel. Wärmedämmung von Sanitär- und Heizungsrohrleitungen gegen Energieverluste. Fachbeitrag.
- [198] Ralf Schüle. Ex ante assessment of national policies - evaluation and monitoring of esd energy savings in neeaps. Presentation held at the emees final conference, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2008.
- [199] Christiane Schmid. *Energieeffizienz in Unternehmen. Eine wissenschaftliche Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten*. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2004.
- [200] Christiane Schmid, Anselm Brakhage, and Peter Radgen. Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch. Projektendbericht des Fraunhofer ISI und der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., Fraunhofer ISI und Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., München, 2003.
- [201] Christiane Schmid, Anselm Brakhage, and Peter Radgen. Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch. Bericht 20141136, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Juli 2003.
- [202] Ralf Schmidt-Pleschka and Uwe Milles. Energie sparen bei der Kälteerzeugung. basisEnergieinfo 20, Fachinformationszentrum Karlsruhe,

- 2006.
- [203] Werner Scholz. TopRunner-Ansatz aus Sicht eines Industrieverbands. Präsentation, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., 2006.
- [204] Schwank Hellstrahler. Das Hellstrahlerprinzip. Innovative Hallenheizung. Broschüre. website, www.schwank.de/pdf/hellstrahler-prinzip.pdf.
- [205] Schweizer Agentur für Energieeffizienz. Website, www.energieeffizienz.ch/d/IndexAktuell.html.
- [206] Schweizer Akademie der technischen Wissenschaften. CH50% - Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossilen Energien. Website, www.satw.ch/publikationen/schriften/30_ch50_d, 1999.
- [207] Südwestrundfunk. Website, www.swr.de.
- [208] Siemens Financial Services. Maintaining the Green Momentum. Eine Studie zu privatwirtschaftlichen Investitionen in „grüne“ Ausrüstung und Technologie in Europa, Siemens, Februar 2009.
- [209] sillian-info.at. Heizkostenvergleich: Fernwärme-Ölheizung. Website, www.sillian-info.at/fernwaerme-sillian/html/hauptseiten/heizkostenvergleich.htm.
- [210] Smart Buildingproducts. Website, www.smartbuildingproducts.com/casestudies/files/Combo%20Savings%20Summary.pdf.
- [211] Solarwärme. Einfamilienhaus-Geld sparen. Website, www.solarwaerme.at/EFH/Geld-sparen/, 2009.
- [212] Stadt Wien. Technologieleitfaden Umwälzpumpen. Website, www.wien.gv.at/wirtschaft/eu-strategie, MA 27.
- [213] Rainer Stamminger and Gisela Goerdeler. Aktionstag Nachhaltiges Waschen- Was macht der Verbraucher? Website, www.forum-waschen.de/doc/files/15831/Sonderdruck_Waschen.pdf, 2007.
- [214] Statistik Austria. Verkehrsstatistik 2006. Website, www.statistik.at/web_de/static/verkehrsstatistik_2006_025830.pdf.
- [215] Statistik Austria. Gebäude und Wohnungen 2001 nach Eigentümer, Eigentümerin des Gebäudes und Gebäudeart. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/wohnen_und_gebaeude/bestand_an_gebaeuden_und_wohnungen/022978.html, 2001.
- [216] Statistik Austria. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html, 2007.
- [217] Statistik Austria. Betriebs- und Verkehrsleistungen im Personenverkehr auf

- dem österreichischen Schienenverkehrsnetz im Jahr 2007. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/schiene/personenverkehr/022525.html, 2008.
- [218] Statistik Austria. Durchschnittlicher Stromverbrauch der Haushalte 2008 nach Verbrauchskategorien. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/035454.html, 2008.
- [219] Statistik Austria. Haushaltsprognose 2008. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/haushaltsprognosen/023526.html, 2008.
- [220] Statistik Austria. Strom- und Gastagebuch 2008. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html, 2008.
- [221] Statistik Austria. Website, www.statistik.at, 2009.
- [222] Statistik Austria. Schienengüterverkehr aller Eisenbahnverkehrsunternehmen auf dem österr. Schienenverkehrsnetz in den Jahren 2008 und 2007. Website, www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/schiene/gueterverkehr/022526.html, 2009.
- [223] Statistik Luzern. Verkehrsverhalten im Kanton Luzern. Website, www.lustat.ch/lustatnews_2007_07_09.pdf, 2007.
- [224] Steirische Gas-Wärme GmbH. Website, www2.e-steiermark.com/.
- [225] Österreichische Energieagentur Austrian Energy Agency. topprodukte.at. Website (11.05.2009), www.topprodukte.at, 2009.
- [226] Österreichisches Institut für Bautechnik. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Oib-richtlinie 6, OIB, 2007.
- [227] Stiftung Warentest. Website, www.test.de.
- [228] Stiftung Warentest. Heizkörperthermostate - auf Sparen programmiert. Website, www.test.de/themen/umwelt-energie/test-Heizkoerperthermostate/1672635/1672635/1676363, 2008.
- [229] Manfred Stockmayer, Gerald Dunkel, Karl Gruber, Daniela Kletzan, Angela Köppl, Stefan Schleicher., Klaus Sehligh, and Gregor Thenius. Kraft-Waerme-Kopplung in Österreich. Perspektiven für technologische Innovationen und institutionelle Reformen in Österreich und Eruopa. Studie, WIFO, 2005.
- [230] Michaela Störkmann. Nachträgliche Dämmung von zugänglichen Rohrleitungen im Wohnungsbestand. Studie, 2007.
- [231] The European Heat Pump Association. EHPA - Action Plan. Action plan. website, www.ehpa.org/uploads/media/ehpa_action_plan.pdf, EHPA, 2008.
- [232] Robert Tichler. Volkswirtschaftliche Analyse des Maßnahmenprogramms

- "Energiezukunft 2030 der Oberösterreichischen Landesregierung. Studie im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, 2009.
- [233] Top Ten International Group. Website, www.topten.ch, 2009.
- [234] Andreas Tropper, Kristina Edlinger-Ploder, and Alfred Nagelschmied. Das Steirische Gesamtverkehrskonzept 2008+. Gesamtverkehr und Projektierung, Amt der steirischen Landesregierung, Fachabteilung, Graz, 2008.
- [235] Vaillant. Website, www.vaillant.at, 2008.
- [236] Paul Van Tichelen. Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs Final Report, Lot 19: Domestic lighting. Draft final task report, task 2: Economic and market analysis, Vision on technology, 2008.
- [237] Paul Van Tichelen. Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs Final Report, Lot 19: Domestic lighting. Draft final task report, task 8: Scenario-policy-impact and sensitivity analysis, Vision on technology, 2008.
- [238] VCOE. Jährlich werden 5,4 Milliarden Kilometer zu Einkaufszentren und Supermärkten gefahren. Website, www.vcoe.at/start.asp?ID=3801&b=1, 2007.
- [239] VCOE. Kilometergeld für den öffentlichen Verkehr. Website, www.vcoe.at/start.asp?b=1&ID=3066, 2007.
- [240] VCOE. Im Jahr 2008 Rückgang des Treibstoffverbrauchs in Österreich. Website, www.vcoe.at/start.asp?ID=4266&b=92, 2009.
- [241] VCOE. Österreicher fahren im Schnitt 194 Millionen Kilometer pro Tag mit dem Auto. Website, www.vcoe.at/start.asp?b=92&ID=4309, 2009.
- [242] VDI 2055. Wärme- und Kälteanlagen für Betriebs- und Bautechnische Anlagen. Richtlinie, VDI, 1994.
- [243] VDI 2078. Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude. Richtlinie, Verein Deutscher Ingenieure, 2003.
- [244] VDI-Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. *VDI Wärmeatlas*. VDI-Verlag, 2006.
- [245] VEÖ. Jahresstromverbrauch in Kilowattstunden. Website, www.veoe.at.
- [246] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. Website, www.vdma.org.
- [247] Christian Vögel. Messung von Wärmepumpen in neu errichteten Gebäuden. Studie, Land Vorarlberg, 2007.
- [248] Visumsurf. Website, www.visumsurf.ch.
- [249] Jean Vivier. Vergleich der volkswirtschaftlichen Kosten des ÖPNV und des PKW im Stadtgebiet. Der öffentliche Nahverkehr in der Welt, 1999.
- [250] Nadja von Hahn. *Lufttechnik in Industriehallen*. 2005.

- [251] Vorarlberger Landesregierung. Verkehrskonzept. Verkehrskonzept Vorarlberg 2006, Amt der Vorarlberger Landesregierung, Vorarlberg, 2006.
- [252] preisroboter.de Website, 2009.
- [253] www.brennwert-geraete.at Website.
- [254] www.ecoptopten.de Website, 2009.
- [255] www.hausgeraete-plus.de/geschirrspueler/energieverbrauch.php Website.
- [256] www.ihk-koeln.de/Navigation/InnovationUndUmwelt/Energie/Anlagen/1Huettenhoelscher.pdf Website.
- [257] www.oekombi.at Website.
- [258] www.plaston.com Website.
- [259] Alexander Wegscheider-Pichler. Strom- und Gastagebuch 2008. Strom und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte. Auswertung Gerätebestand und Einsatz. Projektbericht, Statistik Austria, Wien, 2009.
- [260] Doris Wirth. Technologieleitfaden Beleuchtung. Leitfaden, MA 27, 2007.
- [261] WKO. *Statistisches Jahrbuch 2009*. Wirtschaftskammern Österreich, 2009.
- [262] Gerhard Wohlauf, Stefan Thomas, Wolfgang Irrek, and Olav Hohmeyer. Optimierung der Heizungssysteme und hocheffiziente Umwälzpumpen in größeren Gebäuden. Endbericht, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2005.
- [263] Wohnnet. Planung und Auslegung von thermischen Solaranlagen. Website, www.wohnnnet.at/planung-und-auslegung.html, 2009.
- [264] Wohnnet. Wärmeenergie von der Sonne-Solarthermie. Website, www.wohnnnet.at/solarenergie.html, 2009.
- [265] Mechthild Zumbusch. Energiesparende Beleuchtung für Industrie und Gewerbe. Studie, Berliner Energieagentur GmbH, 2008.

IMPRESSUM

Verfasser

Energieinstitut an der Johannes Kepler
Universität Linz
Altenberger Straße 69, 4040 Linz

Telefon: +43-732-2468-5656

Fax: +43-732-2468-5651

E-Mail: office@energieinstitut-linz.at

Johannes Reichl
Andrea Kollmann
Robert Tichler
Natalia Pakhomova
Simon Moser
Sebastian Görs
Johannes Lindorfer
Elisabeth Greibl
Karin Fazeni
Reinhard Haas
Andreas Müller
Nana Sagbauer
Maximilian Kloess

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die
Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at