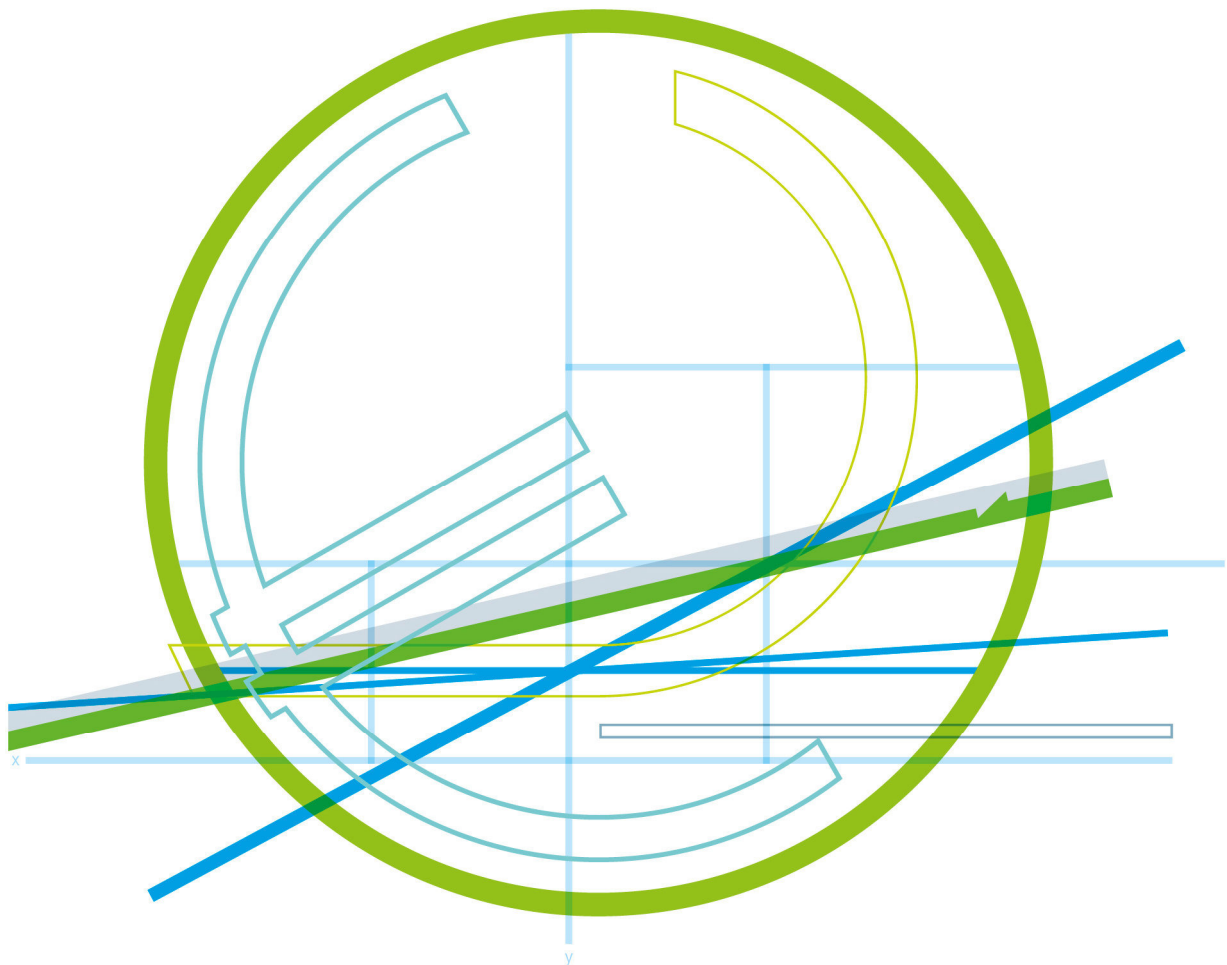


Energieautarke Stadt – Netzzusammenlegungen

Die energieautarke und klimaneutrale Stadt
regionale Smart Grids (Wärme, Kälte,
Strom) aus erneuerbaren Energien



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 „Neue Energien 2020“. 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

1	EINLEITUNG	4
1.1	Aufgabenstellung	6
1.2	Schwerpunkte des Projekts	7
1.3	Zielsetzungen	8
2	AUSGANGSSITUATION	12
3	GRUNDDATENERMITTLUNG	13
3.1	Raumbezogene Qualitätskriterien, stadträumliche Typologie	13
3.1.1	Definition von Qualitätskriterien für eine „Energieautarke Stadt“ (und Siedlungsstruktur)	13
3.1.2	Konzeption eines idealtypischen nachhaltigen (räumlich-funktionalen) Siedlungsmodelles	14
3.1.3	Definition der Auswahlkriterien für Modellregionen	20
3.1.4	Auswahl von Modellfällen für Siedlungstypen	21
3.1.5	Beschreibung der Siedlungstypen / Stadt- bzw. Siedlungsraumtypen	28
3.1.6	Idealtypische Siedlungsmodelle	44
3.1.6.1	Idealtypisches Siedlungsmodell (konzeptionelles Modell EcoCity)	45
3.1.6.2	Fiktive Zersiedelung	48
3.1.7	Anmerkungen zur Berechnungs- und Kartierungsmethodik	49
3.2	Leistungsbedarfsermittlung	52
3.2.1	Methodik Leistungsbedarfsermittlung	52
3.2.2	Analyse der Flächen - und Zellenübersicht - Entwicklung der Verbrauchsmodelle	53
3.2.3	Grundlagen und Berechnungen der spezifischen Verbrauchsdaten	54
3.2.3.1	Siedlungstyp 2 – „urbane Siedlung“: Thaur/Rum	54
3.2.3.2	Die Berechnungsdiagramme der restlichen Siedlungstypen	65
3.2.4	Zusammenfassung der spezifischen Jahresverbräuche	65
3.3	Elektromobilität	67
3.3.1	Einleitung	67
3.3.2	Grundlagen zur Mobilität	68
3.3.3	Untersuchungsmethodik	69
3.3.3.1	Grundlegende Festlegungen	69
3.3.3.2	Annahmen für den Öffentlichen Verkehr (ÖV)	70
3.3.3.3	Annahmen für den motorisierten Individualverkehr (MIV)	70
3.3.4	Berechnung und verwendete Daten	71
3.3.4.1	Vorgangsweise	71
3.3.4.2	Festlegung von Szenarien	72
3.3.5	Ergebnisse	75

3.3.6	Einfluss des Energiebedarfs für Mobilität auf die Energieautarkie	75
3.3.7	Energieverbrauch der Mobilität in Wiener Neustadt und im Pulkautal	79
3.4	Energiepotenziale	80
3.4.1	Potenzialanalyse Photovoltaik	80
3.4.1.1	Photovoltaik in Österreich	82
3.4.1.2	Photovoltaik Energiefeld	86
3.4.1.3	Photovoltaik am Standort Wiener Neustadt	89
3.4.1.4	Photovoltaik am Standort Thaur / Rum	92
3.4.1.5	Photovoltaik am Standort Pulkautal	99
3.4.1.6	Photovoltaik am Standort Donauzentrum	102
3.4.1.7	Standortvergleich Photovoltaik	104
3.4.1.8	Ökonomische Betrachtungen	108
3.4.2	Potenzialanalyse Windenergie	112
3.4.2.1	Windkraftpotenzial in Österreich	112
3.4.2.2	Windkraftanlagen	115
3.4.2.3	Windkraft am Standort Wiener Neustadt	119
3.4.2.4	Windkraft am Standort Thaur / Rum	123
3.4.2.5	Windkraft am Standort Pulkautal	126
3.4.2.6	Windkraft am Standort Donauzentrum	129
3.4.2.7	Windkraft – Standortvergleich	133
3.4.2.8	Ökonomische Betrachtungen	134
3.4.3	Potenzialanalyse Geothermie	137
3.4.3.1	Wärmepumpen	139
3.4.3.2	Eignung der Geothermie für den Einsatz im Wärme - Smart Grid	141
3.4.4	Potenzialanalyse Solarthermie	142
3.4.4.1	Solarkollektoren	142
3.4.4.2	Solarthermie am Standort Wiener Neustadt	146
3.4.4.3	Solarthermie am Standort Thaur / Rum	147
3.4.4.4	Solarthermie am Standort Pulkautal	148
3.4.4.5	Solarthermie Standort Donauzentrum	149
3.4.5	Potenzialanalyse Biomasse	150
3.4.5.1	Raps – BHKW – Biogas – ORC- Kombianlage	152
3.4.5.2	Biogas	162
3.4.5.3	Holz	163
3.4.6	Potenzialanalyse Ersatzbrennstoffe	165
3.4.6.1	Abfallaufkommen	168
4	WÄRME SMART GRID ENTWICKLUNG	169
4.1	Wärmespeicherung	172
4.2	Speichertypen	173
4.2.1	Behälter-Wärmespeicher	174

4.2.2	Erdbecken-Wärmespeicher	178
4.2.3	Erdsonden Wärmespeicher	179
4.2.4	Aquifer Wärmespeicher	180
4.3	Wärmespeicher	180
5	ENERGIEAUTARKIE	182
6	ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	183
6.1	Siedlungstyp 1 - „Stadt“: Wiener Neustadt	183
6.2	Siedlungstyp 2 – „urbane Siedlung“: Thaur / Rum	187
6.2.1	Energieversorgung mittels lokaler Ressourcen	189
6.2.1.1	Wärmeversorgung durch lokale Ressourcen	191
6.2.1.2	Stromversorgung durch lokale Ressourcen	192
6.2.2	Wärme-Smart Grid	194
6.2.2.1	Berechnung der Emissionen	195
6.2.3	Elektromobilität	197
6.3	Siedlungstyp 3 – „ländlicher Raum“: Pulkatal	199
6.4	Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum	202
6.5	Schlussfolgerungen	206
7	AUSBLICK	210
8	ANHANG	211
8.1	Grundlagen der spezifischen Verbrauchsdaten	211
8.1.1	Siedlungstyp 1 – „Stadt“: Wiener Neustadt	211
8.1.2	Siedlungstyp 3 – „ländlicher Raum“: Pulkatal	218
8.1.3	Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum	223
8.2	Energiebedarf	232
8.2.1	Siedlungstyp 1 – „Stadt“: Wiener Neustadt	232
8.2.2	Siedlungstyp 2 – „urbane Siedlung“: Thaur / Rum	234
8.2.3	Siedlungstyp 3 – „ländliches Gebiet“: Pulkatal	235
8.2.4	Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum	237
9	LITERATURVERZEICHNIS	239
10	GLOSSAR	247

Kurzfassung

Ausgangssituation / Motivation

Die derzeitige Energiebereitstellung mittels fossiler Brennstoffe in zentralen Heiz(kraft)werken führt zu erheblichen negativen Auswirkungen auf die Umwelt (CO₂, CO, NO_x, SO₂, Feinstaub,...) Aufgrund der bisherigen Energiekonzepte müssen große Entfernungen zum Verbraucher überbrückt werden. Hierbei wird in Kauf genommen, dass derzeit bis zu 20% der bereitgestellten Energie wieder verloren geht.

Ziele und Inhalt

Der Lösungsansatz für diese Problematik ist die Umstellung der zentralisierten Energieversorgung auf ein Netz naher, regionaler Energielieferanten. Der Verbund dieser dezentralen Energiesysteme bildet ein regionales „Wärme Smart Grid“, welches mit erneuerbaren, regionalen Energieträgern (Biomasse, Ersatzbrennstoffe, Solarenergie, Geothermie, usw.) betrieben wird.

Das Ziel ist ein raumbezogenes Energieversorgungskonzept, in dem dezentrale Energiezentralen in verschiedene Siedlungstypen integriert werden.

Methodische Vorgehensweise

Das als Lösungsansatz formulierte Energieversorgungskonzept wurde auf der Grundlage von vier Siedlungstypen an Hand je eines Modellfalles überprüft und weiter entwickelt. Die Siedlungstypen „Stadt“, „urbane Siedlung“, „ländliches Siedlungsgebiet“ und „Zentren mit einem spezifischen Einsatzgebiet“ (Gewerbe-, Industriegebiet sowie Mischgebiet) wurden zur Ausarbeitung gewählt.

Ergebnisse

Das Prinzip eines Wärme Smart Grid konnte prinzipiell bei allen vier untersuchten Siedlungstypen realisiert werden. Mittels der angewendeten Methodik ist es möglich, quantitative und qualitative Aussagen bezüglich einer möglichen Energieautarkie in einem definierten Siedlungsgebiet zu treffen und Konzepte zur Optimierung des Siedlungs- und Raumnutzungsgefüges auszuarbeiten. Die Untersuchungen hinsichtlich einer möglichst autarken Energieversorgung für die vier Modellfälle haben gezeigt, dass das Erreichen einer Energieautarkie stark abhängig von der verfügbaren Nutzfläche für Biomasse ist.

Abstract

Initial situation / motivation

Current energy provision on the basis of fossil fuels in centralised thermal power plants involves a considerable negative impact on the environment (CO₂, CO, NO_x, SO₂, respirable dust,...) Traditional concepts require energy to travel large distances to reach the consumers. It is an accepted fact that this involves transmission energy losses of up to 20%.

Objectives and content

A solution to this problem is the conversion of a centralised energy supply system to an integrated network of local or regional energy suppliers. Linking up such a decentralized energy system results in a regional “thermal smart grid” which operates on the basis of renewable, local energy sources (biomass, refuse-derived fuels, solar energy, geothermal energy, etc.).

The objective is to devise a regional energy supply system which integrates decentralized energy plants in various types of settlement.

Methodological approach

The energy supply concept was assessed and developed on the basis of four model cases, one each for four settlement types. The four settlement types chosen for in-depth study were “city”, “urban settlement”, “rural settlement” and “neighbourhoods with a specific type of use” (industrial district, heavy industry district, mixed-use zone).

Results

The principle of a “thermal smart grid” was found to be potentially feasible for each of the four settlement types studied. The methodology used enables the designers to make quantitative and qualitative statements about the potential energy self-sufficiency in a defined settlement area and to develop concepts for an optimisation of settlement and space-utilisation structures. Investigations into the achievable levels of self-sufficiency for the four model cases have shown energy self-sufficiency depends strongly on the surface available for biomass cultivation.

1 Einleitung

Derzeit befindet sich der österreichische Energiesektor in einer weitestgehenden Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen aus dem Ausland. Zusätzlich zu der Abhängigkeit ergeben sich durch die fossilen Brennstoffe störende Auswirkungen auf die Umwelt (CO_2 , CO , NO_x , SO_2 , Feinstaub....).

In der derzeitigen Energiebereitstellung stellt die übliche Vorgangsweise, Energie aus fossilen Rohstoffen zu gewinnen durch erhebliche negative Umweltauswirkungen und den Verbrauch von nicht erneuerbaren wertvollen Ressourcen ein wesentliches Problem dar. In Österreich hat sich im Zuge des Kyoto-Protokolls und der stark schwankenden Rohstoffpreise von fossilen Energieträgern ein intensiveres Umweltbewusstsein ausgeprägt. Österreich beschreitet schon viele Jahre eine zukunftsweisende Richtung, welche auf die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern abzielt.

1.1 Aufgabenstellung

Bisher wurde die im Siedlungsraum benötigte Energie im Normalfall in einem zentralisierten System von Heizkraftwerken und Kraftwerken gewonnen, welche häufig am Siedlungsrand angesiedelt sind. Aufgrund der bisherigen Energiekonzepte müssen große Entfernungen zum Verbraucher überbrückt werden. Hierbei wird in Kauf genommen, dass derzeit bis zu 20% der bereitgestellten Energie wieder verloren geht.

Aus der Größe der gegenwärtigen Anlagen resultiert, dass diese meist abseits von Städten und Siedlungen errichtet werden müssen, weil es meist nicht möglich ist, diese in der Nähe der Verbraucher zu positionieren.

Deshalb kann die Energieversorgung nur unter der Inkaufnahme von hohen Transportverlusten gewährleistet werden. Jedoch sollte der Fokus auf der effektiven Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie liegen. Die limitierenden Größen beim Wärme- bzw. Kältetransport sind die physikalischen Eigenschaften der Rohre und Isolierungen, weil über die gesamte Rohrlänge Energie verloren geht. Die Verluste können in Summe bis zu 20% ausmachen. Abb. 1 zeigt das Schema einer zentralen Energieversorgung, welche derzeit den Stand der Technik widerspiegelt. Die Verbraucher können dabei entsprechend der Entfernung zur Energiezentrale in Nahverbraucher, Mittelverbraucher und Fernverbraucher unterteilt werden. Speziell bei den Verbrauchern mit großer Entfernung zum Energieerzeuger muss mit hohen Transportverlusten gerechnet werden. Dadurch ist die Effizienz der gesamten Versorgung gemindert und sowohl die ökonomische als auch ökologische Sinnhaftigkeit müssen in Extremfällen in Frage gestellt werden.

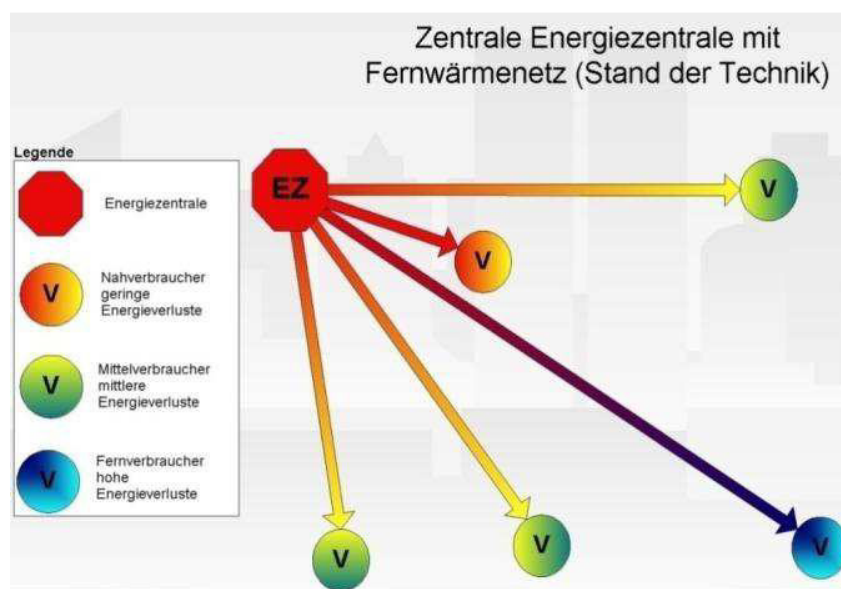


Abb. 1: Schema einer zentralen Energieversorgung

Der Lösungsansatz für diese Problematik ist die Umstellung der zentralisierten Energieversorgung auf ein Netz naher regionaler Energielieferanten. Dieser Ansatz bringt den Energieerzeuger in unmittelbare Nähe zu den Konsumenten, wodurch die Energiebereitstellung direkt am Ort des Bedarfs erfolgt. Der Verbund dieser dezentralen Energiesysteme bildet ein regionales „Wärme Smart Grid“ (das Hauptaugenmerk liegt beim Wärmemanagement), welches mit erneuerbaren, regionalen Energieträgern (Biomasse, Ersatzbrennstoffe (EBS), Solarenergie, Geothermie usw.) betrieben wird. Dieser Verbund soll in der Lage sein, das gesamte Einzugsgebiet mit Wärme und Kälte (mittels Absorptionskältemaschine) zu versorgen.

1.2 Schwerpunkte des Projekts

Die vorliegende technische Machbarkeitsstudie hatte das Ziel, ein detailliertes raumbezogenes Energieversorgungskonzept zu erstellen, in dem räumlich differenziert ermittelt wurde, inwiefern dezentrale Energieerzeuger in verschiedene Siedlungstypen integriert werden können, um auf diese Weise die Selbstversorgungsquote auf 95% zu erhöhen.

Das als Lösungsansatz formulierte Energieversorgungskonzept wurde auf der Grundlage von vier Siedlungstypen an Hand je eines Modellfalles überprüft und weiter entwickelt. Die Siedlungstypen „Stadt“, urbane Siedlung, ländliches Siedlungsgebiet und Zentren mit einem spezifischen Einsatzgebiet (Gewerbe-, Industriegebiet sowie Mischgebiet) wurden zur Ausarbeitung gewählt.

Die Untersuchungen hinsichtlich einer möglichst autarken Energieversorgung für die vier Modellfälle haben gezeigt, dass das Erreichen einer Energieautarkie stark abhängig von der verfügbaren Nutzfläche für Biomasse ist. Für die vorliegende technische Machbarkeitsstudie wurde nicht zwischen landwirtschaftlich genutzter bzw. Brachfläche differenziert. Dabei unterscheiden sich die Ausformungen einer energieautarken Region in den verschiedenen betrachteten Modellfällen vor allem nach topografischen Gegebenheiten, Siedlungsstruktur und Kompaktheit und räumlicher Organisation der Raumfunktionen und Raumnutzungen. In der vorliegenden technischen Machbarkeitsstudie wird davon ausgegangen, dass ein Definitionskriterium für regionale Energieautarkie eine für jeden Monat im Jahr positive Wärme- bzw. Strombilanz ist. Eine Wärmebilanzierung über das Gesamtjahr erscheint für die Konzeption einer energieautarken Region nicht sinnvoll, weil im Sommer überschüssige Wärmemengen über mehrere Monate nur sehr begrenzt speicherbar sind.

Als „Energieautarke Region“ wird ein Siedlungsgefüge - bestehend aus Natur- und Freiräumen, räumlicher Infrastruktur (inkl. Verkehrsinfrastruktur) und Siedlungseinheiten („Energieautarke Städte“) - definiert, das für seine Fläche und Einwohnerzahl in der Lage ist, den raumbezogenen Energiebedarf für Wärme, Kälte und Strom inkl. Bevölkerungsmobilität bezogen auf die Ganglinien (Tag, Monat und Jahr) der Energieträger innerhalb der räumlich-funktionalen Systemgrenze abzudecken.

Als weiterer Schwerpunkt der technischen Machbarkeitsstudie wurde der Energieverbrauch für die Mobilität in den verschiedenen Modellfällen untersucht. Grundlage hierfür war der für die Modellregion Rum-Nord/Thaur ermittelte personenbezogene Energiebedarf. Die Mobilität der Bevölkerung hängt wesentlich von deren individuellen Bedürfnissen und den Möglichkeiten ab. Der Mobilitätsaufwand, ergibt sich aus den Wegen die für eine Befriedigung der Bedürfnisse zurückgelegt werden müssen. Dieser ist abhängig von der Lage des Ausgangs- und Zielortes, sowie dem Angebot und der Verfügbarkeit von Verkehrsinfrastruktur (Verkehrsnetze).

1.3 Zielsetzungen

Die genaue Analyse einer zentralen Energieversorgung lässt den Schluss zu, dass es sinnvoll ist, die auftretenden Verluste möglichst gering zu gestalten. Die Verlustleistung des Wärmetransportnetzes sollte maximal ca. 10% betragen. Aus diesem Grund soll im Rahmen der vorliegenden technischen Machbarkeitsstudie die Möglichkeit einer dezentralen Energieversorgung untersucht werden.

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie soll ein intelligentes Wärmenetz, das „Wärme Smart Grid“ entwickelt werden, welches auf dem Einsatz von dezentralen Energieproduzenten auf der Basis von erneuerbaren Energien, den Energiezentralen, beruht. Ziel ist es, die Ganglinien der

Energieerzeuger und Verbraucher so zu vernetzen, dass die Tages-, Monats- und Jahresganglinien zusammengeführt werden.

Das „Wärme Smart Grid“ wird von mehreren, voneinander an sich unabhängigen, dezentralen und auf erneuerbaren Ressourcen (Biomasse, Ersatzbrennstoffe (EBS), Geothermie, Solarenergie) aufbauenden Energiezentren gespeist. Diese sollen ganzjährig (8.000 Betriebsstunden/Jahr) bei möglichst optimaler Auslastung betrieben werden. Dieser Verbund an Verbrauchern und Erzeugern sorgt dafür, dass alle Wärmeerzeugungsanlagen möglichst ökonomisch und ökologisch optimal genutzt werden. Ökonomisch bedeutet durchgehender Betrieb, kürzere Amortisationszeiten als bei bisherigen Einschaltdauern und intermittierendem Teillastbetrieb. Durch den Dauerbetrieb ergibt sich aufgrund der geringeren Korrosion der Kessel eine höhere Lebensdauer. Ökologisch ergibt sich bei Verbrennungsanlagen durch den nicht intermittierenden Betrieb ein geringerer Schadstoffausstoß. Der Grund ist, dass während der Aufwärm- und Abkühlphase bei thermischen Verwertungsanlagen die höchsten Schadstoffkonzentrationen emittiert werden.

Weiters sollen die Möglichkeiten einer möglichst autarken, regionalen Energieversorgung der vier definierten Siedlungstypen ermittelt und bewertet werden. Als regionale und lokale Energieträger für die Wärme- bzw. Stromversorgung kommen Biomasse (Holz, Maissilage, Raps), Sonnenenergie (Solarthermie und Photovoltaik), Windkraft, Geothermie, Kleinwasserkraftanlagen sowie thermische Verwertungsanlagen in Frage.

Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung eines kombinierten Energie- und Raumnutzungskonzeptes auf der Grundlage einer nachhaltigen, raumbezogenen Energieplanung unter Berücksichtigung der Tages-, Monats- und Jahresganglinie

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, ist die Wärmebelegungsdichte als Kennwert für das Verhältnis von Wärmeenergieverbrauch zu Leitungslänge von essentieller Bedeutung im Bezug auf die Wärmeverluste. Bei Fernwärmeleitungen auf dem neuesten Stand der Technik, können die Verluste beim Transport ab einer Belegungsdichte von ca. 1,5 auf unter 10% begrenzt werden.

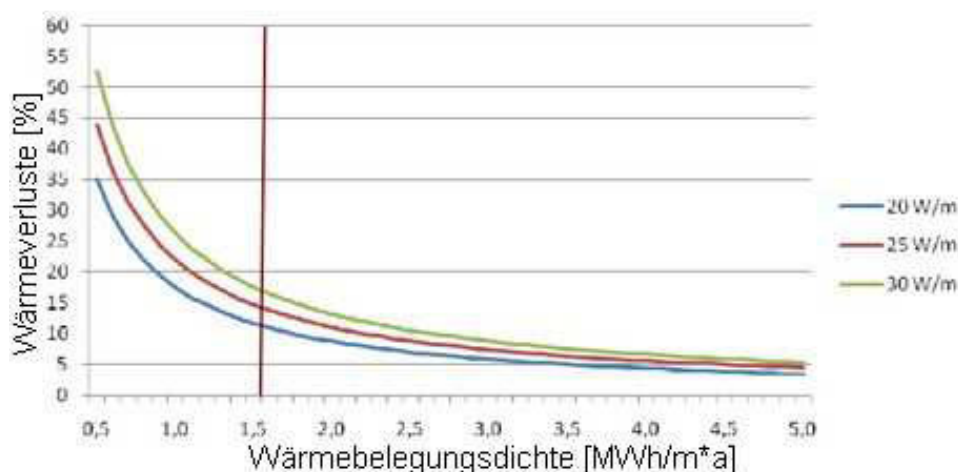


Abb. 2: Verluste Wärmenetz [Leuchtweis 2010]

Aus Abb. 3 ist ersichtlich, dass eine höhere Wärmebelegungsichte zusätzlich zu geringen Wärmeverlusten auch einen geringeren spezifischen Pumpenergiebedarf zur Folge hat.

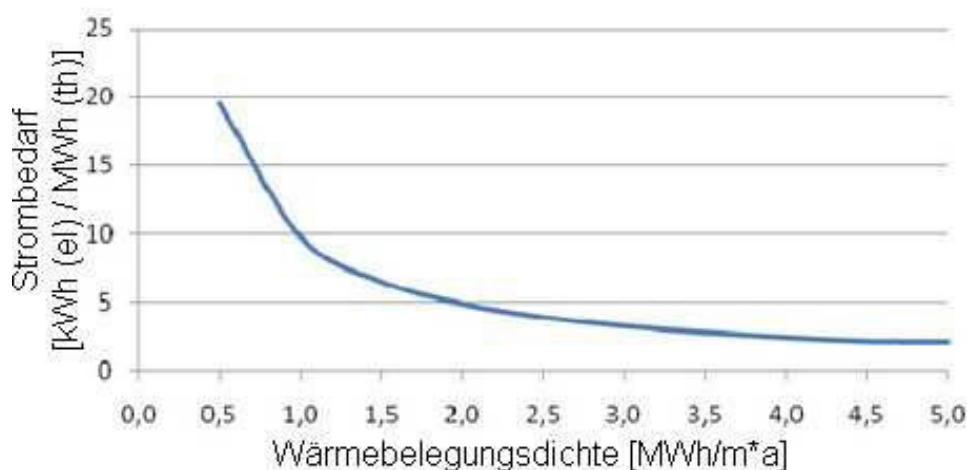
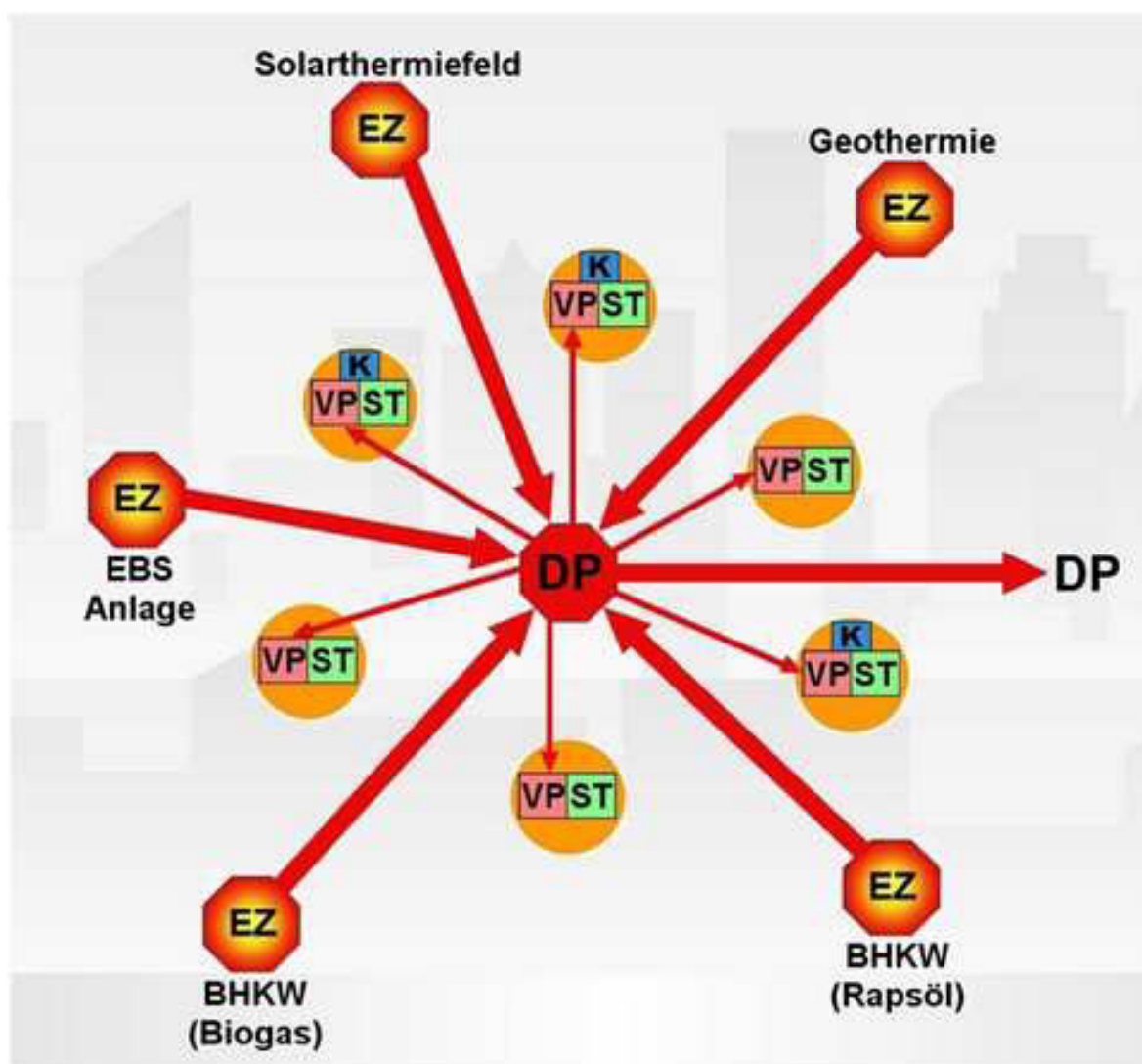


Abb. 3: Pumpenergiebedarf Wärmenetz [Leuchtweis 2010]

Das vorgestellte Energieversorgungskonzept bedeutet einen Wechsel von der bisherigen zentralen Energieproduktion zu einer dezentralen, auf lokale Bedingungen angepassten Energieversorgung auf der Basis von erneuerbaren Energien. Regionale Ressourcen wie Biomasse, Solarenergie, Ersatzbrennstoffe, Wasserkraft sollen für den Betrieb von Kleinanlagen genutzt werden.



Legende



Abb. 4: Schema eines Wärme-Smart Grids, Quelle: 1) [Fisch 1999]

2 Ausgangssituation

Am Ausgangspunkt der vorliegenden technischen Machbarkeitsstudie konnte auf keine bestehenden und gesicherten Daten bezüglich städtebaulicher Struktur sowie Leistungsbedarfswerte zurückgegriffen werden.

Um Aussagen im Bezug auf Energieautarkie und Versorgung mittels Wärme-Smart Grid treffen zu können, wurden die gewählten Modellfälle („Stadt“, „urbane Siedlung“, „ländlicher Raum“ und „spezifisches Einsatzgebiet“) einer detaillierten Analyse unterzogen.

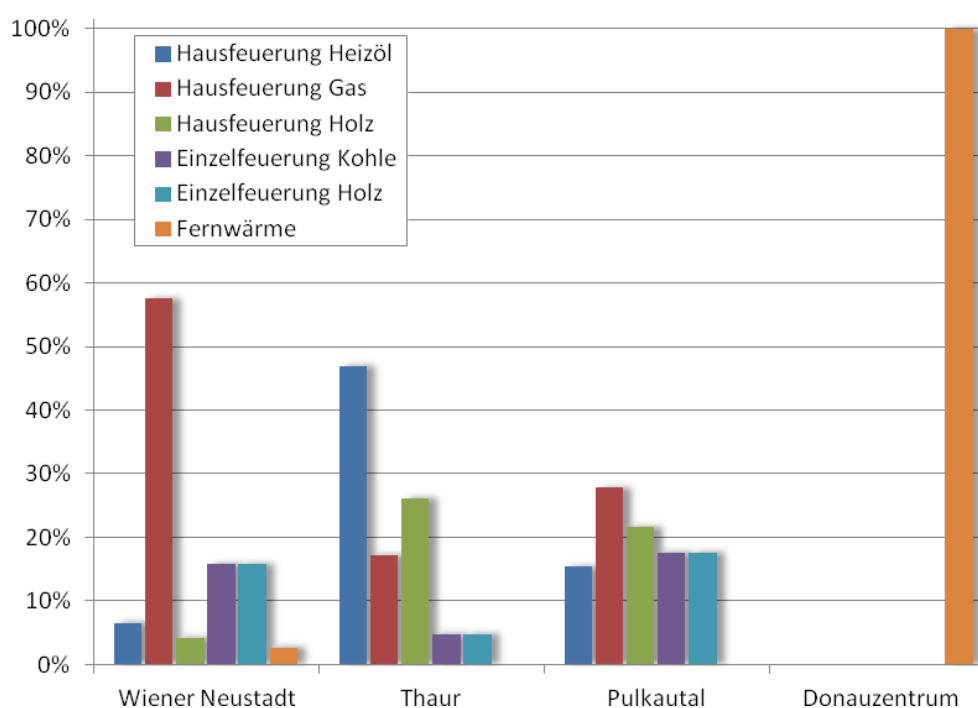


Abb. 5: Derzeitig verwendete Energieträger zur Gebäudebeheizung der Siedlungstypen / Modellregionen (Statistik Austria, eigene Berechnungen)

3 Grunddatenermittlung

3.1 Raumbezogene Qualitätskriterien, stadträumliche Typologie

Das Arbeitspaket „Raum- und Stadtplanung“ umfasst die Filterung relevanter räumlicher Organisationsprinzipien im Hinblick auf eine „energieautarke Stadt“ bzw. Siedlungsstruktur, die Entwicklung eines räumlich differenzierbaren idealtypischen Modells für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung an Hand von raumbezogenen Qualitätskriterien, die Definition von Modellregionen und die Auswahl von Modellfällen, die Entwicklung von Raumnutzungskonzepten für die ausgewählten Modellfälle und die Rückkopplung der Erkenntnisse der praktischen Anwendung mit den theoretischen Annahmen und Konzepten.

Als **Energieautarke Region** wird ein Siedlungsgefüge definiert, das, bestehend aus Natur- und Freiräumen, räumlicher Infrastruktur (inkl. Verkehrsinfrastruktur) und Siedlungseinheiten („*Energieautarke Städte*“), für seine Fläche und Einwohnerzahl in der Lage ist, den raumbezogenen Energiebedarf für Wärme und Kälte, Strom, inkl. Bevölkerungsmobilität bezogen auf die Ganglinien (Tag, Monat und Jahr) der Energieträger innerhalb der räumlich-funktionalen Systemgrenze abzudecken.

3.1.1 Definition von Qualitätskriterien für eine „Energieautarke Stadt“ (und Siedlungsstruktur)

Mensch und Natur als Gesamtsystem bilden den Maßstab für die Entwicklung von Technik und Wirtschaft und nicht umgekehrt. Die Lebensweise soll sich an der Sicherung hoher Lebensqualität für die Menschen durch die langfristige Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen orientieren.

Bei allen Aktivitäten sollen die Belastungen für die Gesundheit der Menschen und für die Umwelt durch die Anwendung von Verfahren minimiert werden, welche die Entstehung von Schadstoffen sowie die Ausbeutung der Vorräte der Erde (Rohstoffe und Energie) durch möglichst geschlossene Kreisläufe weitgehend vermeiden.

Das wichtigste Ziel der Raum- und Stadtplanung muss darin bestehen, Bedingungen zu schaffen, unter denen sich die Bewohner wohl fühlen. Eine wesentliche Voraussetzung dafür stellt die Beachtung der sozialen Auswirkungen bei allen technischen Lösungen dar. Die bauliche Struktur sollte die Entstehung einer Organisationsform der Gemeinschaft begünstigen, die ein kommunikatives Zusammenleben fördert und größtmögliche Sicherheit (Vermeidung von Unfällen, Schutz vor Gewalt) gewährleistet. Durch das Zusammenwirken zahlreicher Einzelmaßnahmen im Rahmen einer ökologischen Gesamtstruktur sollen die Siedlungsräume

als Lebensraum wieder an Attraktivität gewinnen.

Die **räumlichen Organisationsprinzipien** für eine energieautarke Stadt- und Siedlungsstruktur gründen auf folgenden Überlegungen:

Die größtmögliche Erhaltung und Weiterentwicklung eines funktionsfähigen Natur- und Landschaftsraumes bildet die Grundlage für eine nachhaltige Raumentwicklung.

Die infrastrukturelle Trägerstruktur für eine zukunftsfähige und nachhaltige Siedlungsentwicklung ist ein gut funktionierender Öffentlicher Verkehr.

Die beiden Schwerpunktsetzungen *Naturraum* und *Öffentlicher Verkehr* ermöglichen ein Siedlungskonzept von Schlüsselräumen entlang der bestehenden und geplanten öffentlichen Verkehrslinien. Diese Schlüsselräume sind nach dem Leitbild einer „Stadt der kurzen Wege“ in Form einer „Ökostadt“ („EcoCity“) konzipiert.

Die *Funktionsmischung* bildet die Grundlage für die räumliche Verteilung aller Lebensbereiche. Sie wird auf überörtlicher und örtlicher Ebene in Form der dezentralen Konzentration optimiert.

3.1.2 Konzeption eines idealtypischen nachhaltigen (räumlich-funktionalen) Siedlungsmodelles

Stadt der kurzen Wege (Konzeptionelles, idealtypisches Siedlungsmodell „LPI 10“)

„Stadt der kurzen Wege“ bedeutet die Schaffung kompakter, flächen- und in der Folge energieeffizienter Siedlungsstrukturen, strukturell ausgewogene Durchmischung miteinander verträglicher Nutzungen, Erreichbarkeit von Einrichtungen der Nahversorgung und Orten der Naherholung in fußläufiger Entfernung und ergänzend Einrichtungen der längerfristigen Versorgung in guter Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Der maßvolle und sparsame Umgang mit der nicht vermehrbaren Ressource Grund und Boden ist das Leitprinzip.

Aus der Zielsetzung, alle Wege innerhalb der Stadt in max. 15 Minuten zu Fuß zurücklegen zu können, ergäbe sich ein maximaler Durchmesser des Siedlungsgebietes von etwa 1,0 bis 1,2 km, sofern man eine mittlere Gehgeschwindigkeit von 4-5km/h unterstellt. Da in der Realität die zurückzulegenden Wege kaum geradlinig verlaufen und im Straßenraum auch Behinderungen eines flüssigen Gehens auftreten, wird in der Raumpfanungspraxis üblicherweise von 300m Einzugsbereich (= 600m Durchmesser) ausgegangen. Damit wird auch den Umwegrelationen - etwa durch ein Rastererschließungsnetz - Rechnung getragen.

Das Ziel der *Flächeneinsparung* führt daher im Zusammenhang mit der obigen Annahme zu einer kompakten Stadt mit einem Radius von 300m und einer Fläche von 28,275 ha.

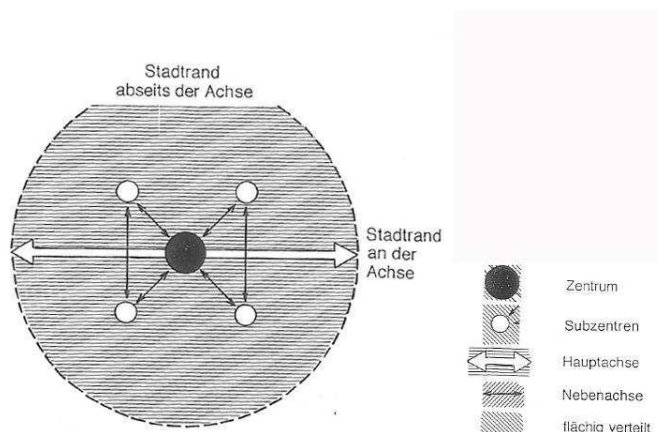


Abb. 6: Siedlungsmodell, LPI [Mayerhofer 1995]

In Verbindung mit kleinräumig zugeordneten städtischen Folgeeinrichtungen entstehen kurzen Wege. Die Gebäude werden damit in Gehentfernung rund um die Haltestelle des öffentlichen Verkehrsmittels in entsprechend hoher Dichte vorgesehen und enthalten alle notwendigen Infrastruktureinrichtungen in feinkörniger *Nutzungsmischung*.

Qualifizierte Dichte kann durch attraktive mehrgeschoßige Wohn- und Betriebsgebäude in geeigneter Höhe und Funktionsmischung (Gebäude-, Block- und Gebietsmischung) erreicht werden.

[Zahlen gerundet]	Teilgebiet 1 Subzentrum	Teilgebiet 2 Gewerbegebiet	Teilgebiet 3 Nachverdichtung	bezogen auf die Gesamt- fläche
Bruttogeschoßflächendichte	0,75	0,55	0,4	0,65
Nettogeschoßflächendichte	1,45	0,65	0,6	1,1
Bevölkerungsdichte (EW/ha)	125	0	75	90

Tabelle 1: qualifizierte Dichten Beispiel EcoCity, Quelle: eigene Berechnung

Ökostadt (Konzeptionelles Modell „EcoCity“)

Die Siedlungseinheiten der „Ökostadt“ sind von der Einwohnerzahl her so ausgelegt, dass sie einerseits die Anordnung wirtschaftlich tragfähiger Einrichtungen für alle wesentlichen Funktionen erlauben (Untergrenze), andererseits eine fußläufige Erreichbarkeit aller dieser Einrichtungen garantieren (Obergrenze). Das Leitbild einer „Stadt der kurzen Wege“ ist somit das grundlegende räumliche Organisationsprinzip einer „Ökostadt“.

Bei der räumlichen Verteilung der Einrichtungen aller städtischen Funktionen (die gleichzeitig alle Arbeitsstätten der Ökostadt umfassen) werden die Prinzipien der *dezentralen Konzentration* angewendet. Ihre Lage orientiert sich an der Häufigkeit der Nutzung, an der Erreichbarkeit für die Benutzer und an der optimalen Belieferung mit Gütern. Bei allen Einrichtungen soll einerseits

eine größtmögliche Dezentralisierung - soweit sie wirtschaftlich sinnvoll ist - angestrebt werden, andererseits ist zur Optimierung von Weglängen und zur Nutzung von Synergieeffekten eine gewisse Konzentration erforderlich.

Als wichtige Rahmenbedingung ist eine *ausgewogene Bevölkerungsstruktur* erforderlich. - alle Altersgruppen und sozialen Schichten sollten vertreten sein. Damit wird die Entstehung eines sozialen Klimas der Verantwortung und Solidarität unterstützt.

Arbeitsplätze entstehen einerseits bei den von den Bewohnern der „Ökostadt“ benötigten Einrichtungen für die städtischen Funktionen, andererseits in Produktions-, Handels- und Dienstleistungsbetrieben unterschiedlicher Branchen, bei denen besonderer Wert auf ökologische Verträglichkeit der erzeugten Produkte und der angewendeten Produktionsverfahren gelegt wird.

Dabei spielt ein *ausgewogenes Verhältnis von Wohnungen und Arbeitsplätzen* die Hauptrolle.

Hinsichtlich der Funktion ist eine *Mehrfachnutzung* erforderlich, sowohl zeitlich nebeneinander als auch zeitlich hintereinander. (Der öffentliche Raum wird nur dann zum Treffpunkt wenn er das Ziel vielfältiger Aktivitäten ist). Um die Identifikation der Bewohner mit ihrer Stadt zu erreichen, spielt neben einer unverwechselbaren Gestaltung aller ihrer Bereiche auch die Mitbestimmung eine wichtige Rolle.

Der *Integration des öffentlichen Verkehrs* und der *Gestaltung öffentlicher Räume* kommt eine zentrale Bedeutung zu.

Konzeption „EcoCity

Im Rahmen des EU-Projektes „ECOCITY“ wurden für konkrete Standorte in den 7 beteiligten Städten Bad Ischl, Barcelona, Győr, Tampere, Trnava, Tübingen und Umbertide nachhaltige und lebenswerte Ortsteile geplant, die mit flächen- und energiesparenden Siedlungsstrukturen eine attraktive Alternative zur fortgesetzten Zersiedlung bilden sollen.

Die Intention des Projekts ECOCITY war die Entwicklung einer Vision (vgl. Gaffron et al. 2005).

Das österreichische ECOCITY-Projekt versuchte, einem Beitrag zu liefern, wie dem gegenwärtigen Trend der Zersiedelung von städtischen Peripherien und ländlichen Gemeinden begegnet werden könnte. Dies geschah durch die Vision einer konzentrierten Siedlungsentwicklung in Form eines neu zu schaffenden Subzentrums.

local ECOCITY masterplan

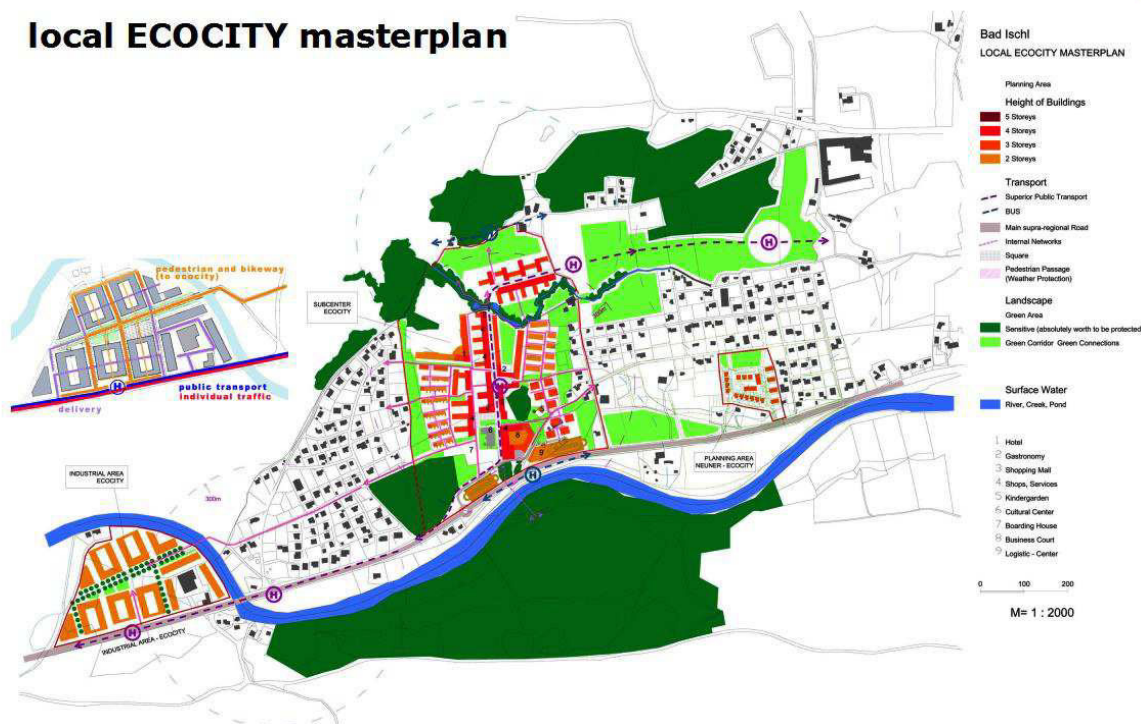


Abb. 7: Siedlungsmodell „EcoCity“ [Gaffron et al. 2005]

Siedlungsstruktur

Den Projektzielen und den Grundsätzen einer nachhaltigen Entwicklung entsprechend werden die Gebäude in Gehentfernung rund um die Haltestelle des öffentlichen Verkehrsmittels in entsprechend hoher Dichte vorgesehen und enthalten alle notwendigen Infrastruktureinrichtungen in feinkörniger Mischung. Die ECOCITY ist daher als "Stadt der kurzen Wege" konzipiert.

Eine solche qualifizierte Dichte kann durch attraktive, mehrgeschoßige Wohn- und Betriebsgebäude in geeigneter Höhe und Funktionsmischung (Gebäude-, Block- und Gebietsmischung) erreicht werden. Die höchsten Gebäude sind im zentralen Bereich der ECOCITY mit 3-4 Geschossen vorgesehen und nimmt die Geschosßanzahl gegen den Rand hin auf 2 Geschosse ab. Dies entspricht der Firsthöhe der bestehenden Gebäude der Umgebung und bleibt unter der Höhe der bestehenden Bäume.

Der ECOCITY-Stadtteil wurde um eine gemischt genutzte Kernzone konzipiert, mit einer maximalen Gehentfernung der entferntesten Wohnstätten vom 300m von der in zentraler Lage befindlichen Haltestelle des öffentlichen Verkehrsmittels. Durch die Kernzone wurde eine Hauptachse mit identitätsstiftender Sichtbeziehung auf eine landschaftsprägende Dominante gelegt.

Die Wohnzonen liegen einerseits in größerer Entfernung von der überregionalen Fernstraße, um die davon ausgehenden Belastungen zu minimieren, andererseits nahe zu den umgebenden Grünräumen, die weit in die Siedlungsstruktur hineingeführt

werden. Die geschlossene 3-4-geschoßige Bebauung an der Hauptachse ermöglicht einen durchgehenden Witterungsschutz für die Fußgänger, bietet Raum für die verschiedensten Funktionen (Nutzungsmischung auf Gebäudeebene), schafft damit im Kern ein städtische Ambiente und gewährleistet die erforderliche qualifizierte Dichte.

Nutzungsmischung

Entsprechend dem Bevölkerungspotential und unter Berücksichtigung der bestehenden Einrichtungen in der Umgebung wie insgesamt in der Stadtgemeinde wurden die für die ECOCITY notwendige Einrichtungen (Handel, Gewerbe, soziale Infrastruktur, Bildungseinrichtungen, etc.) hinsichtlich des erforderlichen Versorgungsgrades (bestehende Versorgungspotentiale und bestehende Unterversorgung berücksichtigend) eingeplant.

Die räumliche Verteilung der verschiedenen Einrichtungen innerhalb des Siedlungsgebietes wird dabei einerseits durch die optimalen Versorgungsmöglichkeiten / Gelegenheiten für die Güter und andererseits durch die Erreichbarkeit durch die Nutzer, abhängig von der Nutzungsfrequenz, bestimmt.

Integriertes System für den Öffentlichen Verkehr

Das Konzept eines integrierten Öffentlichen Verkehrssystems umfasst die Bahn, ein lokales schienengebundenes Verkehrsmittel ("light rail" Stadtbahn oder "cable liner"), regionale und lokale Busse, sowie bedarfsorientierten Verkehr (Sammeltaxi). Das Ziel eines solchen integrierten Systems ist es, allen Bewohnern der Gemeinde Zugang zu allen Destinationen ohne Verwendung des privaten Autos zu ermöglichen.

Carsharing

Um auch jenen Bewohnern der ECOCITY, die ohne eigenes Auto leben wollen / können / müssen die Möglichkeit zu bieten, Wege, die nicht mit dem öffentlichen Verkehr bewältigt werden können, mit einem Auto durchzuführen, wird ein Carsharing-System eingerichtet. Ein Auto wird dabei im Schnitt von 5-10 Mitgliedern dieses Carsharing benützt.

Infrastruktur für Fußgänger und Radfahrer in der ECOCITY

Die Rad- und Fußwege der ECOCITY sind mit den umgebenden Siedlungsteilen vernetzt. Das Siedlungsgebiet der ECOCITY ist im Prinzip frei von Autoverkehr. Ausnahmen gibt es nur für Einsatzfahrzeuge, Müllabfuhr und spezielle Lieferfahrzeuge. Die privaten Fahrzeuge der Bewohner werden in Parkdecks am Rande des Siedlungsgebietes nahe der Fernstraße abgestellt (Gehentfernung von dort max. 500m). Gute Busverbindungen zum Stadtzentrum einerseits, wie nach den Landeshauptstädten

andererseits sollen das Leben weitgehend ohne Auto ebenso stimulieren, wie die attraktiven und sicheren Rahmenbedingungen für Fußgänger und Radfahrer in der ECOCITY.

Innerhalb der ECOCITY wird der Großteil des Fußwegenetzes von Fußgängern und Radfahrern gemeinsam genutzt, ein Teil steht auch Fahrzeugen für Müllsammlung und Zustellungen zur Verfügung.

Modal Split

		Modal Split - Bewegungen der Einwohner an einem durchschnittlichen Werktag [%]			
	Einwohner	Fußgänger	Radfahrer	Öffentl. Verkehr	MIV (Autos)
Gegenw. Zustand					
Bad Ischl (1991)	13.887	30,5	9,9	9,5	50,1
Bad Ischl (2001)	14.135	22,9	8,8	9,9	58,3
Annahme ECOCITY + Umgebung					
	2.500	min. 50	min. 20	ca. 20	max. 10

Tabelle 2: Modal Split, eigene Berechnungen

Güterverteilungskonzept auf der lokalen Ebene:

Das lokale Logistikzentrum ist in der ECOCITY im Gewerbehof vorgesehen, der nahe der Zufahrt an der Hauptachse situiert ist – dort befindet sich die Güterumladestelle für Transport nach und von der ECOCITY, sowie das Zentrum für das interne Transportsystem. Für die interne Güterverteilung und ggf. auch Güterabholung sind kleine elektobetriebene Fahrzeuge vorgesehen (die ggf auch für den Mülltransport dienen können); zur den Geschäften der Einkaufspassage ist ein direkter Stichgang auf Kellerebene angedacht. Versperrbare Mehrzweckwägelchen für Einkauf und Kleintransporte, die jedem Haushalt zur Verfügung stehen, sollen innerhalb der ECOCITY den Fußgängern als Transportmittel dienen - entsprechende Abstellflächen werden sowohl in den Wohngebäuden als auch bei den Einkaufsbereichen vorgesehen.

"Pinbox"/Schließfächer werden im Logistikzentrum oder in Kombination mit dem Parkdeck vorgesehen - kleinere angelieferte Transportgüter werden dort wie in einem

Postkasten hinterlegt, der Empfänger elektronisch verständigt, sodass dieser die Waren bei nächster Gelegenheit per Transportwagen abholen kann.

„Smart City“

Diese raumbezogenen Qualitätskriterien, ergänzt durch *hohe Energieeffizienz* und *geringen Energiebedarf der Siedlungseinheiten* beschreiben ein idealtypisches, konzeptionelles **Modell für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung**, das als „*Smart City*“ bezeichnet werden kann.

3.1.3 Definition der Auswahlkriterien für Modellregionen

Grundsätzlich können für die Siedlungsentwicklung zwei verschiedene Muster in Abhängigkeit von der Topographie und Klima festgestellt werden:

- A) in *Tallandschaften* (und zwar in alpinen bzw. außeralpinen Lagen) und
- B) in *ebenen* Landesteilen,

wodurch sich unterschiedliche Siedlungsentwicklungen ergeben:

- a) die *bandartige Anordnung* der Siedlungsgefüge in den Tallagen
- b) die *clusterartige Anordnung* der Siedlungsgefüge in den ebenen Landesteilen.

- a) die bandartige Anordnung der Siedlungsgefüge in den Tallagen

In den alpinen Tallagen können, in Abhängigkeit weiterer naturräumlicher, bzw. klimatischer Faktoren, zwei Unterscheidungen bei den historisch gewachsenen Siedlungsteilen getroffen werden:

- + in Ost-West-Tälern liegen die Siedlungskerne meist in der nördlichen Talhälfte, in Bereichen mit möglichst langer Besonnung und meist im Bereich von Grenzertragsböden
- + in Nord-Süd-Tälern waren meist nur Bereiche von Grenzertragsböden ausschlaggebend

In den außeralpinen Tallagen waren die Siedlungen (aus strategischen Gründen) fast ausschließlich in den Talsohlen in Gewässernähe angelegt, Angerflächen wurden dabei auch häufig vom Gewässer durchflossen.

Ummauerte Städte entziehen sich manchmal dieser Gesetzmäßigkeit, da dort vielfach andere strategische Überlegungen für die Standortwahl wesentlicher waren.

Abhängig von der historischen Besiedlung sind bei den nicht-städtischen Siedlungen zwei verschiedene Siedlungsgefüge anzutreffen:

- + die weilerartigen Dörfer (Cluster von freistehenden Gebäuden meist rund um eine Kirche) vor allem in Westösterreich

- + die Straßen- bzw. Angerdörfer (Zeilen von in geschlossener Bebauungsweise errichteten Gebäuden beiderseits der Hauptstraße, bzw. des Angers)

b) die clusterartige Anordnung der Siedlungsgefüge in den ebenen Landesteilen.

In den ebenen bzw. nur leicht hügeligen Landesteilen ist keine andere Ausrichtung der historischen Siedlungsentwicklung als die entlang von Straßen (bzw. in jüngerer Zeit auch von Schienenwegen) zu konstatieren. Gelände-, boden- oder straßeninfrastrukturbedingt ist diese Anordnung unregelmäßig bis radial rund um die zentral gelegenen Städte erfolgt.

Erst mit dem Großeinsatz des Individualverkehrsmittels Auto ab der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts werden diese Prinzipien verlassen und die Zersiedelung der Landschaft nahm ihren Lauf, ohne weiter auf die naturräumlichen, (klein)klimatischen, agroökonomischen Bedingungen Wert zu legen, bzw. Rücksicht zu nehmen.

3.1.4 Auswahl von Modellfällen für Siedlungstypen

Für die gegenständliche Forschungsarbeit wurden – um möglichst viele unterschiedliche Gegebenheiten untersuchen zu können – vier *Modellfälle von Siedlungstypen* in unterschiedlichen *Modellregionen* angesiedelt:

- + die Stadt in der Ebene (Wiener Becken)
- + die urbane Siedlung in eine alpinen Tallage (Inntal)
- + die ländliche Siedlung in einer außeralpinen Tallage (Pulkautal)
- + das Zentrum mit spezifischem Einsatzgebiet in der Ebene (Wien/Marchfeld)

Die Siedlungstypen basieren auf österreichrelevanten Verhältnissen und umfassen:

- Städte mit einer Einwohnerzahl von ca. 40.000 bis 100.000,
- urbane Siedlungen mit einer Einwohnerzahl von 1.000 bis 5.000,
- ländliche Gebiete mit weniger als 1000 Einwohnern pro Ort und
- Zentren mit einem spezifischen Einsatzgebiet.

(Großstädte über 100.000 Einwohner wurden wegen der Komplexität der Strukturen und der geringen Anzahl in Österreich prima vista nicht mit einbezogen.

(Für Kleinstädte zwischen 3.000 und unter 40.000 Einwohner, die den Großteil der städtischen Siedlungsgebiete in Österreich ausmachen, sollten die Ergebnisse des Typus „Stadt“ = mittelgroße Stadt sowie des Typus „urbane Siedlung“ übernehmbar sein.

Für reine Streusiedlungen in Insellage sind – ebenso augenscheinlich – andere Versorgungskonzepte zu erarbeiten.)

Siedlungstyp 1, „Stadt“

zeichnet sich durch eine dichte Besiedlung mit teils geringem Freiflächenanteil aus. Folglich kommt es verstärkt zu einer vertikalen Expansion des Wohnraums der Menschen (mehrgeschossige Gebäude). Charakteristisch für eine größere Stadt ist die räumliche Organisation in Stadtteilen mit jeweils eigenen Subzentren, zumeist existiert ein Altstadtkern, welcher das ausgewiesene Stadtzentrum ist. In den Kerngebieten sind vorwiegend Handels und Dienstleistungsbetriebe, Wohnungen und Freizeiteinrichtungen zu finden. Die größeren Gewerbe- und Industriegebiete sind zumeist an den Randgebieten der Stadt angesiedelt.

Generell besteht in den Städten eine gute räumliche und soziale Infrastruktur. Es stehen – als Kompensation für den geringen Grünflächenanteil - zahlreiche Freizeitangebote, wie Schwimmbäder, Fitness-, Wellness-, Veranstaltungszentren, Sportplätze, Turnhallen, Kinos, Vereinsheimen und/oder Stadien zur Verfügung.

Charakteristische Eigenschaften sind:

- + Einwohnerzahl von rd. 40.000 bis max. 100.000
- + Besiedlungsdichte von über 100 EW/ha
- + Geringer Freiflächenanteil
- + Mehrere Subzentren (punktuelle oder lineare) neben dem Altstadtzentrum
- + Die Wohnfunktion über das fast gesamte Stadtgebiet verteilt (in Kerngebieten, gemischten Gebieten und Wohngebieten)
- + Freizeiteinrichtungen verschiedenster Art integriert in den Wohngebieten; Naherholungsgebiete in den Randgebieten, bzw. außerhalb des bebauten Gebietes
- + Handelsbetriebe im gesamten Stadtgebiet aber unterschiedlich dicht verteilt; große Zentren häufig an den Randgebieten
- + Dienstleistungen im gesamten Stadtgebiet aber unterschiedlich dicht verteilt (meist Abnahme zur Peripherie hin)
- + Gewerbebetriebe dispers verteilt in Kern- und gemischten Gebieten, teilweise auch Gewerbezone
- + Industrie in ausgewiesenen Industriezonen meist am Rand bzw. in angrenzenden Gemeinden
- + Medizinische Versorgung: Ärzte im gesamten Stadtgebiet aber unterschiedlich dicht verteilt, große Einrichtungen (KHs, Ambulatorien, etc.) für die gesamte Region
- + Einsatzkräfte (Feuerwehr, Polizei, ...): Zentrale mit über das gesamte Gebiet verteilten Exposituren
- + Verwaltung, kommunale Einrichtungen: zentrale Verwaltungseinheiten mit teilweise noch über das gesamte Gebiet verteilten Exposituren
- + Bildungseinrichtungen: viele über das gesamte Gebiet verteilte Vorschul- und Pflichtschuleinrichtungen und punktuell höhere Bildungseinrichtungen (AHS, Berufs-,

- + Dornbirn (VZ 2001 – 42.301 EW; F 2009 – 44.867 EW)
- + Klagenfurt (VZ 2001 - 90.1412 EW; F 2009 – 93.478 EW)
- + St.Pölten (VZ 2001 - 49.121 EW; F 2009 – 51.548 EW)
- + Steyr (VZ 2001 – 39.340 EW; F 2009 - 38.402 EW (!))
- + Villach (VZ 2001 -57.497 EW; F 2009 – 58.949 EW)
- + Wels (VZ 2001 – 56.478 EW; F 2009 – 58.542 EW)
- + Wiener Neustadt (VZ 2001 37.627; F 2009 – 40.5464 EW)

Als Referenzfall für den Vergleich wurde davon – aufgrund der zur Verfügung stehenden besseren Datenlage - *Wiener Neustadt* (40.564 EW 2009, 40.708 EW 2010 – Stadtregion Wiener Neustadt mit 74.798 EW 2010) herangezogen.



Abb. 8: Wiener Neustadt, Luftbild Google

ist durch einen dicht bebauten Altstadt- bzw. Altortskern, umgeben von Wohngebieten verschiedener Bebauungstypen (mehrgeschoßige Wohnbauten, Ein-/Mehrfamilienhäuser), charakterisiert. Typischerweise sind im Zentrum neben dem Wohnen vorwiegend Handels- und Dienstleistungsunternehmen angesiedelt, jedoch wenige Freiflächen vorhanden, hingegen

besteht in den Randgebieten ein größerer Anteil unbebauter Flächen. An den Rändern sind gelegentlich auch ausgewiesene Gewerbe- und Industriezonen für Betriebe verschiedenster Größe gegeben. Die Versorgungsinfrastruktur beschränkt sich meist auf die Nah- bzw. Grundversorgung, die Infrastruktur höheren Versorgungsgrades (Kliniken, höhere Schulen und kulturelle Einrichtungen, Flughäfen usw.) muss in größeren Städten wahrgenommen werden. An Freizeiteinrichtungen stehen in der Regel einige, meist kleinere Angebote zur Verfügung.

Charakteristische Eigenschaften sind:

- + Einwohnerzahl von über 1.000 bis über 5.000
- + Besiedlungsdichte 60 bis 100 EW/ha (dichter Kern; geringe Dichte in Randgebieten)
- + Geringer Freiflächenanteil im Kern, ausreichend in Randgebieten
- + ein Zentrum (Altstadt-, Altortskern) umgeben von Wohnsiedlungen
- + Die Wohnfunktion über das fast gesamte Gebiet verteilt (im Kerngebiet, in gemischten Gebieten und in den Wohngebieten)
- + nur wenige Freizeiteinrichtungen; Naherholungsgebiete in den Randzonen
- + Handelsbetriebe meist konzentriert im Kern; Grundversorgung auch in den Wohngebieten
- + Dienstleistungen: Grundversorgung meist im Kern
- + Gewerbebetriebe: selten in Kern, Gewerbezone meist am Rand
- + Industrie nur vereinzelt, Industriezonen am Rand (kaum Großindustrie)
- + Medizinische Versorgung: meist nur Grundversorgung durch Ärzte+ Einsatzkräfte (Feuerwehr, Polizei,...): Zentrale mit vereinzelter Exposituren
- + Verwaltung, kommunale Einrichtungen: meist nur kommunale Einrichtungen, teilweise Verwaltungseinheiten der Bezirksebene
- + Bildungseinrichtungen: flächendeckende Vorschul- und Pflichtschuleinrichtungen, selten höhere Bildungseinrichtungen (AHS, Berufs-, Fachschulen)

Siedlungstyp 2:

Reale Belege dieses Typus in Österreich sind:

- + Purbach, Hornstein, Mörbisch, Güssing, Jennersdorf, Mattersburg, Neu siedl am See, Deutschkreuz, Rechnitz, Pinkafeld (alle Burgenland)
- + Steindorf, Kötschach-Mauthen. Maria Saal, Althofen, Gmünd, Bad Bleiberg, Griffen, Lavamünd (alle Kärnten)
- + Haag, St. Peter/Au, Ebreichsdorf, Kottingbrunn, Leobersdorf, Hainburg, Heidenreichstein, Litschau, Weitra, Retz, Eggenburg, Gars, Hainfeld, Lilienfeld, St. Veit/Gölsen, Traisen, Loosdorf, Gumpoldskirchen, Böheimkirchen, Gaming, Scheibbs, Wieselburg. Kirchberg/Wagram, Groß Siegharts, Raabs/Thaya, Felixdorf, Sollenau, Fischamend, Himberg, Groß-gerungs (alle NÖ)
- + Altheim, Mattighofen, Pregarten, Spital/Pyhrn, Wartberg/Krems, Wilhering, Grein, Mauthausen, St. Georgen/Gusen, Eberschwang, Ulrichsberg, Andorf, Bad Hall,

- Ternberg, Bad Leonfelden, Gallneukirchen, Ottensheim, Ampflwang, Frankenmarkt, St. Georgen/Attergau, Schwanenstadt, Seewalchen, Lambach (alle OÖ)
- + Golling, Puch, St. Gilgen, Thalgau, Altenmarkt, Großarl, Radstadt, Wagrain, Werfen, St. Michael/Lungau, Bramberg, Bruck, Leogang, Mittersill, Taxenbach (alle Salzburg)
 - + Fehring, Feldbach, Deutschfeistritz, Gratwein, Seiersberg, Gamlitz, Wagna, St. Michael, Admont, Bad Mitterndorf, Schladming, Selzthal, Steinach, Langenwang, Ligist, St. Margarethen/Raab, Sinabelkirchen (alle Stmk)
 - + Haiming, Längenfeld, Sölden, Mils, Neustift/Stubaital, Zirl, Telfs, Völs, Absam, Rum, Thaur, Fiberbrunn, Kirchberg/Tirol, Ebbs, Kirchbichl, Kramsach, Wildschönau, Zams, Matrai/Osttirol, Mayrhofen, Vomp (alle Tirol)
 - + Bürs, Nenzing, Nütziders, Schruns, Alberschwende, Egg, Fussach, Schwarzach, Göfis, Koblach, Mäder (alle Vorarlberg)

Als Referenzfall für den Vergleich wurden davon der Gemeindeteil *Rum-Nord* (3.740 EW 2008, 3.794 EW 2001) und die benachbarte Gemeinde *Thaur* (3.740 EW 2008) im Inntal (zwischen Innsbruck und Hall in Tirol) herangezogen.

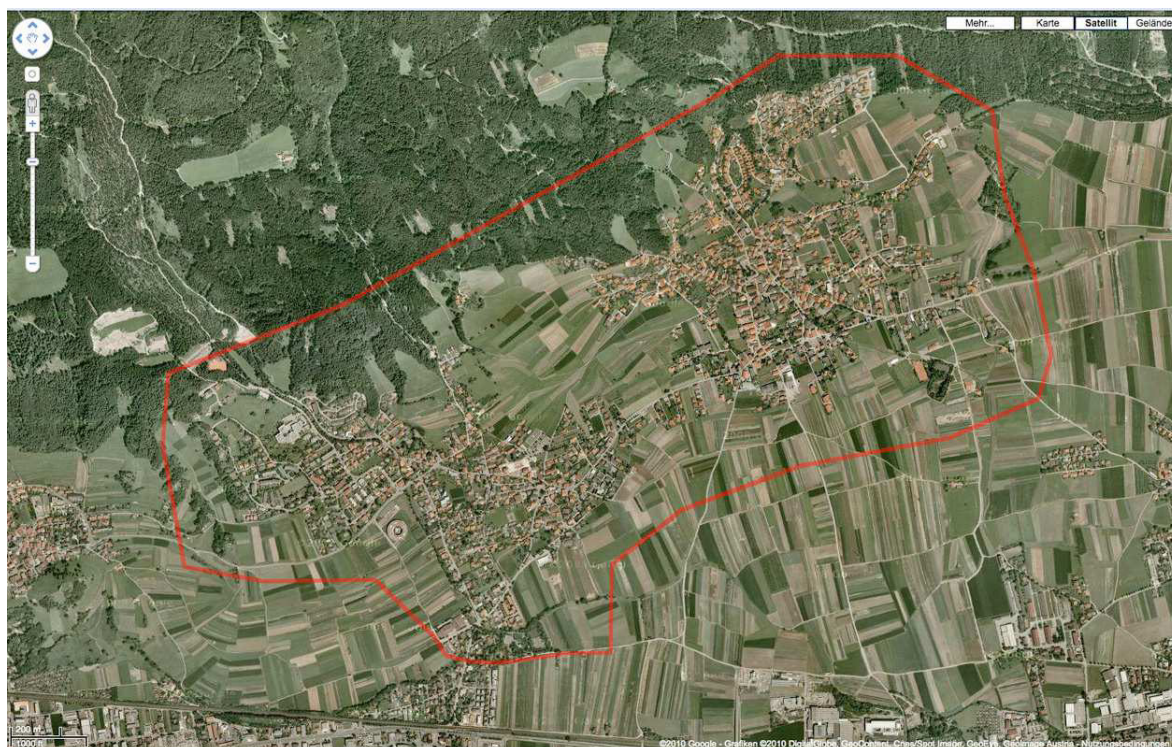


Abb. 9: Thaur-Rum mit Abgrenzung, Luftbild Google

Siedlungstyp 3, „Ländliches Gebiet“

ist kleinstrukturiert, fragmentiert und nur locker bebaut. Eine Region mit Überwiegen dieses Siedlungstyps besteht aus kleinen Ortschaften, welche ein zunehmend ausgedünntes Ortszentrum haben. Es stehen zahlreiche Freiflächen zur Verfügung. Die Wirtschaftskraft der Region stützt sich auf den Agrarsektor, Gewerbebetriebe und vereinzelte Industrieunternehmen. Das infrastrukturelle Angebot beschränkt sich - wenn überhaupt noch vorhanden - auf die Grundversorgung der Einwohner, wobei die einzelnen Orte der Region dazu bereits ein gemeinsames Versorgungsnetzwerk bilden müssen. Beispielsweise gibt es nur in den größeren Ortschaften eine medizinische Versorgung, Grundschulen und ähnliches. Das Freizeitangebot ist ebenfalls verteilt auf die gesamte Region und weist eine geringere Vielfalt als in den Städten auf.

Charakteristische Eigenschaften sind:

- + Einwohnerzahl von weniger als 1.000 je Ortschaft
- + Besiedlungsdichte unter 60 EW/ha (teilweise noch dichter Ortskern; geringe Dichte in Randgebieten), klein strukturiert
- + Hoher Freiflächenanteil
- + mehrere kleine Orte um einen Zentralort – agrarorientiert
- + meist agrarischer Kern, umgeben von Ein- ggf. auch Mehrfamilienhausgebieten
- + nur wenige Freizeiteinrichtungen; Naherholungsgebiete in den Randzonen
- + Handelsbetriebe: nur noch einzelne Betriebe (wenn überhaupt noch vorhanden)
- + Dienstleistungen: Grundversorgung nur in den größeren Orten
- + Gewerbebetriebe: wenn überhaupt, dann nur in den größeren Orten
- + Industrie nur vereinzelte Betriebe in der Region
- + Medizinische Versorgung: meist nur Grundversorgung durch Ärzte in den größeren Orten
- + Einsatzkräfte (Feuerwehr, Polizei, ...): nur in den größeren Orten
- + Verwaltung, kommunale Einrichtungen: auch kommunale Einrichtungen oft nur noch in den größeren Orten
- + Bildungseinrichtungen: flächendeckende Vorschul- und Pflichtschuleinrichtungen oft nur mehr über Schulbusse sichergestellt

Siedlungstyp 3:

Reale Belege diese Typus sind nahezu alle Siedlungen dieser Größenordnung abseits der Ballungsräume, insbesondere in ehemaligen Grenzlandbereichen (Wald-, Wein-, Mühlviertel) und in inneralpine Lagen speziell in Seitentälern).

Als Referenzfall für den Vergleich wurden davon Ortschaften des Pulkautales (zwischen Pulkau und Zellerndorf, inklusiver dieser Hauptorte) herangezogen (Pulkautalsiedlungen Rohrendorf/Pulkau (128 EW 2001), Dietmannsdorf (157 EW 2001) und Deitzendorf (220 EW 2001) zwischen den Hauptorten Pulkau (894 EW 2001) und Zellerndorf (1.164 EW 2001).



Abb. 10: Pulkautal mit Abgrenzung des Siedlungsraumes, Luftbild Google

Siedlungstyp 4, „Zentren mit einem spezifischen Einsatzgebiet“.

Der vierte „Siedlungstyp“ ist keine bewohnte Siedlung im klassischen Sinne, sondern eben „Zentren mit einem spezifischen Einsatzgebiet“. Unter diese Kategorie fallen funktionale Teilräume mit einem großen Energiebedarf, wie beispielsweise große Flughäfen, „Shopping Malls“, Einkaufs-, Fachmarkt-, Outlet-Zentren, Urlaubsressorts oder Kasernen. Gemeinsam besteht in diesen Gebieten ein hoher Energiebedarf (ab 4 MW) und eine meist dichte Bebauung, sodass oft wenige Freiflächen zur Verfügung stehen. Die jeweiligen baulichen Strukturen sind dem Nutzungszweck angepasst.

Charakteristische Eigenschaften sind:

- + keine Einwohner, Wärmebedarf ab 4 MW
- + meist dichte Bebauung (nutzungsabhängig)
- + meist geringer Freiflächenanteil (oft nur in Form von Parkplätzen)
- + eigenständige Ballungszentren ohne Bezug zur bestehenden Siedlungsstruktur
- + Infrastruktur abhängig vom Nutzungszweck

Beispiele:

- + „Shopping Mall“ (Gastronomie, Parkplätze),
- + Flughafen (Parkplätze, Hotellerie, Einkaufsmöglichkeiten),
- + Urlaubsressort (Freizeitangebote, Golf, Tennis, Reiten, etc.),
- + Kasernen (Unterkünfte, Großküche, Werkstätten,)

Siedlungstyp 4:

Reale Belege diese Typus sind beispielhaft:

- + Vösendorf/Wiener Neudorf/Brunn am Gebirge - Shopping Center Süd und Umgebung
- + Donaucenter Wien
- + Parndorf – Outlet.Center
- + Horn – Einkaufs- und Fachmarktzentrum
- + Zwettl – Einkaufszentrum – Gewerbezone
- + Flughäfen Wien Schwechat, Linz Hörsching, Innsbruck Igls, Salzburg
- + alle größeren Bundesheerkasernen
- + ev. auch Bundessportzentren (Südstadt,)

Als Referenzfall für den Vergleich wurde das Wiener Donauzentrum in Wien 22., beiderseits der Wagramer Straße und dessen unmittelbares Umfeld (mit Behördenzentrum, Schulen und Eissporthalle) herangezogen.

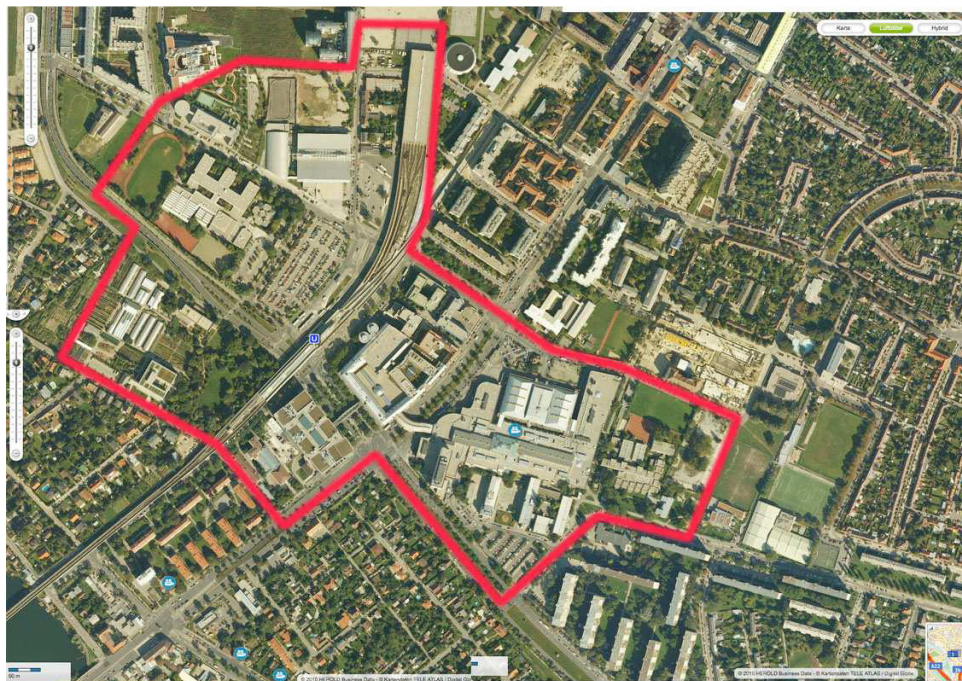


Abb. 11: Wien-Donauzentrum mit Abgrenzung, Luftbild Google

3.1.5 Beschreibung der Siedlungstypen / Stadt- bzw. Siedlungsraumtypen

Siedlungstyp1 "Stadt"

Beispiel Wiener Neustadt

A) Stadtraumtyp: Altstadt



Abb. 12: Wiener Neustadt, Mischgebiet, Rasterfeld 617_438_Dd, Luftbild, Stadt Wiener Neustadt

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
617_438_Dd	321	41	176	119	36	208	196	1428	51,4	1,54	51.990	75.363

Tabelle 3: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld Altstadt umfasst den zentralen Bereich der historischen Altstadt einschließlich des Hauptplatzes. Die Erschließung erfolgt in diesem mittelalterlichen Zentrum durch ein unregelmäßiges Raster, der Hauptplatz wird durch eine Aufweitung um eine halbe Baublocktiefe beiderseits der Ostweststraße (Herzog Leopoldstraße / Ungarstraße) gebildet. Diese Achse wird durch einen außerhalb der Platzmitte angeordneten unabhängigen Häuserblock unterbrochen.

Bebauungstyp: Die Baublocke weisen unterschiedliche Dimensionen von vier bis über 20 Parzellen auf, die ihrerseits je nach Orientierung der Erschließungsstraße teils in Nord-Süd- teils in Ost-West-Richtung angeordnet sind. Die Einzelparzellen sind in der Regel zu 80 bis 100% bebaut mit im Mittel drei- bis vier-geschoßiger Bebauung (Dichte zwischen 2,0 und 2,5 GFZ). Infolge der extrem kompakten Bebauung ist Oberflächen/Volums-Verhältnis überaus günstig.

Typisch für Altstadtbereiche ist die überwiegende betriebliche bzw. Dienstleistungs-Nutzung und eine dementsprechend geringe Anzahl an Hauptwohnsitzen/ Einwohner.

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung aber auch zentralen Dienstleistungen ist in hohem Ausmaß fußläufig vorhanden. Der Versorgungsgrad mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist sehr hoch.

B) Stadtraumtyp: Mehrgeschoßiger Wohnbau



Abb. 13: Wiener Neustadt, Mischgebiet, Rasterfeld 617_440_Cc, Luftbild, Stadt Wiener Neustadt

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
617_440_Cc	383	3	180	34	28	184	10	61	61,3	2,08	52.450	25.445

Tabelle 4: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst mehrere unregelmäßige geformte Baublöcke mit überwiegend mehrgeschoßigen Wohnbauten in Zeilen bzw. kammartiger Struktur sowie einen Schulkomplex aus der Mitte des 19. Jhdt.

Bebauungstyp: Die Parzellenstruktur weist überwiegend großflächige Einheiten mit nur geringem Bebauungsgrad (ca. 30%) auf mit im Mittel drei- bis vier-geschoßiger Bebauung (Dichte zwischen 0,4 und 0,6 GFZ).

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung aber auch zentralen Dienstleistungen ist – ausgenommen der Bildungsbereich – schlecht und vor allem fußläufig nicht gegeben. Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist gegeben.

Es bestehen besonders breite Straßenquerschnitte.

C) Stadtraumtyp: allgemeine Mischflächen



Abb. 14: Wiener Neustadt, Mischgebiet, Rasterfeld 617_440_Ca, Luftbild, Stadt Wiener Neustadt

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI
617_440_Ca	142	11	64	57	38	66	8	85	22,7	2,15	58.750	19.499

Tabelle 5: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst mehrere überwiegend trapezförmige Baublöcke mit einer Tiefe von 2 und dementsprechend klein dimensionierten Parzellen.

Bebauungstyp: Die Bebauungsstruktur umfasst sowohl frei stehende Einfamilienhäuser (30%) als auch einige mehrgeschoßige Wohnbauten (10%) in Zeilenform und freistehende, betrieblich genutzte Objekte (60%). Die Höhenentwicklung der mehrgeschoßigen Wohnbauten beträgt in der Regel 3 Geschoße (0,4 bis 0,6 GFZ), der Einfamilienhäusern ein Geschoß mit ausgebautem Dach (0,1 bis 0,2 GFZ) und der Betriebsobjekte eingeschößige Hallen mit unterschiedlicher Traufhöhe.

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung aber auch zentralen Dienstleistungen ist schlecht und vor allem fußläufig nicht gegeben. Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist gegeben.

D) Stadtraumtyp: Einfamilienhausgebiet



Abb. 15: Wiener Neustadt, Einfamilienhausgebiet, Rasterfeld 619_439_Cc, Luftbild, Stadt Wiener Neustadt

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI	Energierrelevante NNFI [m ²]
619_439_Cc	221	11	89	86	85	93	3	15	35,4	2,38	62.500	11.792

Tabelle 6: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst ein typisches Einfamilienhausgebiet aus der Nachkriegszeit mit unregelmäßig geformten bis rechteckigen Baublöcken mit einer Tiefe von zwei Parzellen und einem minimalen Anteil an einer öffentlichen Grünfläche.

Bebauungstyp: Die Bebauung umfasst ausschließlich frei stehende, Einfamilienhäuser, überwiegend eingeschösig mit ausgebautem Dach. Die Bebauungsdichte ist dementsprechend gering (01, bis 02 GFZ).

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung aber auch zentralen Dienstleistungen ist schlecht und vor allem fußläufig nicht gegeben.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist gegeben.

Siedlungstyp 2 "Urbane Siedlung"

Beispiel "Thaur"

E) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche mit Einfamilienhäusern



Abb. 16: Thaur, Rasterfeld 259_378_Cd, Luftbild Google

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI
259_378_Cd	156	12	68	43	34	69	16	94	25,0	2,26	61.750	10.672

Tabelle 7: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst den zentralen Bereich der Ortschaft Thaur im Umraum der Kirche mit völlig unregelmäßiger Struktur eines Haufendorfes, d.h. auch mit unterschiedlichen Grundstücksgrößen und unregelmäßig geformten Grundstücken. Auch eine größere Grünfläche (Friedhof) ist im Perimeter enthalten.

Bebauungstyp: Die Gebäudehöhe beträgt für die Wohngebäude im Mittel 2 Geschoße mit ausgebautem Dach und für die Wirtschaftsgebäude im Mittel ein Geschoß (Bebauungsdichte zwischen 0,3 bis 0,5 GFZ). Die Bebauungsstruktur besteht aus freistehenden Gebäuden mit - im Vergleich zu einem Einfamilienhausgebiet - großen Volumina.

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung aber auch zentralen Dienstleistungen ist schlecht.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.



Abb. 17: Thaur, Rasterfeld 259_378_Cb, Luftbild Google

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI	Energierrelevante NNFI [m ²]
259_378_Cb	242	62	92	36	34	129	5	17	38,7	1,88	60.350	7.896

Tabelle 8: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst den südlich des Ortszentrums von Thaur gelegenen Bereich mit völlig unregelmäßiger Struktur eines Haufendorfes, d.h. auch unterschiedliche Grundstücksgrößen und unregelmäßig geformte Grundstücke im Übergang zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Bebauungstyp: Die Gebäudehöhe beträgt im Mittel 2 Geschoße mit ausgebautem Dach für die Wohngebäude und im Mittel eingeschößige Wirtschaftsgebäude (Dichte um 0,3 GFZ). Die Bebauungsstruktur besteht aus freistehenden Gebäuden mit großem Volumen im Vergleich zu einem Einfamilienhausgebiet und erheblichem Anteil an landwirtschaftlichen genutzten Flächen. Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung aber auch zentralen Dienstleistungen ist schlecht.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.

Beispiel Rum"

F) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche mit Einfamilienhäusern



Abb. 18: Rum, Rasterfeld 258_378_Ab, Luftbild Google

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
258_378_Ab	234	16	105	42	39	111	8	37	37,4	2,11	50.950	5.149

Tabelle 9: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst den zentralen Bereich der Ortschaft Rum im Umraum der Kirche mit völlig unregelmäßiger Struktur eines Haufendorfes, d.h. auch mit unterschiedlichen Grundstücksgrößen und unregelmäßig geformten Grundstücken. Auch größere Grünflächen (landwirtschaftliche Fläche bzw. Friedhofsanteile) sind im Perimeter enthalten.

Bebauungstyp: Die Gebäudehöhe beträgt für die Wohngebäude 2 bis 3 Geschosse meist mit ausgebautem Dach und im Mittel ein Geschöß bei den Wirtschaftsgebäuden (Bebauungsdichte zwischen 0,3 bis 0,5 GFZ). Die Bebauungsstruktur besteht aus freistehenden Gebäuden mit - im Vergleich zu einem Einfamilienhausgebiet – großen Volumina.

Die Versorgung die Einwohner hinsichtlich Nahversorgung ist fußläufig auch hinsichtlich zentraler Dienstleistungen schlecht. Ein Nahversorgungsmarkt ist erst in einer Entfernung von ca. 700m am Ortsrand situiert.

Der Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.



Abb. 19: Rum, Rasterfeld 257_378_Bb, Luftbild Google

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
257_378_Bb	265	35	120	58	55	127	9	35	42,4	2,09	54.500	10.518

Tabelle 10: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst eine überwiegend aus Ein- und Zweifamilienhäusern bestehende unregelmäßige Blockstruktur mit annähernd gleichen Grundstücksgrößen und regelmäßig geformten Grundstücken. Auch größere Grünflächen (landwirtschaftliche Fläche) sowie ein Teil des Areals des Nahversorgers sind im Perimeter enthalten.

Bebauungstyp: Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 2 Geschosse mit ausgebautem Dach (Bebauungsdichte im Mittel 0,3 bis 0,6 GFZ, tw. höher). Die Bebauungsstruktur besteht aus freistehenden Gebäuden mit größeren Volumina.

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung ist in fußläufiger Entfernung auch bezogen auf zentrale Dienstleistungen schlecht. Ein Nahversorgungsmarkt ist erst in einer Entfernung von ca. 700m am Ortsrand situiert.

Der Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.

3.5.3. Siedlungstyp 3, „Ländliches Gebiet“

Beispiel Pulkau

G) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche

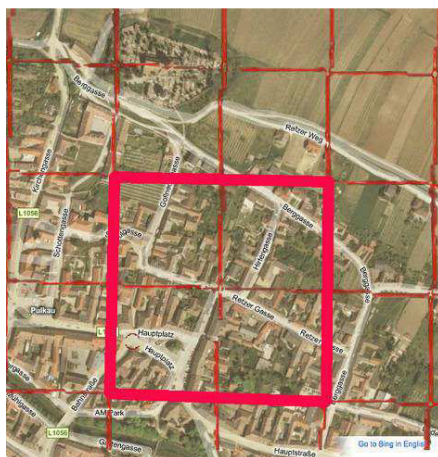


Abb. 20: Pulkautal, Rasterfeld 586_537_Aa, Luftbild bing

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
586_537_Aa	151	19	57	68	59	78	14	67	24,2	1,94	59.375	13.970

Tabelle 11: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst eine dörfliche Bebauungsstruktur, bestehend aus ungleich großen, nahezu rechteckigen Baublöcken im Nordosten des Zentrums und schließt den dreieckigen Hauptplatz mit ein.

Bebauungstyp: Die Grundstückskonfiguration ist überwiegend die des Steck- und Hakenhofes in geschlossener Bebauungsweise. Auch größere Freiflächen (landwirtschaftliche Fläche, Friedhofsanteil und Hauptplatz) sind im Perimeter enthalten. Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 1 bis 2 Geschosse mit tw. ausgebautem Dach (Bebauungsdichte zwischen 0,6 bis 0,9 GFZ, tw. höher).

Die Versorgung der Einwohner hinsichtlich Nahversorgung ist fußläufig auch für zentrale Dienstleistungen schlecht.

Der Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.

Beispiel Rohrendorf

H) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche



Abb. 21: Rohrendorf, Rasterfeld 588_536_Ac, Luftbild bing

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
588_536_Ad	31	11	19	26	26	28	2	2	5,0	1,11	26.200	4.260

Tabelle 12: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst die typische dörfliche Bebauungsstruktur eines Straßendorfes mit ungleich großen Grundstücken.

Bebauungstyp: Die Grundstückskonfiguration ist überwiegend die des Hakenhofes bzw. Mehrseithofes in geschlossener Bebauungsweise. Auch größere Freiflächen (landwirtschaftliche Flächen) im Hintausbereich sind im Perimeter enthalten. Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 1 Geschöß mit tw. ausgebautem Dach (Bebauungsdichte zwischen 0,4 bis 0,6 GFZ infolge der anteiligen Gärten im Hintausbereich).

Die Nahversorgung der Einwohner ist im gesamten Ortsbereich nicht gegeben.

Der Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.

Beispiel Dietmannsdorf

I) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche



Abb. 22: Dietmannsdorf, Rasterfeld 589_536_Bb , Luftbild bing

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
589_536_Bb	73	14	27	36	30	36	1	1	11,7	2,03	31.825	6.140

Tabelle 13: : Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst die östliche Ortshälfte sowie etwa 50% landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Bebauungsstruktur ist in drei Baublockzeilen zwischen der im Süden liegenden Geländekante mit den Weinkellern und der Pulkau im Norden organisiert.

Bebauungstyp: Die Grundstückskonfiguration ist überwiegend die des Hakenhofes in geschlossener Bebauungsweise. Auch größere Freiflächen (landwirtschaftliche Flächen) sind östlich des Ortsrandes im Perimeter enthalten. Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 1 Geschöß mit tw. ausgebautem Dach (Bebauungsdichte zwischen 0,5 bis 0,9 GFZ tw. höher).

Die Versorgung der Einwohner ist im gesamten Ortsbereich nicht gegeben.

Der Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.

Beispiel Deizendorf

J) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche



Abb. 23: Deizendorf, Rasterfeld 590_536_Ba, Luftbild bing

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
590_536_Ba	51	22	20	30	27	30	1	1	8,2	1,70	38.450	7.203

Tabelle 14: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst die östliche Ortshälfte sowie landwirtschaftliche Nutzflächen. Die Bebauungsstruktur ist die eines typischen Straßendorfes.

Bebauungstyp: Die Grundstückskonfiguration ist überwiegend die des Haken- und Streckhofes in geschlossener Bebauungsweise. Auch größere Freiflächen (landwirtschaftliche Flächen) sind im Süden anschließend an die Bebauung und im Norden jenseits der Hintausgasse zur Pulkau im Perimeter enthalten. Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 1 Geschöß mit tw. ausgebautem Dach (Bebauungsdichte zwischen 0,5 bis 0,9 GFZ tw. höher).

Die Nahversorgung der Einwohner ist im gesamten Ortsbereich nicht gegeben.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) gegeben.

Beispiel Zellerndorf West

K) Siedlungsraumtyp: landwirtschaftliche Mischfläche



Abb. 24: Zellerndorf-West, Rasterfeld 593_536_Ad, Luftbild bing

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFL [m ²]
593_536_Ad	115	23	55	63	56	67	3	10	18,4	1,72	47.200	7.781

Tabelle 15: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst einen zentralen Bereich des alten Ortskernes sowie etwa 30% landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Bebauungsstruktur ist in drei Baublockzeilen zwischen der im Süden liegenden Geländekante mit den Weinkellern und der Pulkau im Norden organisiert, wobei lediglich die mittlere und nördliche Zeile im Perimeter enthalten sind.

Bebauungstyp: Die Grundstückskonfiguration ist überwiegend die des Haken- und Streckhofes in geschlossener Bebauungsweise. Die größeren Freiflächen (landwirtschaftliche Flächen) sind nördlich anschließend an die Bebauung im Perimeter enthalten. Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 1 Geschöß mit tw. ausgebautem Dach (Bebauungsdichte zwischen 0,5 bis 0,9 GFZ tw. höher im zentralen Bereich, zwischen 0,4 bis 0,6 GFZ infolge der anteiligen Gärten im Norden). Die Nahversorgung der Einwohner ist im fußläufigen Bereich schlecht.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) sowie das Bahnnetz (Bahnhof Zellerndorf, zwischen dem Ost und Westteil des Ortes) gegeben.

Beispiel Zellerndorf Ost

L) Siedlungsraumtyp: Einfamilienhausgebiet



Abb. 25: Zellerndorf-Ost, Rasterfeld 594_536_Ca, Luftbild bing

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
594_536_Ca	169	30	65	70	68	75	1	2	27,0	2,25	57.825	8.793

Tabelle 16: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst einen zentralen Bereich der Ortserweiterung östlich der Bahn. Die Bebauungsstruktur ist in regelmäßigen, rechteckigen Baublöcken unterschiedlicher Größe mit annähernd gleichen Grundstücksgrößen - ausgenommen die Zeile im Norden zur Pulkau - organisiert.

Bebauungstyp: Die Gebäudehöhe beträgt überwiegend 2 Geschosse mit tw. ausgebautem Dach (Bebauungsdichte zwischen 0,1 bis 0,5 GFZ, abhängig von der Grundstücksgröße).

Die Nahversorgung der Einwohner ist im fußläufigen Bereich schlecht.

Die Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist durch die Anbindung an das Busnetz (eine Bushaltstelle) sowie das Bahnnetz (Bahnhof Zellerndorf, zwischen dem Ost und Westteil des Ortes) gegeben.

Siedlungstyp 4 "Zentren mit einem spezifischen Einsatzgebiet"

Beispiel "Donauzentrum Wien"

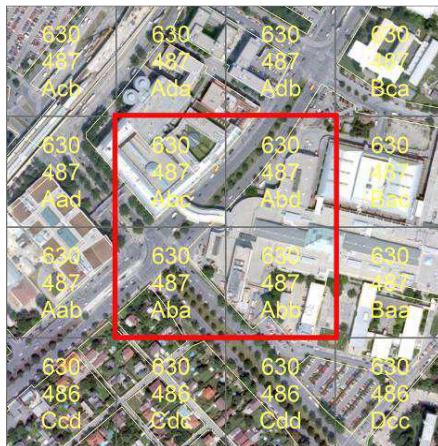


Abb. 26: Donauzentrum, Rasterfeld 630_487_Ab, Luftbild Google

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
630_487_Ab	28	5	15	9	4	18	201	2.111	4,5	1,56	52.500	-

Tabelle 17: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst die beiden ersten Ausbaustufen des Donauzentrums beidseits der Wagramerstraße sowie einen Teil des Behördenzentrums und einige Einfamilienhäuser an der Donaustadtstraße. Der Anteil an öffentlichem Gut beträgt umfasst 40% der Perimeterfläche.

Bebauungstyp: Die Bebauungsstruktur entspricht dem großvolumiger Baukörper einen Einkaufszentrums mit einer zweigeschoßigen, flächigen Überbauung und aufgesetzten weiteren 3 bis 6 Geschößen in Zeilen- bzw. Blockrandstruktur. Die 6 Grundstücke der freistehenden Einfamilienhäuser umfassen ca. 5 % der Perimeterfläche.

Die Angabe einer Durchschnittsdichte ist infolge der unterschiedlichen Nutzungen nicht ziel-führend. Die überbaute Nettofläche des Einkaufszentrums liegt bei rund 85%.

Die Nahversorgungslage könnte selbst bei reiner Fußläufigkeit nicht besser sein, dies trifft auch für die Verkehrsversorgung zu.

3.1.6 Idealtypische Siedlungsmodelle

Idealtypisches Siedlungsmodell (konzeptionelles Modell LPI 10)

Das konzeptionelle Modell geht von einer rein fußläufigen Entfernung von max. 300 m vom Zentrum (mit Haltestelle des öffentlichen Nahverkehrs) aus. Die Gesamtfläche umfasst 28,275 ha. Bei einer mittleren städtischen Dichte von 120 EW/ha wird eine Einwohnerzahl von gesamt knapp 3.400 EW erreicht. Davon werden für die rund 1.700 Berufstätigen 50% (= 850 Arbeitsplätze) im Zentrum und in 4 möglichen Subzentren angeboten.

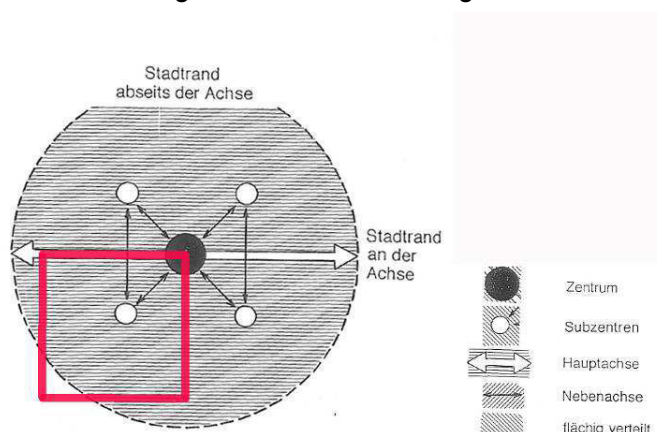


Abb. 27: Idealtypisches Siedlungsmodell, LPI [Mayerhofer 1995] mit Rasterfeld 250x250m

Das 6,25 ha große Rasterfeld (250m x 250m) umfasst einen rund 5,75 ha großen Anteil an einem Quadranten des idealtypischen Siedlungsmodells sowie etwa 0,5 ha Freiland außerhalb der Siedlungsflächen. Bei einer Belagszahl von 2,5 Personen pro Wohnung ergeben sich somit 690 EW in 276 Wohnungen. Bei einer 50% Binnendeckungsquote werden 170 bis 175 Arbeitsplätze für 345 Beschäftigte vorgesehen.

Idealtypisches Siedlungsmodell (LPI 10)

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
	750		300	-	-	300	-	250	120,0	2,50	57.500	20.700

Tabelle 18: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

3.1.6.1 Idealtypisches Siedlungsmodell (konzeptionelles Modell EcoCity)

Der Masterplan für die nicht realisierte EcoCity „Bad Ischl“ umfasst ein städtisches Subzentrum (Teil 1), ein Gewerbegebiet (Teil 2) und ein kleines Nachverdichtungsgebiet im Ortsteil Haiden (Teil 3) mit den folgenden Werten:

Quantitative Charakteristik	Zahlen			
Planungsgebiet	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Summe
Zahl der Bewohner	1970*)	0	130	2100*)
Zahl der Wohneinheiten	790*)	0	50	840*)
Zahl der Arbeitsplätze	560*)	690	0	1250*)
Bruttobauland (Projektgebiet)	166.755	62.570	16.950	246.275
Nettobauland	82.915	53.595	11.165	147.675
Grünzonen (öffentliches Grün)	53.435	2.635	2.470	58.540

Tabelle 19: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

*) ohne Hotel und Boardinghouse (280 Einheiten)

	Zahlen			
	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Summe
Bruttogeschoßflächendichte	0,73	0,55	0,41	0,66
Nettogeschoßflächendichte	1,46	0,64	0,62	1,10
Bevölkerungsdichte (Pers./ha ECOCITY)	126	0	73	91

Tabelle 20: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Das Rasterfeld umfasst 4,25 ha Bruttobauland für das Subzentrum und je ca. 1 ha Einfamilienhausgebiet bzw. Grüngürtel und Wald. Bei der vorgeschlagenen Bebauung (Mischung aus 3-4-geschoßigen,utzungsgemischten Objekten und zweigeschoßigen verdichteten Flachbau) wird in diesem Subzentrum bei 27.650 m² Wohnfläche und 8.150 m² Betriebsfläche eine Dichte von 137EW/ha Bruttobauland erreicht. (Die gemäß Idealstadtmodell erforderlichen restlichen Arbeitsplätze sind in dem rund 500m entfernten Gewerbegebiet vorgesehen).

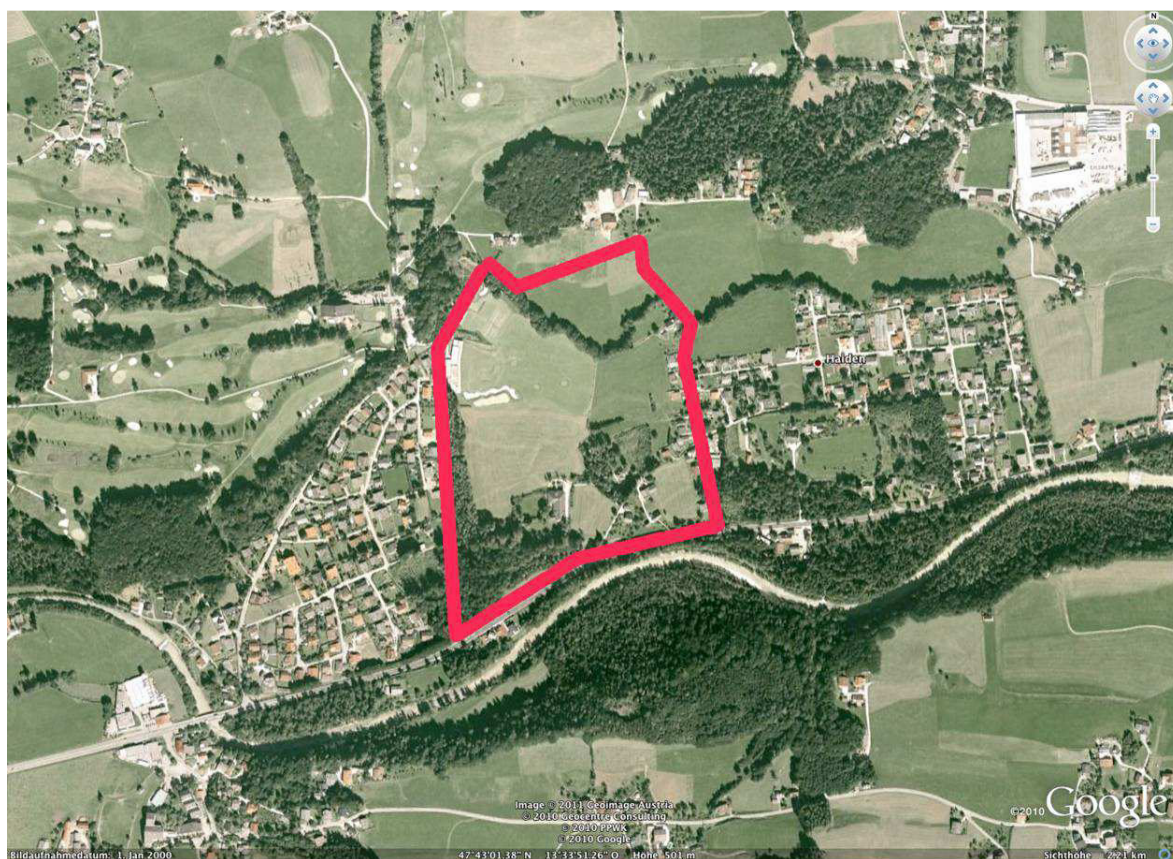


Abb. 28: EcoCity „Bad Ischl“ (nicht realisiert) mit Abgrenzung, Luftbild Google

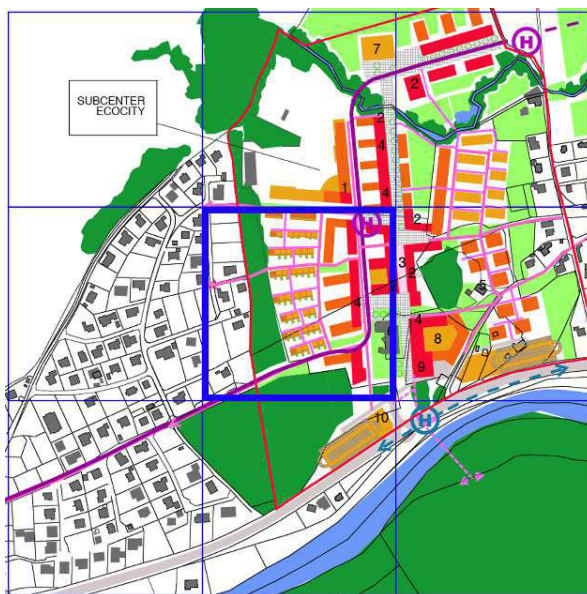


Abb. 29: EcoCity „Bad Ischl“ (nicht realisiert), Rasterfeld 250x250m [Gaffron et al. 2005]

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m²]	Energierrelevante NNFI [m²]
	585	235	58	57	235	8.150m²	80 - 100	93,6	2,50	42.700	26.840	

Tabelle 21: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

3.1.6.2 Fiktive Zersiedelung

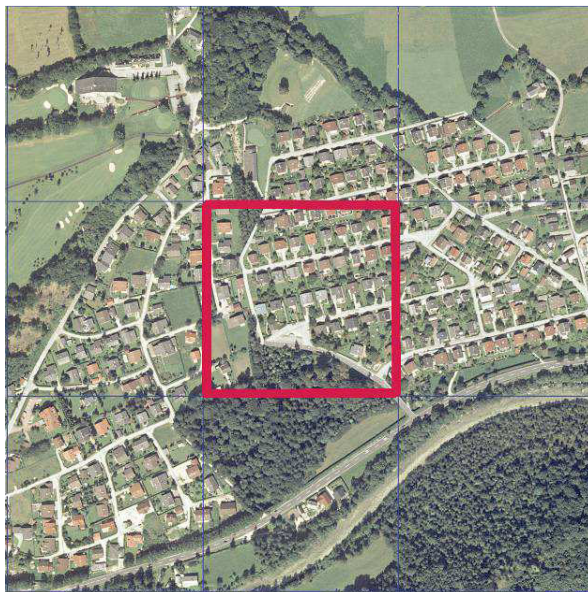


Abb. 30: Raumbezogene Qualitätskriterien, stadträumliche Typologie, Luftbild Google

Stat. Raster (250x250m)	EW in Hauptwohnsitzen	EW in Nebenwohnsitzen	Haushalte	Gebäude	Wohngebäude	Wohnungen	Arbeitsstätten	Beschäftigte	EW/ha	Belagszahl	BBFI [m ²]	Energierrelevante NNFI [m ²]
	125		50	50	50	50	0	0	20,0	2,50	41.600	8.750

Tabelle 22: Stadträumliche Kennwerte, Quelle: eigene Berechnung

Ein ident großes Rasterfeld würde – im Gegensatz zu den Kennwerten der EcoCity – bei Annahme einer Parzellierung gemäß bestehender Zersiedelungstendenz (die fiktive Bebauungsstruktur wurde aus dem weiter östlich gelegenen Ortteil Pfandl übernommen) lediglich 50 Gebäude mit 125 EW (mit keiner einzigen Betriebsstätte) und eine Dichte von 20 EW/ha Bruttobauland aufweisen.

3.1.7 Anmerkungen zur Berechnungs- und Kartierungsmethodik

Datenlage

Hinsichtlich der *Einwohnerzahlen* liegen hochgerechnete Werte für 2008 und teilweise auch schon bis 2010 vor. Angaben über *Gebäude* gibt es jedoch nur aus der letzten Häuser- und Wohnungszählung (HWZ) 2001.

Es wurden daher, um den Vergleich herstellen zu können, im Weiteren die Bevölkerungsdaten der Volkszählung (VZ) 2001 verwendet.

Um eine möglichst kleinräumige Optimierung der Standorte der Energiezentralen in Bezug zu den Verbrauchern zu ermöglichen, wurden die statistischen Rasterzellen (gem. VZ 2001) mit einer Seitenlänge von 125m herangezogen, die als Modellierungseinheit für die zu untersuchenden, bestehenden Siedlungsstrukturen dienen.

Die Bruttobaulandflächen (BBFI) der konkret vorzufindenden o.a. Siedlungstypen wurden aus einer Luftbildauswertung (mittels Google-earth bzw. bing-maps) gewonnen. Dazu wurde der Analyseraster (125m x 125m) mit dem Luftbild überlagert und die einzelnen Bebauungstypen abgegrenzt. Dort, wo vorhanden (z.B. Thaur und Rum) konnten zudem Schrägluftansichten für die Beurteilung ergänzend herangezogen werden. Die Flächenanteile der jeweiligen Bebauungstypen wurden sodann ermittelt (gerundet auf ganze 25 m²) und in eine EXCEL-Tabelle übertragen.

Berechnung energierelevanter Flächen

Um den verschiedenen baulichen Strukturen in den Modellregionen, insbes. im alpinen und außeralpinen Raum gerecht zu werden, wurden für die definierten Bebauungstypen (mit unterschiedlichem Flächenanspruch) die dafür im guten Durchschnitt anzutreffende beheizbarer Nettonutzfläche (= energierelevante NNFI) wie folgt angenommen:

- + freistehende Einfamilienhäuser (mit beheizbarer NNFI von 175 m²)
 - + Reihenhäuser (mit beheizbarer NNFI von 160 m²)
 - + verdichteter Flachbau/Teppichsiedlungen (mit beheizbarer NNFI von 140 m²)
 - + mehrgeschoßiger Wohnbau (mit beheizbarer NNFI/Wohnung von 75 m²)
 - + Mischbebauung/insbesondere landwirtschaftliche Strukturen (mit beheizbarer NNFI von 175 m²)
 - + Sondernutzungen (Büros, Schulen, Kirchen, Betriebe, Sportanlagen, etc.)
- mit jeweils grob geschätzter beheizbarer Nettonutzfläche

Hinsichtlich der möglichst kleinräumigen Ermittlung der jeweiligen energierelevanten beheizbaren bzw. zu kühlenden Nettonutzfläche (NNFI) je Bebauungstyp und Rasterfeld wurde wie folgt vorgegangen:

Aus der Bruttobaulandfläche (BBFI) je Bebauungstyp und der Zahl der Objekte des jeweiligen Bebauungstyps in der jeweiligen Rasterzelle wurde durch Division die durchschnittliche BBFI/Objekt gewonnen und weiters durch Division durch die (oben definierte) beheizbare

Nettonutzfläche (NNFI) je Bebauungstyp ein für die konkrete Gemeinde bzw. den Gemeindeteil relevanter Faktor erhalten.

Beim mehrgeschoßigen Wohnbau wird dieser Faktor über die Zahl der Wohnungen ermittelt. Bei den Sondernutzungen wurde die beheizbare bzw. zu kühlende Nettonutzfläche je nach Nutzung abgeschätzt (z.B.: Bürogebäude, Schule etc. durch Nettoflächenermittlung unter Berücksichtigung der überbauten Fläche und der Geschoßanzahl, bei Betriebsgebäuden mit einem geschätzten Prozentsatz der überbauten Fläche, bei Sportanlagen mit der Nettofläche des Vereinsgebäudes, bei Kellergassen mit einer beheizbaren Flächen von 0m²).

Beim Bebauungstyp freistehendes Einfamilienhaus ist dieser Faktor abhängig von der durchschnittlichen Grundstücksgröße und schwankt zwischen 3,6 (bei durchschnittlich 625m² BBFI in Rohrendorf bei Pulkau) und 6,65 (bei 1165 m² BBFI in Zellerndorf).

Bei Reihenhäusern schwankt der Faktor zwischen 2,5 (bei 380m² BBFI in Zellerndorf) und 5,6 (bei 890m² BBFI in Rum).

Für den mehrgeschoßigen Wohnbau beträgt der Faktor fast einheitlich 1,55 bis 1,6.

Für die (landwirtschaftliche) Mischbebauung wurden Faktoren zwischen 4,25 (bei 745 m² BBFI in Pulkau) und 10,8 (bei 1890m² BBFI in Rum) ermittelt.

Mittels Division durch die o.a. Faktoren berechnen sich danach in einem 2. Spaltenfeld der Tabelle die energierelevanten beheizbaren bzw. zu kühlenden Nettonutzflächen (NNFI) je Bebauungstyp und Rasterfeld direkt aus der Bruttobaulandflächen (BBFI).



Abb. 31: Siedlungstyp 2 – Urbane Siedlung: Überlagerung Luftbild, Google mit Rasterfeldern, Beispiel Rum, Luftbild Google



Abb. 32: Siedlungstyp 2 – Urbane Siedlung: Überlagerung Bereichskartierung mit Luftbild, Beispiel Rum, Luftbild Google

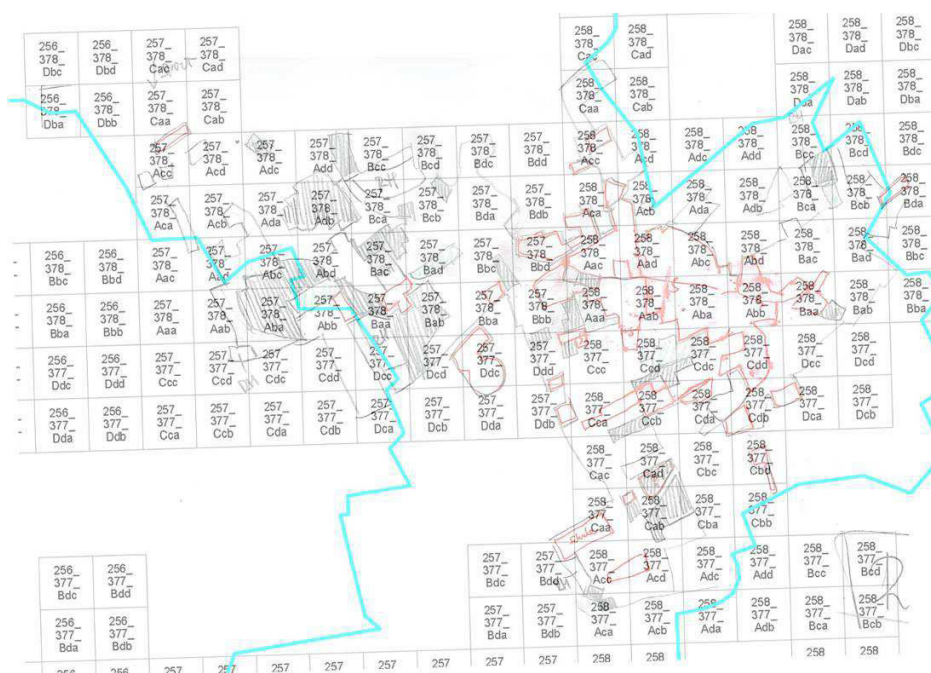


Abb. 33: Siedlungstyp 2 – Urbane Siedlung: Überlagerung Bereichskartierung mit Rasterfeldern, Beispiel Rum (eigene Bearbeitung)

3.2 Leistungsbedarfsermittlung

3.2.1 Methodik Leistungsbedarfsermittlung

Die Grundlage der spezifischen Leistungsbedarfsermittlung bzw. der Verbraucheranalyse bildete das Arbeitspaket 1 - Raum- und Stadtplanung. Nach gründlicher Analyse der vier Modellfälle von Siedlungstypen ergaben sich die nachstehenden Verbrauchsmodelle:

- ✓ Wohnnutzung
- ✓ Büronutzung
- ✓ Schulnutzung
- ✓ Einkaufszentrum EKZ
- ✓ Sonstige Nutzung (Gewerbe, Industrie und Büronutzung)
- ✓ Mischnutzung (Gewerbe, Industrie, Büronutzung und Wohnnutzung)

Aufbauend auf diese Verbrauchsmodelle wurde eine umfangreiche Recherche eingeleitet. Diese bestand Großteils aus Internetrecherche und im kleineren Umfang bezog sich die Recherche auf Benutzeranfragen bzw. vorhandene Erfahrungswerte.

Die meteorologischen Daten sind über das Zentralamt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) und das Niederösterreichische Umwelt-, Beobachtungs- und Informations-System (NUMBIS) erhoben worden.

In Folge der Auswertung der erhobenen Daten errechneten sich die spezifischen Jahresenergieverbräuche für die unterschiedlichen Verbrauchsmodelle. Um das Energiekonsumverhalten der verschiedenen Verbrauchsmodelle zeitabhängig darzustellen, sind die Jahresgänge über die spezifischen Jahresenergieverbräuche und den jeweiligen mittleren Monatsaußentemperaturen ermittelt worden. Unter der Prämisse, dass keine realen Jahresgänge von Benutzer bzw. von Statistikämtern vorhanden waren.

Zur Ermittlung eines Tagesverlaufes der unterschiedlichen Verbrauchsmodelle, wurden Tagesgänge mittels genormter Raumtemperatur, mittlerer Tagesaußentemperatur und dem errechnetem Tageswärmeenergieverbrauch ermittelt. Sofern reale Tagesgänge von Benutzern bzw. von Statistikämtern vorhanden waren wurden diese mit einbezogen.

Die Recherche für das Verbrauchsmodell Eishalle ergab keinerlei verwendbare statistische Daten. Da durch den antizyklischen Energieverbrauch dieser Freizeitsporteinrichtung die Analyse des Siedlungstyps 4 – spezifisches Einsatzgebiet: Donauzentrum unter Umständen stark beeinflusst worden wäre, d.h. besteht in diesem Bereich der Nutzung eines Smart Grids ein großes Potenzial.

Die Zusammenführung der spezifischen Energieverbrauchsdaten mit den absoluten Flächen der einzelnen Verbrauchsmodelle (Arbeitspaket 1 - Raum- und Stadtplanung) ergab die

Gesamtenergieverbrauchsdaten. Die Gesamtenergieverbrauchsdaten bildeten zusammen mit den spezifischen Energiedaten die Grundlage für die weiterführenden Berechnungen.

3.2.2 Analyse der Flächen- und Zellenübersicht - Entwicklung der Verbrauchsmodelle

Die Grundlage für die Entwicklung der nachstehenden Verbrauchsmodelle bildete die gründliche Analyse des Arbeitspaketes 1 - Raum- und Stadtplanung.

Siedlungstyp 1 – Stadt: Wiener Neustadt

- ✓ Wärmeenergieverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch sonstige Nutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch Mischnutzung
- ✓ Stromverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Stromverbrauch sonstige Nutzung
- ✓ Stromverbrauch Mischnutzung

Siedlungstyp 2 – urbane Siedlung: Thaur/Rum

- ✓ Wärmeenergieverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch sonstige Nutzung
- ✓ Stromverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Stromverbrauch sonstige Nutzung

Siedlungstyp 3 – ländlicher Raum: Pulkatal

- ✓ Wärmeenergieverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch sonstige Nutzung
- ✓ Stromverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Stromverbrauch sonstige Nutzung

Siedlungstyp 4 – spezifisches Einsatzgebiet: Donauzentrum

- ✓ Wärmeenergieverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch Büronutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch Schulnutzung
- ✓ Wärmeenergieverbrauch Einkaufszentrum EKZ
- ✓ Stromverbrauch Wohnnutzung
- ✓ Stromverbrauch Büronutzung
- ✓ Stromverbrauch Schulnutzung
- ✓ Stromverbrauch Einkaufszentrum EKZ

3.2.3 Grundlagen und Berechnungen der spezifischen Verbrauchsdaten

3.2.3.1 Siedlungstyp 2 – „urbane Siedlung“: Thaur/Rum

Außentemperaturen Thaur/Rum

Die in den Abb. 34 und Abb. 35 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellten Außentemperaturen für den Bereich Thaur/Rum wurden über die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) erhoben. Diese Außentemperaturen wurden als Grundlage für alle Wärmeverbrauchsmodelle von für den Bereich Thaur/Rum herangezogen.

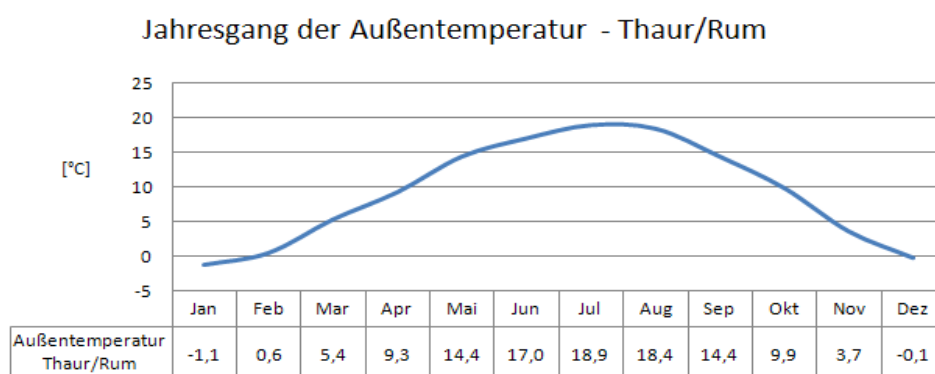


Abb. 34: Jahresgang der Außentemperatur - Thaur/Rum in ° C

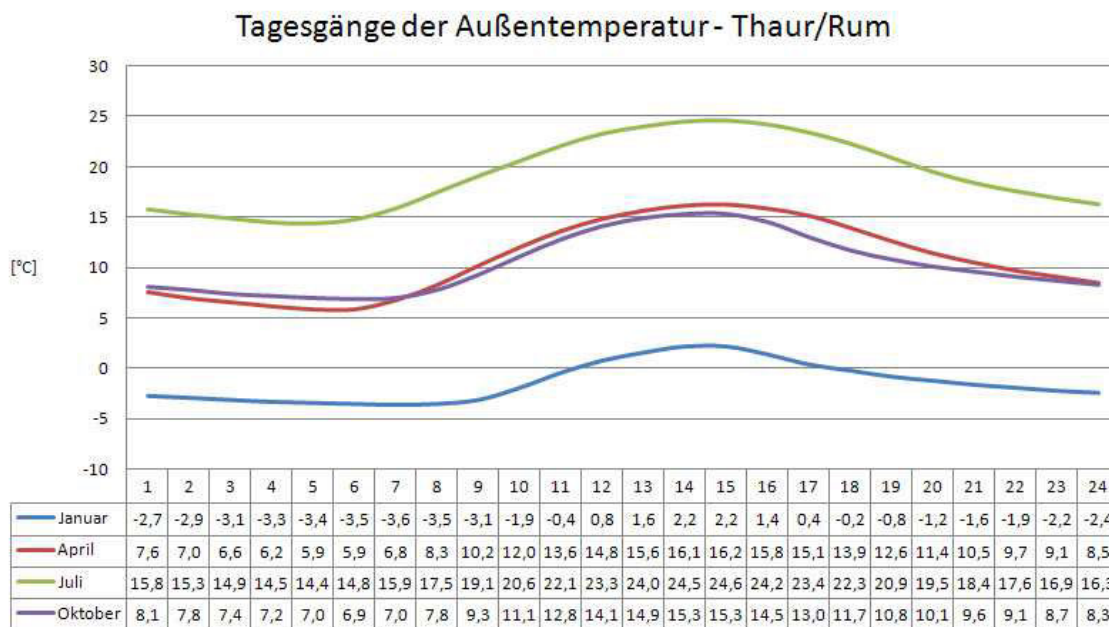


Abb. 35: Tagesgänge der Außentemperatur - Thaur/Rum in ° C

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Wohnnutzung Thaur/Rum

Grundlagen Jahresgang spezifischer Wärmeenergieverbrauch:

Als Grundlage für den spez. Jahreswärmeenergieverbrauch Wohnnutzung Thaur/Rum wurden die Erfahrungswerte der in Tabelle 23 angeführten Wohngebäude als Mittelwert herangezogen.

Wohngebäude	[kWh/a]	[m²]	[kWh/(m²*a)]
Schießstandgasse	56.176	640,8	87,7
Dr.-Glatz-Straße	277.225	2.534,8	109,4
Klosteranger	54.975	516,1	106,5
Patscherstrasse	191.710	1.076,0	178,2
Mittelwert			120,4

Tabelle 23: Grundlagen spez. Jahreswärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Thaur/Rum

In Tabelle 24 (Abb. 36) wurde der Jahresgang der spez. Wärmeenergieverbräuche Wohnnutzung Thaur/Rum mittels der mittleren Monatsaußentemperaturen der Messstelle Universität Innsbruck und dem errechneten spez. Jahreswärmeenergieverbrauch ermittelt.

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Außentemperatur Universität Innsbruck		-1,1	0,6	5,4	9,3	14,4	17,0	18,9	18,4	14,4	9,9	3,7	-0,1
Wohnnutzung	[kWh/(m²*a)]	[kWh/(m²*M)]											
Schießstandgasse	87,66	14,32	13,16	9,91	7,26	3,80	2,04	0,75	1,09	3,80	6,85	11,06	13,64
Dr.-Glatz-Straße	109,37	17,86	16,42	12,36	9,06	4,74	2,54	0,93	1,35	4,74	8,55	13,80	17,01
Klosteranger	106,51	17,39	15,99	12,04	8,82	4,62	2,47	0,91	1,32	4,62	8,33	13,44	16,57
Patscherstrasse	178,17	29,10	26,75	20,13	14,76	7,72	4,14	1,52	2,21	7,72	13,93	22,48	27,72
Mittelwert pro Monat	120,43	19,67	18,08	13,61	9,97	5,22	2,80	1,03	1,49	5,22	9,41	15,19	18,74
Mittelwert pro Tag	[Wh/(m²*d)]	634,43	645,81	438,99	332,45	168,38	93,21	33,07	48,11	173,99	303,68	506,44	604,36

Tabelle 24: Berechnung Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Thaur/Rum

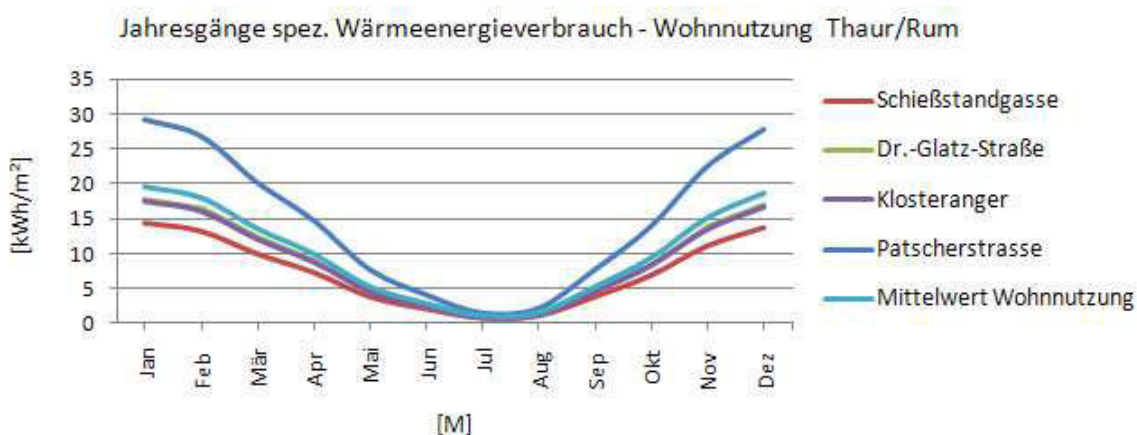


Abb. 36: Jahresgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Thaur/Rum

Grundlagen Tagesgang spezifischer Wärmeenergieverbrauch:

In Tabelle 25 (Abb. 37 und Abb. 38) wurden die Tagesgänge der spez. Wärmeenergieverbräuche Wohnnutzung Thaur/Rum über die Temperaturdifferenz der mittleren Tagesaußentemperatur der Messstelle Universität Innsbruck, der genormten Raumtemperatur von 22°C (16°C Nachtabenkung zwischen 22:00 - 05:00 Uhr) und dem errechneten spez. Tageswärmeverbrauch ermittelt.

	[h/d]	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Januar	Außentemperatur	-2,70	-2,90	-3,10	-3,30	-3,40	-3,50	-3,60	-3,50	-3,10	-1,90	-0,40	0,80	1,60	2,20	2,20	1,40	0,40	-0,20	-0,80	-1,20	-1,60	-1,90	-2,20	-2,40
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00
	Δv	18,70	18,90	19,10	19,30	19,40	25,50	25,60	25,50	25,10	23,90	22,40	21,20	20,40	19,80	19,80	20,60	21,60	22,20	22,80	23,20	23,60	17,90	18,20	18,40
	[Wh/(m²·d)]	634,43																							
April	Außentemperatur	7,60	7,00	6,60	6,20	5,90	5,90	6,80	8,30	10,20	12,00	13,60	14,80	15,60	16,10	16,20	15,80	15,10	13,90	12,60	11,40	10,50	9,70	9,10	8,50
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00
	Δv	8,40	9,00	9,40	9,80	10,10	16,10	15,20	13,70	11,80	10,00	8,40	7,20	6,40	5,90	5,80	6,20	6,90	8,10	9,40	10,60	11,50	6,30	6,90	7,50
	[Wh/(m²·h)]	332,45																							
Juli	Außentemperatur	15,80	15,30	14,90	14,50	14,40	14,80	15,90	17,50	19,10	20,80	22,10	23,30	24,00	24,50	24,60	24,20	23,40	22,30	20,90	19,50	18,40	17,60	16,90	16,30
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00
	Δv	0,20	0,70	1,10	1,50	1,60	7,20	6,10	4,50	2,90	1,40	-0,10	-1,30	-2,00	-2,50	-2,60	-2,20	-1,40	-0,30	1,10	2,50	3,60	-1,60	-0,90	-0,30
	[Wh/(m²·h)]	33,07																							
Oktober	Außentemperatur	8,10	7,80	7,40	7,20	7,00	6,90	7,00	7,80	9,30	11,10	12,80	14,10	14,90	15,30	15,30	14,50	13,00	11,70	10,80	10,10	9,60	9,10	8,70	8,30
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00
	Δv	7,90	8,20	8,60	8,80	9,00	15,10	15,00	14,20	12,70	10,90	9,20	7,90	7,10	6,70	6,70	7,50	9,00	10,30	11,20	11,90	12,40	6,90	7,30	7,70
	[Wh/(m²·h)]	303,68																							

Tabelle 25: Berechnung Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Thaur/Rum

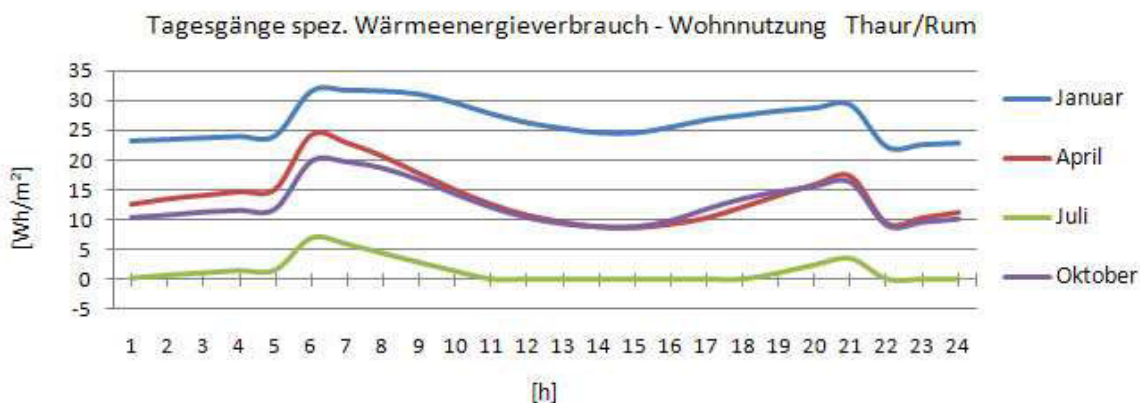


Abb. 37: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

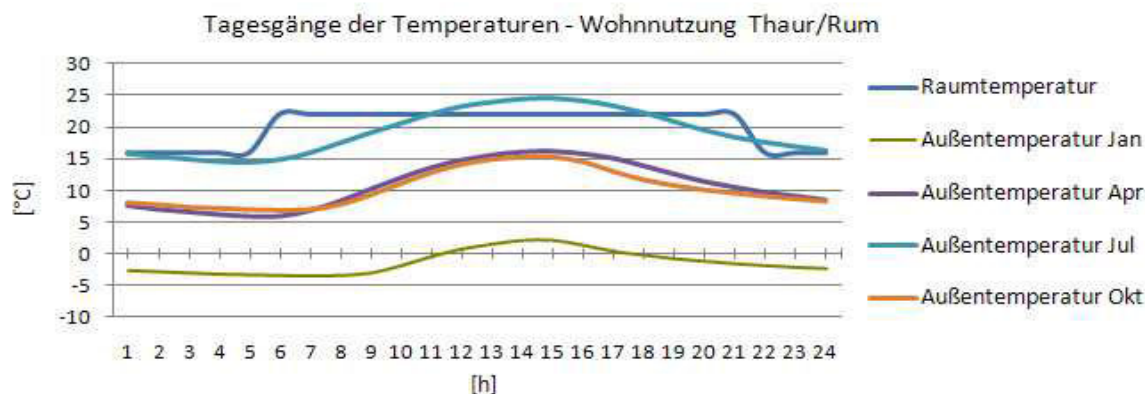


Abb. 38: Tagesgänge der Temperaturen - Wohnnutzung Thaur/Rum

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - sonstige Nutzung Thaur/Rum:

Grundlagen Jahresgang spezifischer Wärmeenergieverbrauch:

Als Grundlage für den spez. Jahreswärmeverbrauch sonstige Nutzung Thaur/Rum wurden in Tabelle 26 Werte von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (Fachartikel: Strukturoptimierung in Ballungs-gebieten -Tabelle 4-1) herangezogen.

Heizwärmebedarf:	[kWh/(m ² *a)]		Warmwasserbedarf:	[kWh/(m ² *a)]		Gesamtwärmebedarf:	
Büro, BJ 1969-83	108,08						
Büro, BJ 1984-95	102,68						
Büro, BJ 1996-01	83,53						
Büro, BJ 2002-10	75,05		Büro, BJ 2002-10	1,3			
Handel eingeschossig	137,92		Handel eingeschossig	2,5			
Handel mehrgeschossig	85,57		Handel mehrgeschossig	2,4			
Industrie-Gewerbe eingeschossig	35,53		Industrie-Gewerbe eingeschossig	29,2			
Industrie-Gewerbe mehrgeschossig	46,44		Industrie-Gewerbe mehrgeschossig	26,1			[kWh/(m ² *a)]
Mittelwert			Mittelwert			Summe	
Heizwärmebedarf	84,35		Warmwasserbedarf	12,3		sonstige	96,65

Tabelle 26: Grundlagen spez. Jahreswärmeenergieverbrauch – sonstige Nutzung Thaur/Rum

In Tabelle 27 (Abb. 39) wurde der Jahresgang der spez. Wärmeenergieverbräuche sonstige Nutzung Thaur/Rum mittels der mittleren Monatsaußentemperaturen der Messstelle Universität Innsbruck und dem errechneten spez. Jahreswärmeverbrauch ermittelt.

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Außentemperatur Universität Innsbruck		-1,1	0,6	5,4	9,3	14,4	17,0	18,9	18,4	14,4	9,9	3,7	-0,1
sonstige Nutzung	[kWh/(m ² *a)]	[kWh/(m ² *M)]											
Mittelwert pro Monat	96,65	15,78	14,51	10,92	8,00	4,19	2,24	0,82	1,20	4,19	7,56	12,19	15,04
Mittelwert pro Tag	[Wh/(m ² *d)]	509,17	518,30	352,31	266,81	135,13	74,81	26,54	38,61	139,64	243,72	406,45	485,04

Tabelle 27: Berechnung Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch – sonstige Nutzung Thaur/Rum

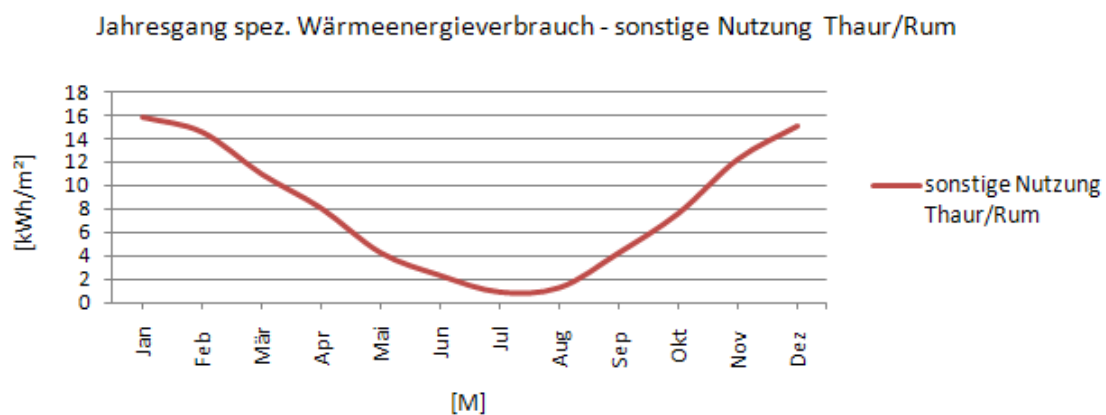


Abb. 39: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch – sonstige Nutzung Thaur/Rum

Grundlagen Tagesgang spezifischer Wärmeenergieverbrauch:

In Tabelle 28 (Abb. 40 und Abb. 41) wurden die Tagesgänge spez. Wärmeenergie-verbräuche sonstige Nutzung Thaur/Rum über die Temperaturdifferenz der mittleren Tagesaußentemperatur der Messstelle Universität Innsbruck, der genormten Raumtemperatur von 22°C (16°C Nachtabenkung zwischen 20:00 - 06:00 Uhr) und dem errechneten spez. Tageswärmeverbrauch ermittelt.

	[h/d]	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Januar	Außentemperatur	-2,70	-2,90	-3,10	-3,30	-3,40	-3,50	-3,60	-3,50	-3,10	-1,90	-0,40	0,80	1,60	2,20	2,20	1,40	0,40	-0,20	-0,80	-1,20	-1,60	-1,90	-2,20	-2,40
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	[Wh/(m²·d)] Δv	18,70	18,90	19,10	19,30	19,40	19,50	25,60	25,50	25,10	23,90	22,40	21,20	20,40	19,80	19,80	20,60	21,60	22,20	22,80	17,20	17,60	17,90	18,20	18,40
509,17	[Wh/(m²·h)]	19,23	19,44	19,64	19,85	19,95	20,05	26,33	26,22	25,81	24,58	23,04	21,80	20,98	20,36	20,36	21,19	22,21	22,83	23,45	17,69	18,10	18,41	18,72	18,92
April	Außentemperatur	7,60	7,00	6,60	6,20	5,90	5,90	6,80	8,30	10,20	12,00	13,60	14,80	15,60	16,10	16,20	15,80	15,10	13,90	12,60	11,40	10,50	9,70	9,10	8,50
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	[Wh/(m²·d)] Δv	8,40	9,00	9,40	9,80	10,10	10,10	15,20	13,70	11,80	10,00	8,40	7,20	6,40	5,90	5,80	6,20	6,90	8,10	9,40	4,60	5,50	6,30	6,90	7,50
266,81	[Wh/(m²·h)]	11,06	11,85	12,38	12,91	13,30	13,30	20,02	18,04	15,54	13,17	11,06	9,48	8,43	7,77	7,64	8,16	9,09	10,67	12,38	6,06	7,24	8,30	9,09	9,88
Juli	Außentemperatur	15,80	15,30	14,90	14,50	14,40	14,80	15,90	17,50	19,10	20,60	22,10	23,30	24,00	24,50	24,60	24,20	23,40	22,30	20,90	19,50	18,40	17,60	16,90	16,30
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	[Wh/(m²·d)] Δv	0,20	0,70	1,10	1,50	1,60	1,20	6,10	4,50	2,90	1,40	-0,10	-1,30	-2,00	-2,50	-2,60	-2,20	-1,40	-0,30	1,10	-3,50	-2,40	-1,60	-0,90	-0,30
26,54	[Wh/(m²·h)]	0,24	0,83	1,31	1,79	1,90	1,43	7,26	5,36	3,45	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oktober	Außentemperatur	8,10	7,80	7,40	7,20	7,00	6,90	7,00	7,80	9,30	11,10	12,80	14,10	14,90	15,30	15,30	14,50	13,00	11,70	10,80	10,10	9,60	9,10	8,70	8,30
	Raumtemperatur	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	[Wh/(m²·d)] Δv	7,90	8,20	8,60	8,80	9,00	9,10	15,00	14,20	12,70	10,90	9,20	7,90	7,10	6,70	6,70	7,50	9,00	10,30	11,20	5,90	6,40	6,90	7,30	7,70
243,72	[Wh/(m²·h)]	8,99	9,33	9,79	10,01	10,24	10,35	17,07	16,16	14,45	12,40	10,47	8,99	8,08	7,62	7,62	8,53	10,24	11,72	12,74	6,71	7,28	7,85	8,31	8,76

Tabelle 28: Berechnung Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - sonstige Nutzung Thaur/Rum

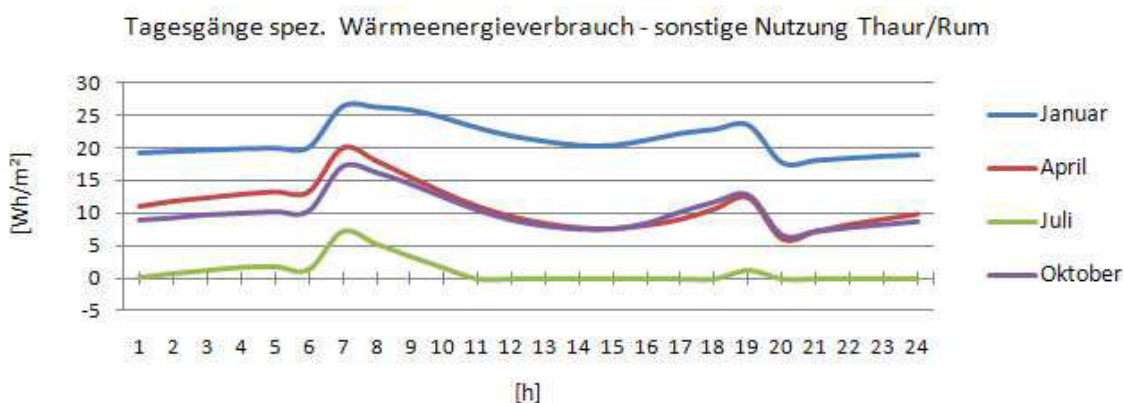


Abb. 40: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch – sonstige Nutzung Thaur/Rum

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Stromverbrauch Österreich	[GWh/M]	5176	4814	4542	4214	4024	3966	4061	4131	4285	4439	4658	4992
Wohnnutzung	[kWh/(m²*a)]	[kWh/(m²*M)]											
Mittelwert pro Monat	44,66	4,34	4,03	3,81	3,53	3,37	3,32	3,40	3,46	3,59	3,72	3,90	4,18
Mittelwert pro Tag	[Wh/(m²*d)]	139,90	144,06	122,76	117,70	108,76	110,77	109,76	111,66	119,68	119,98	130,10	134,93

Tabelle 30: Berechnung Jahresgang spez. Stromverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

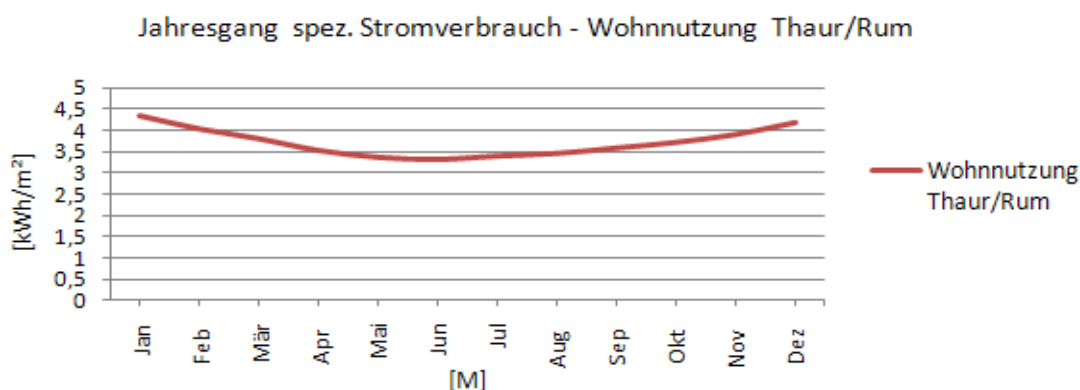


Abb. 42: Jahresgang spez. Stromverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

Grundlagen Tagesgang spezifischer Stromverbrauch:

In Tabelle 31 (Abb. 43) wurden der Tagesgänge spez. Stromverbrauch Wohnnutzung Thaur/Rum mittels eines Tageslastganges eines Haushaltes ermittelt (Artikel: Verbraucher als virtuelles Kraftwerk - Abbildung 3.13 - www.nachhaltigwirtschaften.at).

[Wh/(m ² ·d)]	[h/d]	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Januar	Tageslastgang	240	460	210	250	210	620	1750	550	210	200	220	1510	350	250	500	240	400	210	1300	1900	1200	350	200	210
139,90	[Wh/(m ² ·h)]	2,48	4,75	2,17	2,58	2,17	6,41	18,08	5,68	2,17	2,07	2,27	15,60	3,62	2,58	5,17	2,48	4,13	2,17	13,43	19,63	12,40	3,62	2,07	2,17
April	Tageslastgang	240	460	210	250	210	620	1750	550	210	200	220	1510	350	250	500	240	400	210	1300	1900	1200	350	200	210
117,70	[Wh/(m ² ·h)]	2,09	4,00	1,83	2,17	1,83	5,39	15,21	4,78	1,83	1,74	1,91	13,13	3,04	2,17	4,35	2,09	3,48	1,83	11,30	16,52	10,43	3,04	1,74	1,83
Juli	Tageslastgang	240	460	210	250	210	620	1750	550	210	200	220	1510	350	250	500	240	400	210	1300	1900	1200	350	200	210
109,76	[Wh/(m ² ·h)]	1,95	3,73	1,70	2,03	1,70	5,03	14,19	4,46	1,70	1,62	1,78	12,24	2,84	2,03	4,05	1,95	3,24	1,70	10,54	15,40	9,73	2,84	1,62	1,70
Oktober	Tageslastgang	240	460	210	250	210	620	1750	550	210	200	220	1510	350	250	500	240	400	210	1300	1900	1200	350	200	210
119,98	[Wh/(m ² ·h)]	2,13	4,08	1,86	2,22	1,86	5,49	15,51	4,87	1,86	1,77	1,95	13,38	3,10	2,22	4,43	2,13	3,54	1,86	11,52	16,84	10,63	3,10	1,77	1,86

Tabelle 31: Berechnung Tagesgänge spez. Stromverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung

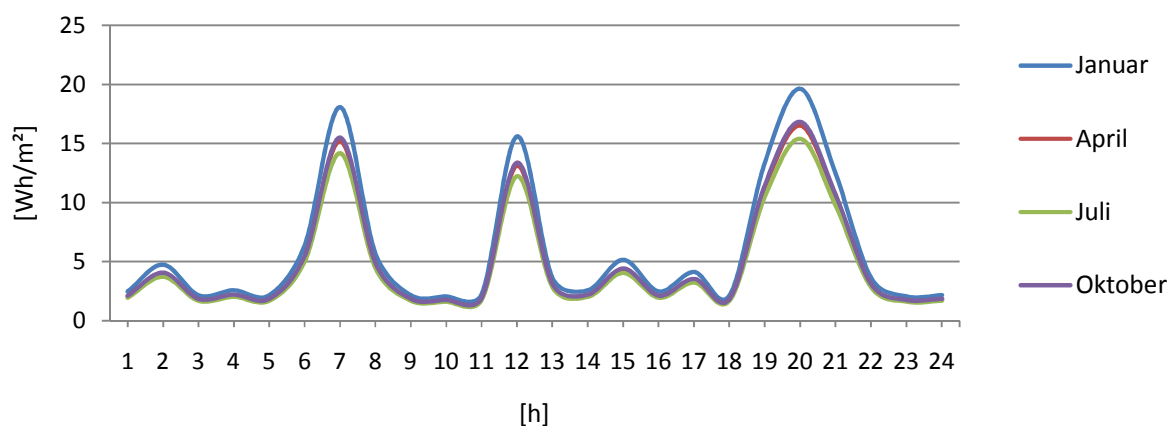


Abb. 43: Tagesgänge spez. Stromverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

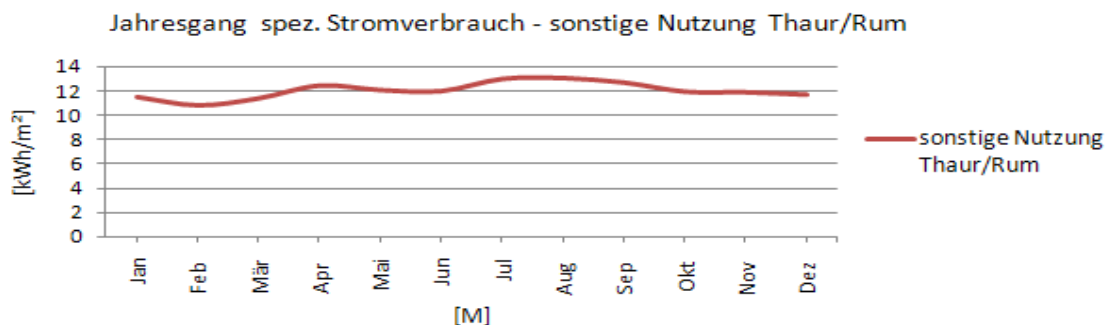


Abb. 44: Jahresgang spez. Stromverbrauch – sonstige Nutzung Thaur/Rum

Grundlagen Tagesgang spezifischer Stromverbrauch:

In Tabelle 34 (Abb. 45) wurden die Tagesgänge spez. Stromverbrauch sonstige Nutzung Thaur/Rum mittels mehrerer Tageslastgänge (Büro, Handel und Gewerbe) gemittelt (Forschungstelle für Energiewirtschaft e.V. - Fachartikel: Strukturoptimierung in Ballungsgebieten - Anhang A).

[Wh/(m²·d)]	[h/d]	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
	Büro	38	41	40	40	44	52	63	78	89	97	100	98	95	94	95	96	100	95	87	71	60	51	44	40
	Handel	32	30	30	29	28	30	31	46	79	97	99	98	92	76	71	88	95	96	83	59	50	44	37	34
	Gewerbe	31	28	25	25	30	34	37	49	79	96	97	100	93	79	75	81	83	81	66	46	41	39	37	35
Januar	Mittelwert	34	33	32	31	34	39	44	58	82	97	99	99	93	83	80	88	93	91	79	59	50	45	39	36
370,49	[Wh/(m²·h)]	8,23	8,06	7,74	7,66	8,31	9,45	10,67	14,09	20,12	23,62	24,11	24,11	22,80	20,28	19,63	21,58	22,64	22,15	19,22	14,33	12,30	10,91	9,61	8,88
April	Mittelwert	34	33	32	31	34	39	44	58	82	97	99	99	93	83	80	88	93	91	79	59	50	45	39	36
415,38	[Wh/(m²·h)]	9,22	9,04	8,67	8,58	9,31	10,59	11,96	15,80	22,55	26,48	27,03	27,03	25,57	22,74	22,01	24,20	25,39	24,84	21,55	16,07	13,79	12,24	10,77	9,95
Juli	Mittelwert	34	33	32	31	34	39	44	58	82	97	99	99	93	83	80	88	93	91	79	59	50	45	39	36
420,63	[Wh/(m²·h)]	9,34	9,15	8,78	8,69	9,43	10,73	12,11	16,00	22,84	26,82	27,37	27,37	25,89	23,02	22,28	24,50	25,71	25,15	21,82	16,27	13,96	12,39	10,91	10,08
Oktober	Mittelwert	34	33	32	31	34	39	44	58	82	97	99	99	93	83	80	88	93	91	79	59	50	45	39	36
385,20	[Wh/(m²·h)]	8,55	8,38	8,04	7,96	8,64	9,82	11,09	14,65	20,92	24,56	25,06	25,06	23,71	21,08	20,41	22,44	23,54	23,03	19,98	14,90	12,79	11,35	9,99	9,23

Tabelle 34: Berechnung Tagesgänge spez. Stromverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

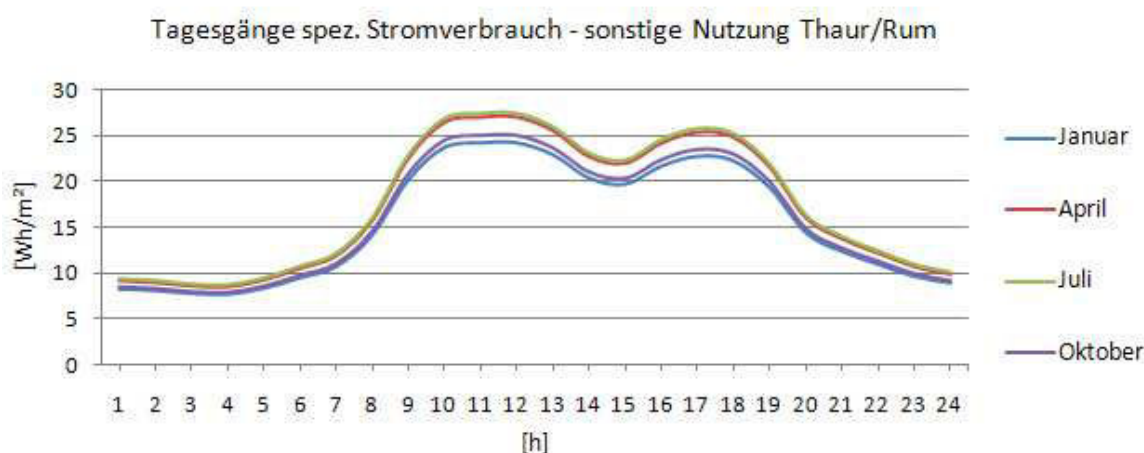


Abb. 45: Tagesgänge spez. Stromverbrauch – Wohnnutzung Thaur/Rum

3.2.3.2 Die Berechnungsdiagramme der restlichen Siedlungstypen

- **Siedlungstyp 1 – „Stadt“: Wiener Neustadt** siehe Anhang
- **Siedlungstyp 3 – „ländlicher Raum“: Pulkatal** siehe Anhang
- **Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum** siehe Anhang

3.2.4 Zusammenfassung der spezifischen Jahresverbräuche

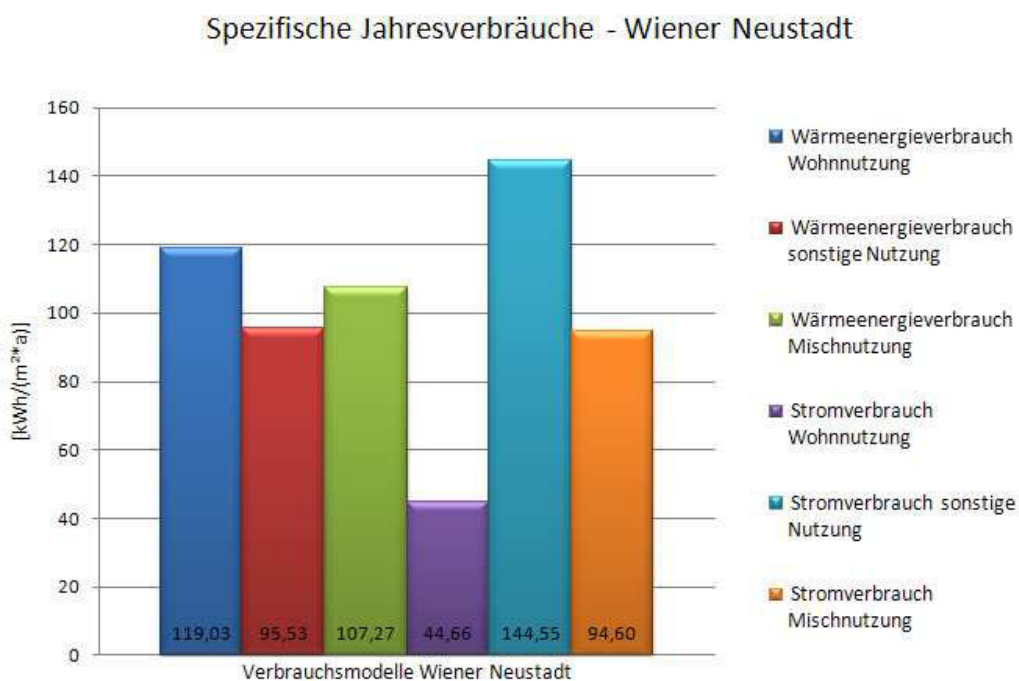


Abb. 46: Spezifische Jahresverbräuche – Siedlungstyp 1: Wiener Neustadt

Spezifische Jahresverbräuche - Thaur/Rum

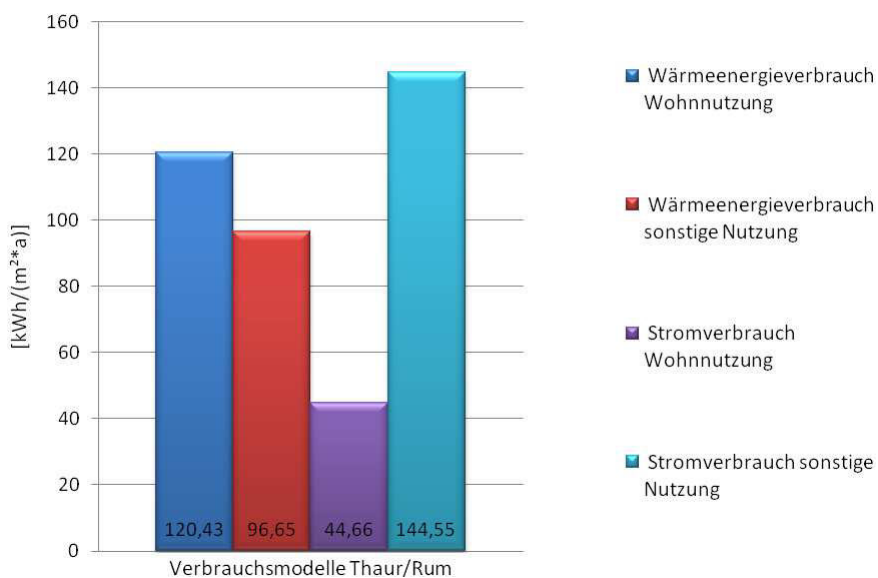


Abb. 47: Spezifische Jahresverbräuche – Siedlungstyp 2: Thaur/Rum

Spezifische Jahresverbräuche - Pulkautal

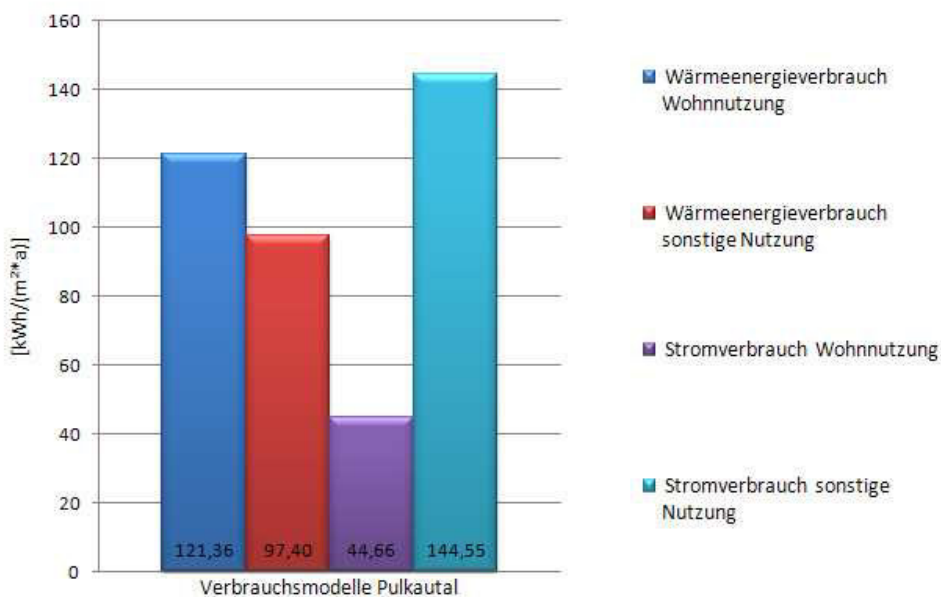


Abb. 48: Spezifische Jahresverbräuche – Siedlungstyp 3: Pulkautal

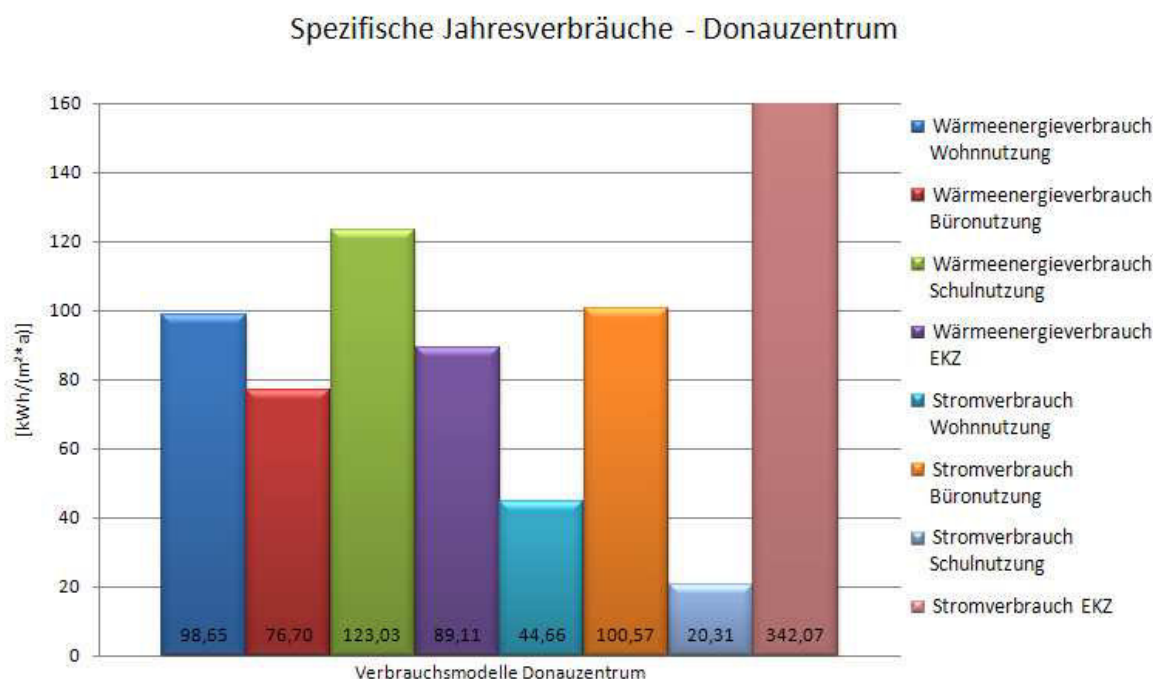


Abb. 49: Spezifische Jahresverbräuche – Siedlungstyp 4: Donauzentrum

3.3 Elektromobilität

3.3.1 Einleitung

Beim Energieverbrauch von räumlichen Gebietseinheiten kommt der Mobilität, die für die Raumüberwindung von Personen und Gütern aufgebracht werden muss, eine beachtliche Rolle zu. Dies ist unter anderem etwa auch am Anteil des Verkehrs am Gesamtenergieendverbrauch zu beobachten. Etwa ein Viertel der Primärenergie wurde etwa im Jahr 2010 für die Mobilität aufgewendet. [Pucher 2010]

Studien zeigen zudem, dass das Auto den größten Energieverbraucher im Haushalt darstellt. Bezogen auf einen Durchschnittshaushalt in einem Einfamilienhaus kommt dem Auto ein Anteil von rund 50 % am Gesamtenergieverbrauch zu [VCÖ 2010]. Daher ist unter der Zielstellung, eine weitestgehende Energieautarkie in Regionen zu erreichen, die wissenschaftlich-technische Auseinandersetzung mit Maßnahmen im Mobilitätssektor nicht nur angebracht, sondern sogar unumgänglich.

Als "energieautarke Region" wird im Rahmen der gegenständlichen Untersuchung ein Siedlungsgefüge - bestehend aus Natur- und Freiräumen, räumlicher Infrastruktur (inklusive Verkehrsinfrastruktur) und Siedlungseinheiten - verstanden, das - bezogen auf Fläche und

Einwohnerzahl - in der Lage ist, den raumbezogenen Energiebedarf (inklusive der Energie für Mobilität) innerhalb der räumlich-funktionalen Systemgrenze abzudecken. Nicht berücksichtigt wird dabei der Energiebedarf für die Bereitstellung von Bedarfsgütern und für den Transport von Wirtschaftsgütern sowie Entsorgungstransporte. Die Untersuchung beschränkt sich daher auf den Energiebedarf der in der Region ansässigen Bevölkerung und deren Mobilität.

3.3.2 Grundlagen zur Mobilität

Die Mobilität der Bevölkerung von Siedlungen hängt wesentlich von deren individuellen Bedürfnissen und den Möglichkeiten im Raum ab, diese mittels Raumüberwindung zu befriedigen. Der Mobilitätsaufwand, der sich aus den Wegen, die für die Befriedigung der Bedürfnisse zurückgelegt werden müssen, ergibt, ist dabei abhängig von der Lage des Ausgangsortes, der Lage des Zielortes sowie dem Angebot und der Verfügbarkeit von Verkehrsinfrastruktur (Verkehrsnetze).

In der Verkehrsplanung umschreibt der Begriff der Mobilität üblicherweise die beobachtbare physische Bewegung von Personen oder Gütern im Raum. Im Rahmen dieser Studie wird unter dem Begriff der Mobilität - im Gegensatz zum "realen" Verkehrsgeschehen - eine vielmehr das Potential repräsentierende abstrakte Ortsänderung von Personen verstanden, so wie im übrigen die Mobilität auch von Cerwenka et al. im Handbuch der Verkehrssystemplanung, Wien 2007, S.4 definiert wird.

Der Sektor des Güterverkehrs, der für die Versorgung und den Abtransport von in der Region erzeugten Gütern sowie für die Entsorgung von Bedeutung ist, muss im Rahmen der gegenständlichen Betrachtung ausgeklammert bleiben und ist daher explizit nicht Teil der Untersuchung, wenngleich auch bei den Transportleistungen im Güterverkehr hinsichtlich des Energieaufwandes regions- und siedlungsstrukturelle Unterschiede eine Rolle spielen. Diese Güterströme und deren Verflechtungen sind jedoch stark von den industriellen und gewerblichen Nutzungsstrukturen der Siedlungszonen sowie der Branchenstruktur abhängig. Sie sind im Rahmen der Statistik aus Datenschutzgründen nicht ausreichend verfügbar und wären daher nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand selbst zu erheben.

Durch eine Optimierung im Bereich der Heizenergieversorgung – als zentrales Anliegen des gegenständlichen Forschungsprojektes - wird das Mobilitätsverhalten im Realfall a priori nicht verändert. In den Modellvorstellungen für energieautarke Regionen als Folge von mehr an dem Nachhaltigkeitsgedanken orientierten Siedlungsstrukturen ist hingegen sehr wohl von Veränderungen im Mobilitätsverhalten auszugehen, da mit der Änderung von siedlungsstrukturellen Einflussgrößen wie etwa der Siedlungsdichte einerseits Quelle-Ziel-Beziehungen verändert werden, andererseits die Wahl der Fortbewegungsart bzw. die Wahl des Verkehrsmittels beeinflusst werden. Um das Ziel, den gesamten Energiebedarf einer Region zu 90-95% selbst decken zu können, zu erreichen, wird davon ausgegangen, dass dies nur mit „idealen“ Siedlungstypen gelingt, in denen der Energiebedarf sowohl für Wärme, Kälte und

Beleuchtung als auch jener für die Mobilität möglichst gering gehalten werden kann. Im Bereich der Mobilität kann dies insbesondere dadurch erwartet werden, weil

a) bei größerer Siedlungsdichte durch kürzere Weglängen bei den Quelle-Ziel-Relationen ohne nennenswerten Qualitätsverlust der Modal Split-Anteil des nichtmotorisierten Verkehrs erhöht und damit der Energieaufwand merklich reduziert werden kann.

b) durch die Schaffung kompakter Siedlungsformen die Zugangsmöglichkeiten zu Bahnhöfen und Haltestellen des Öffentlichen Verkehrs erleichtert und so die Akzeptanz des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) gefördert werden kann. Ein entsprechend großes Fahrgastpotential je Haltestelle ermöglicht zugleich eine effizientere Bedienung von Siedlungseinheiten mit öffentlichen Verkehrsmitteln und damit eine attraktivere Bedienungsqualität, woraus in der Folge von einer erhöhten Akzeptanz des öffentlichen Verkehrs ausgegangen werden kann. Mit einer Erhöhung des Modal Split-Anteiles des Öffentlichen Verkehrs werden weitere Energieeinsparungen erwartet, so dass dem Ziel der Schaffung einer energieautarken Region noch näher gekommen werden kann.

Dabei können einerseits Grobabschätzungen vorgenommen werden, wie groß die Einwohnerzahl einer solchen energieautarken Region und/oder deren Fläche in Abhängigkeit von den verfügbaren erneuerbaren Energieträgern sein kann, bzw. was an Ressourcen für eine bestimmte Siedlungsgröße (einen Siedlungstyp) erforderlich ist. Andererseits ist es möglich, aufzuzeigen, welche Änderungen bzw. Einschränkungen im Mobilitätsbereich notwendig wären, wenn das Ziel einer energieautarken Region Realität werden soll.

3.3.3 Untersuchungsmethodik

In der gegenständlichen Untersuchung wird in einem ersten Schritt der personenbezogene Endenergieverbrauch für die bevölkerungsbezogene Mobilität in einer Siedlungsregion im Verdichtungsraum Innsbruck, bestehend aus dem nördlichen Siedlungsteil der Gemeinde Rum ("Rum-Nord") und der Gemeinde Thaur festgestellt. In weiterer Folge werden Szenarien berechnet, die Effekte auf den Endenergieverbrauch durch Verlagerung von Wegen auf energieeffizientere Verkehrsmittel sowie durch Veränderungen in der Siedlungsstruktur aufzeigen sollen.

3.3.3.1 Grundlegende Festlegungen

Da einerseits das Projektgebiet keine großen Unternehmensstandorte aufweist und daher davon ausgegangen wird, dass nur ein geringfügiger Bedarf an Gütertransporten zu erwarten ist und andererseits die Gütertransportströme nur schwer ermittelbar wären, bleibt der Güterverkehr in dieser Arbeit für die Berechnung des für die Mobilität erforderlichen Energieaufwandes ausgeklammert, ebenso der Durchzugsverkehr, der die definierte Region durchquert, aber für den Energiebedarf der in der Region ansässigen Bevölkerung unerheblich ist.

Grundsätzlich wird in den Berechnungen immer der Endenergiebedarf der in der Siedlungsregion ansässigen Bevölkerung betrachtet. Dieser beinhaltet im Bereich der Mobilität den Nutzenergiebedarf der Bewegung (Kraftschluss zwischen Rad und Fahrbahn) und die

Verluste bzw. Entwertung im Fahrzeug (Motor, Getriebe, Aggregate) [Cerwenka 1998]. Zur Ermittlung des Endenergieverbrauchs muss in einem ersten Schritt die von der Bevölkerung in der Siedlungsregion erbrachte Verkehrsleistung (also die zurückgelegten Kilometer pro Person unabhängig vom Verkehrsmittel) unterschieden nach Verkehrsarten abgeschätzt werden.

Da der Aktionsradius der Mobilität der regionalen Bevölkerung nicht auf die Untersuchungsregion begrenzt ist, sondern Quelle-Ziel-Beziehungen naturgemäß auch mit dem Umland und natürlich der Stadt Innsbruck bestehen, waren für die Berechnung des anfallenden Energiebrauchs Annahmen zu treffen. Dies betrifft Fahrten mit dem öffentlichen Verkehr einerseits und im motorisierten Individualverkehr andererseits:

3.3.3.2 Annahmen für den Öffentlichen Verkehr (ÖV)

Für den öffentlichen Verkehr wurde die tatsächliche Fahrleistung (Bus-Kilometer) der die Siedlungsregion bedienenden Regional- bzw. Stadtbuslinien (Linien A und D/E der Innsbrucker Verkehrsbetriebe und die Rumer Linie 8357 (Neu Rum- Rum)) mit Hilfe der im Fahrplan ausgewiesenen Buskurse innerhalb der Grenzen des Projektgebietes festgestellt. Fahrleistungen (Bus-Kilometer), die außerhalb der untersuchten Siedlungsregion Rum-Nord/Thaur zurückgelegt werden, blieben im öffentlichen Verkehr unberücksichtigt, da diese nicht mit ausreichender Genauigkeit auf die Bevölkerung der untersuchten Siedlungsregion bezogen werden können. Dafür wurde ausschließlich der Fahrplan von Montag bis Freitag (Stand September 2010) herangezogen [IVB 2010].

Der fahrleistungsabhängige Energieverbrauch der derzeit verwendeten Dieselbusfahrzeuge der Innsbrucker Verkehrsbetriebe und des umgebauten VW Transporter der Rumer Linie (stammt aus der Literatur [Leuthardt 2009] und wurde mit den im Gemeindegebiet zurückgelegten Fahrzeugkilometern multipliziert).

3.3.3.3 Annahmen für den motorisierten Individualverkehr (MIV)

Für den Pkw-Verkehr ist die Festlegung einer räumlichen Abgrenzung relativ schwierig. Stattdessen wurden – wie bei Untersuchungen der Verkehrsleistung in der Wissenschaft üblich – die Wege der in der Region Rum-Nord/Thaur ansässigen Bevölkerung genauer untersucht. Da davon ausgegangen werden kann, dass Fahrtenanteile, die von der Bevölkerung der Region Rum-Nord/Thaur außerhalb der Region zurückgelegt werden, dennoch für die Mobilität der Bevölkerung der Region von Bedeutung sind (z.B. Fahrten zum Arbeitsplatz), wurde die gesamte mit dem Pkw zurückgelegte Fahrleistung (täglich zurückgelegten Kilometer je Person, auch solche außerhalb der Region) für die Berechnungen herangezogen und mithilfe durchschnittlicher Energieverbrauchswerte [BMVBS 2009] für Pkws der personenbezogene Energieverbrauch ermittelt. Wege von Personen, die nicht im Projektgebiet wohnen, aber ihre Wege im Untersuchungsgebiet durchführen, wurden im Rechenmodell aufgrund der auf die Bewohner fokussierten Betrachtung nicht erfasst.

Zur Berechnung der Wege mit dem Wegezweck "Arbeitsplatz" wurden nur die Auspendlerwege – also die Pendlerwege der Bevölkerung (auch zu außerhalb der Region liegenden Zielen) – sowie die Binnenpendler-Wege (erwerbstätig und wohnhaft in der Region Rum-Nord/Thaur) herangezogen. Wege, die von Einpendlern zurückgelegt werden, blieben definitionsgemäß unberücksichtigt. Da sich die Anzahl der Auspendler (Erwerbstätige die im Projektgebiet wohnen und außerhalb arbeiten) mit der Anzahl der Einpendler (Erwerbstätige die im Projektgebiet arbeiten und außerhalb wohnen) plus der Anzahl der Durchzugsfahrten (Durchzugsverkehr in der Gemeinde – nur Personenverkehr!) in etwa aufhebt, kann jedoch annäherungsweise auch bei einer von der Bevölkerung losgelösten und dem Territorialprinzip folgenden Betrachtung der Region von einer ähnlichen Größenordnung der zugrunde zu legenden Personenkilometer ausgegangen werden.

3.3.4 Berechnung und verwendete Daten

3.3.4.1 Vorgangsweise

Die Berechnung des für die Mobilität aufgewendeten Energiebedarfes erfolgt auf der Grundlage der von verschiedenen Verkehrsmitteln erbrachten Fahrleistungen (ÖV: Buskilometer; MIV: Pkw-Kilometer). Die Fahrleistung ist eine Größe, die personenbezogene und unabhängig vom Verkehrsmittel zurückgelegte Kilometer in einem festgelegten Gebiet innerhalb eines Zeitraums angibt.

Zunächst sind die Fahrten auf die zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel aufzuteilen (Modal Split). Da zum Untersuchungsraum Rum-Nord/Thaur keine spezifischen Daten zum Mobilitätsverhalten zur Verfügung standen, wurden ersatzweise Mobilitätsdaten (Modal Split) aus einer Studie aus dem Raum Salzburg [Consult 2004]. verwendet. Beide Räume weisen eine ähnliche Siedlungsstruktur, Straßeninfrastruktur und Infrastruktur des Öffentlichen Verkehrs auf. Die Wege zur Erreichung des Arbeitsplatzes wurden, um eine höhere Genauigkeit zu erzielen, jedoch unter Zuhilfenahme der Daten aus der Statistik Austria (spezielle Auswertung aus der Pendlerstatistik 2001 für die Gemeinden Rum und Thaur) berechnet. Diese Daten geben die Wegeverflechtungen und die benutzten Verkehrsmittel für die berufstätige Bevölkerung spezifisch für eine Gemeinde wesentlich genauer wider.

Aus beiden Quellen wurden diese personenbezogenen Daten einem Rasternetz (250*250m auf Grundlage des ETRS-LAEA-Rasters der Statistik Austria) zugeordnet. Als Ergebnis konnte für jede 125x125 Meter-Rasterzelle die jeweilige Verkehrsleistung pro Tag nach Verkehrsarten sowie in der Folge der daraus resultierende tägliche Energieverbrauch für die Mobilität des dieser Zelle zugeordneten Bevölkerungsanteiles dargestellt werden.

Die Eigenschaften der einzelnen Raster wurden für die Berechnungen hinsichtlich des Modal Split-Anteiles unterschieden: Bei Rasterzellen nahe Haltestellen des öffentlichen Verkehrs (von rund 500m Zugangsweglänge) wurde ein etwas höherer fahrleistungsbezogener ÖV-Anteil angenommen (**ÖV-dominant**) als bei Rasterzellen abseits von ÖV-Haltestellen (**IV-dominant**). Die Einteilung der Bevölkerung in diese beiden Gruppen erfolgte in gleichgroßen Teilen. In der

Summe zeigt die Region ähnliche Mobilitätsmerkmale (tägliche Fahrweite, Modal Split) wie die Salzburger Vergleichsstudie und die Pendlerstatistik der Statistik Austria.

Für die Eruierung des Endenergieverbrauchs wurde die Fahrleistung mit dem fahrzeugbezogenen individuellen Energieverbrauch (durchschnittlicher Energieverbrauchswerte für Pkws bzw. Verbrauchswert für Stadtbuss) multipliziert. [Leuthardt 2009]

Die Summe aller Wege je Verkehrsmittel ergibt den IST- Zustand des gesamten Energieverbrauchs der Mobilität in der Untersuchungsregion.

Im Streben zur Erreichung des Ziels einer weitgehenden Energieautarkie wurden für die zukünftige Entwicklung weitere Annahmen getroffen und vier Berechnungsszenarien definiert, die untereinander und mit dem bestehenden Energieverbrauch verglichen werden sollen.

3.3.4.2 Festlegung von Szenarien

Nullvariante

Die Nullvariante beschreibt den **IST- Zustand** des Energieverbrauchs der Mobilität in der Siedlungsregion Rum-Nord/Thaur. Das Mobilitätsverhalten wurde für Wege zum Arbeitsplatz mittels der Pendlerstatistik 2001 und für alle anderen Wege mittels der Studie der Mobilitätsanalyse 2004 für den Salzburger Raum festgestellt. Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Siedlungsstruktur in die Berechnung einfließen zu lassen wurden zwei verschiedene Mobilitätsverhaltensweisen angenommen:

Die Verhaltensweise „**ÖV dominant**“ beschreibt eine Mobilität mit einem Modal Split, der im Gegensatz zum Mobilitätsverhalten im Salzburger Raum einen etwas höheren fahrleistungsbezogenen ÖV- Anteil vorweisen kann. Dieses Mobilitätsverhalten wird in der Nähe von ÖV-Haltestellen unterstellt.

Im Gegensatz dazu weist die Verhaltensweise „**IV dominant**“ einen höheren Anteil an mit dem Pkw zurückgelegten Kilometern auf. Dieses Mobilitätsverhalten tritt in Rastern auf, die sich nicht in unmittelbarer Nähe zu ÖV-Haltestellen befinden. Die Unterschiede im Modal Split werden in Tabelle 35 dargestellt.

Verkehrsleistungsbezogener Modal Split	MIV Fahrer	Öffentlicher Verkehr	sonstige
Modal Split im Raum Innsbruck	62,6%	16,8%	21,5%
Modal Split "IV dominant"	93,0%	1,7%	5,3%
Modal Split "ÖV dominant"	31,0%	33,3%	35,8%

Tabelle 35: Verkehrsleistungsbezogener Modal Split (Anteil an zurückgelegten Personenkilometern nach Verkehrsmittel an der Gesamtverkehrsleistung) basierend auf der Grundlage von Herry Consult, Mobilitätsanalyse 2004 der Stadt Salzburg, Salzburg [2004]

Die Rastereinteilung für die beiden Verhaltensweisen-Gruppen wurde aus Gründen der Vereinfachung so durchgeführt, dass die Hälfte der Bevölkerung jeder Gemeinde zu einer der beiden Gruppen zugeordnet ist. Rasterzellen die nahe einer Bushaltestelle situiert sind, bekommen das Prädikat „**ÖV dominant**“, die anderen Rasterzellen das Prädikat „**IV dominant**“. Die kumulierte Fahrleistung beider Gruppen entspricht der Fahrleistung und dem Modal Split basierend auf den Kenngrößen aus der Bezugsstudie von Herry Consult, 2004 [Consult 2004].

Der Modal Split der jeweiligen Varianten „IV dominant“ und „ÖV dominant“ wurde so definiert, dass bei „ÖV dominant“ ein Drittel der zurückgelegten Kilometer mit dem ÖV zurückgelegt werden, während bei „IV dominant“ 93% der gefahrenen Kilometer aktiv mit dem Pkw zurückgelegt werden und nur ein kleiner Anteil mit dem Öffentlichen Verkehr. Unter die Kategorie „sonstige“ fällt einerseits der nicht motorisierte Verkehr und in diesem Fall auch die MIV-Mitfahrer, da sie für die Berechnung des Energieverbrauchs nicht relevant sind.

Für die Erreichung einer weitgehenden Energieautarkie wurden vier verschiedene Szenarien und Szenarienkombinationen definiert, die nachfolgend dargestellt sind:

Szenario E50

Bei diesem Szenario verändern sich die zurückgelegten Kilometer (Fahrleistungen) der jeweiligen Verkehrsmittel im Vergleich zur Nullvariante nicht. Es ändern sich jedoch die Antriebsformen der Fahrzeuge:

- Im Öffentlichen Verkehr werden die Linien der Innsbrucker Verkehrsbetriebe (Linie A und D/E) und der Rumer Linie von den derzeit verwendeten Dieseln auf Oberleitungsbusse mit Energierückspeisung umgestellt. O-Busse ohne Rückspeisefunktion haben einen höheren Endenergieverbrauch als Dieseln, mit Rückspeisung verringert sich der Verbrauch aber um zirka die Hälfte. [Langer 2010]
- Außerdem wird angenommen, dass 50% der mit dem Pkw zurückgelegten Kilometer mit reinem Elektromotorantrieb zurückgelegt werden. Dadurch ändert sich einerseits der quantitative Energieverbrauch für die Mobilität. Andererseits ist die Mobilität nicht mehr von externen Energieträgern wie Diesel und Benzin abhängig. Der Antrieb erfolgt mittels elektrischen Stroms, der grundsätzlich auch in der Gemeinde aus erneuerbaren Ressourcen produziert werden könnte.

Szenario V1

Im Szenario 1 wurde eine Veränderung des Energieverbrauchs in der Mobilität durch eine leichte Angebotsverbesserung des Öffentlichen Verkehrs (+20% mehr Buskurse) unterstellt. Dadurch wird eine Änderung des verkehrsleistungsbezogenen Modal Splits zu Gunsten des Öffentlichen Verkehrs und des nicht motorisierten Verkehrs auf Kosten des PKW Verkehrs bewirkt.

Im IV-dominanten Bereich (Rasterzellen) verringert sich die personenbezogene Fahrleistung von Pkw- Fahrten um 8% (Annahme) während sich die im nicht-motorisierten Verkehr und jene mit dem ÖV zurückgelegten Kilometer gegenüber der Nullvariante verdoppeln.

Im ÖV-dominanten Bereich (Rasterzellen) werden im Vergleich zur Nullvariante nur noch ein Zehntel der zurückgelegten Kilometer mit dem Pkw jedoch jeweils um 50% mehr Kilometer beim

nicht-motorisierten und beim ÖV-Verkehr zurückgelegt. Das ÖV Angebot bleibt vorerst gleich wie bei der Nullvariante, wird jedoch von mehr Fahrgästen genutzt (höhere Auslastung). Die im Szenario V1 unterstellten Anteilswerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Verkehrsleistungsbezogener Modal Split	MIV	ÖV	sonstige
Modal Split Nullvariante	62,6%	16,8%	21,5%
Modal Split "IV dominant"	93,0%	1,7%	5,3%
Modal Split "ÖV dominant"	31,0%	33,3%	35,8%
Modal Split Szenario V1	44,5%	31,8%	23,7%
Modal Split "IV dominant"	86,0%	3,3%	10,7%
Modal Split "ÖV dominant"	3,1%	60,2%	36,7%

Tabelle 36 Verkehrsleistungsbezogener Modal Split (Anteil an zurückgelegten Personenkilometern nach Verkehrsmitteln an der Gesamtverkehrsleistung in der Nullvariante und im Szenario V1)

Szenario V1E50

Das Szenario V1E50 entspricht bei der Verkehrsmittelwahl den Modal split-Anteilen des Szenarios V1, jedoch wird hier ein Anteil von 50% der Fahrleistungen mit dem PKW durch alternative Antriebsformen erbracht, wodurch der Energieverbrauch gesenkt werden kann.

Szenario V2E100

In diesem Szenario wird einerseits eine energieverbrauchsoptimierte Änderung der Siedlungsstruktur (Ecocity mit Siedlungsverdichtung, andererseits eine darauf reagierende Ausweitung des öffentlichen Verkehrsangebots unterstellt.

Dadurch werden die im MIV zurückgelegten Fahrleistungen (Pkw-Kilometer) weiter reduziert. Auf den vorhandenen Buslinien werden wie im Szenario V1 20% mehr Fahrten durchgeführt und zusätzlich wird eine neue Buslinie eingerichtet, die Thaur mit Rum sowie dem ÖBB Bahnhof Rum verbindet. Der verkehrsleistungsbezogene Modal Split verändert sich dadurch wie in der Tabelle 37 gezeigt.

Szenario V2E100	MIV	ÖV	anders
IV dominant	70%	100%	100%
ÖV dominant	50%	100%	100%

Tabelle 37: Verkehrsleistungsbezogener Modal Split im Szenario V2E100

Im Szenario V1 nehmen mehr Personen den ÖV in Anspruch und gleichzeitig vermindern sich die zurückgelegten Fahrweiten je Person. Die kilometerabhängigen Fahrleistungen sämtlicher Verkehrsmittel bleiben in Summe gleich, wobei jedoch die Fahrleistung im MIV weiter sinkt, in ÖV-dominanten Siedlungsbereichen (Rasterzellen) stärker als in IV-dominanten Bereichen.

3.3.5 Ergebnisse

Aus der Berechnung der einzelnen Szenarien ergeben sich folgende Ergebnisse für den Energiebedarf der Mobilität pro Werktag (Montag bis Freitag), die in Tabelle 38 zusammengestellt sind.

Täglicher Energieverbrauch der Mobilität		Nullvariante	Szenario E50	Szenario V1	Szenario V1E50	Szenario V2E100
Ergebnisse	Energieverbrauch Rum-Nord [kWh/d]	6.770	4.256	2.935	2.380	1.675
	Energieverbrauch Thaur [kWh/d]	7.276	6.766	2.843	2.397	1.765
	Energieverbrauch Region gesamt [kWh/d]	14.046	11.023	5.778	4.777	3.440
Annahmen	Verkehrsverhalten Bestand	x	x			
	Verkehrsverhalten 1 (weniger PKW-km + mehr Bus-km)			x	x	
	Verkehrsverhalten 2 (noch weniger PKW-km, mehr Bus-km und Verdichtung der Siedlungsstruktur)					x
	konventionelle Antriebe	x		x		
	E-Mobilität 1 (O-Busse + 50% der PKW)		x		x	
	E-Mobilität Extrem (O-Busse + 100% E-PKW)					x

Tabelle 38: Energiebedarf für Mobilität in der Region Rum-Nord/Thaur je Werktag nach Szenarien

Die in Tabelle 38 zusammengestellten Ergebniswerte zeigen, dass durch eine Umschichtung auf energieeffizientere Verkehrsmittel (in diesem Fall Busse) das größte Einsparungspotential gegeben ist. Hingegen bewirkt die Umstellung auf elektrobetriebene Antriebe nur eine sehr geringe Einsparung, birgt aber den großen Vorteil, dass die notwendige Energie auch in der Region bzw. zumindest mit erneuerbaren Ressourcen erzeugt werden kann.

3.3.6 Einfluss des Energiebedarfs für Mobilität auf die Energieautarkie

Für das Szenario V2E100 basiert die Mobilität zu 100% aus Strom und kann theoretisch zur Gänze in der Region erzeugt werden. Bei diesem Szenario ist jedoch anzumerken, dass durch eine stärkere Durchmischung der baulichen Nutzungen, durch eine höhere Anzahl an Arbeitsplätzen sowie durch mehr Einkaufsgelegenheiten auch mit einer leichten Zunahme von Anlieferungen von Waren und Produkten, also mit einer Erhöhung des hier nicht betrachteten Güterverkehrs gerechnet werden muss. Der zusätzliche Endenergieverbrauch dürfte aber in seiner Größenordnung zu vernachlässigen sein.

Für die Energieerzeugung ist die Tageszeit an der der Energieverbrauch anfällt ausschlaggebend. Aus diesem Grund wurde in einem weiteren Schritt die in den einzelnen Szenarien zurückgelegte Fahrleistung vereinfacht nach dem Tagesgang der Fahrtbeginnzeiten, wie sie in der Literatur [Max 2007] zu finden sind, aufgeteilt.

Da von den Verbrauchern die Nachfrage an Energie sehr preisabhängig ist, kann der tatsächliche Zeitpunkt des Energiebedarfs (Aufladen der Fahrzeugbatterien) stark durch den Preis verändert und gesteuert werden. Billiger Nachstrom bringt Elektrofahrzeugnutzer dazu, so weit wie möglich in der Nacht aufzuladen. Aus diesem Grund wurden zwei Szenarien für den Ladestrombedarf erstellt, deren Tagesgang in den Abb. 50 bis Abb. 53 nach den Gemeinden Rum-Nord und Thaur aufgezeigt werden. Zunächst wird in der Abb. 50 und Abb. 51 der tatsächliche zu einem Zeitpunkt anfallende Energieverbrauch für den Fahrzeugantrieb über den Tagesgang verteilt aufgezeigt.

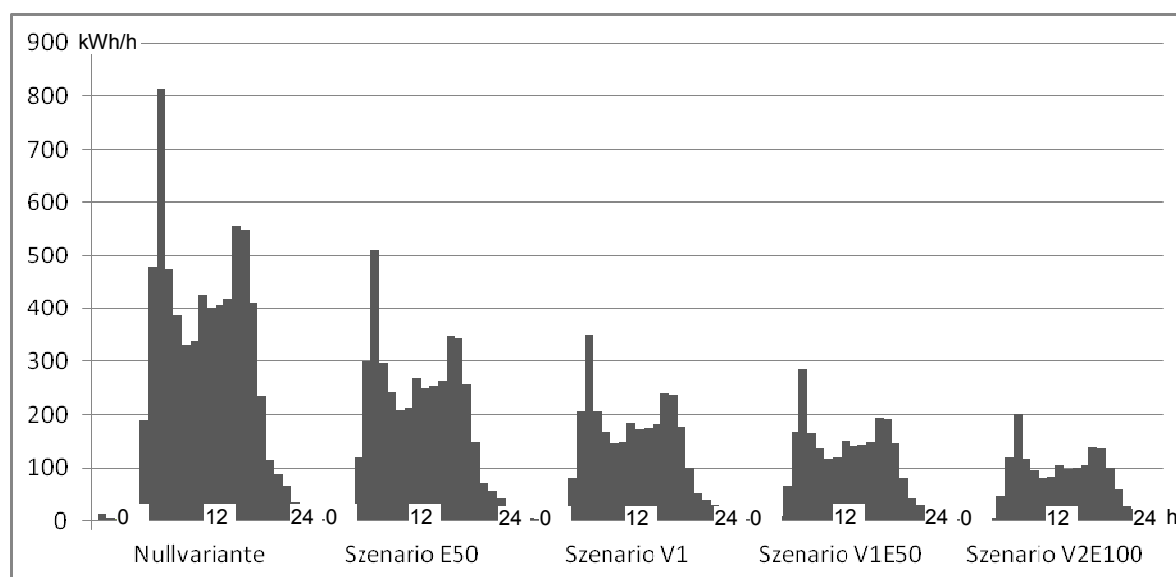


Abb. 50: Tagesgang (Werktag) des tatsächlichen Energieverbrauchs für Antriebsenergie für Rum-Nord

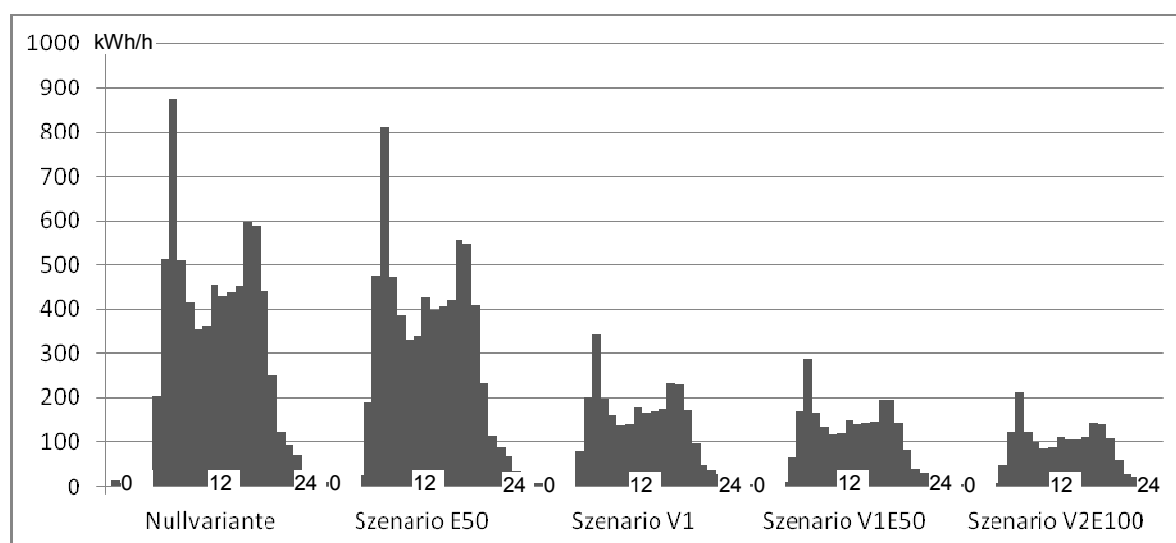


Abb. 51: Tagesgang (Werktag) des tatsächlichen Energiebedarfs für Antriebsenergie in Thaur

Da die Energie jedoch nicht während des Verbrauchs sondern während des Ladevorgangs von den Energieerzeugern bereitgestellt werden muss, ist der tatsächliche Energieverbrauch je Tageseinheit für den Energieerzeuger weniger relevant. Weil bei privaten Elektrovehikeln die Zeit des Aufladens durch Preismechanismen und Anreizbildung sinnvoll gesteuert werden könnte, wurde ein Verbrauchsszenario berechnet, bei dem zu verschiedenen Tageszeiten ein Durchschnittsverbrauch angenommen wurde, der insgesamt 40% des gantztäglichen Energieverbrauchs ausmacht (O-Busse, Aufladen der Elektroautos untertags), während 60% der Energie zu einer steuerbaren Zeit (Beispiel: billigeres Aufladen der Elektroautos in der Nacht) anfallen würden. Abb. 52 und Abb. 53 zeigen den Tagesgangbedarf mit Aufladen der E-Fahrzeuge zu 40% untertags sowie Bereitstellung von Strom für den Öffentlichen Verkehr untertags, während angenommene 60% des Energiebedarfs aufgrund der oben genannten Preisvorteile dynamisch verteilbar ist (z.B. auf die Nachtstunden). Daraus wird ein Potential ersichtlich, welches von den Stromerzeugern durch Preismechanismen über den Tag aufgeteilt werden könnte, um eine bessere Kapazitätsauslastung der Energieerzeugungsanlagen zu erreichen.

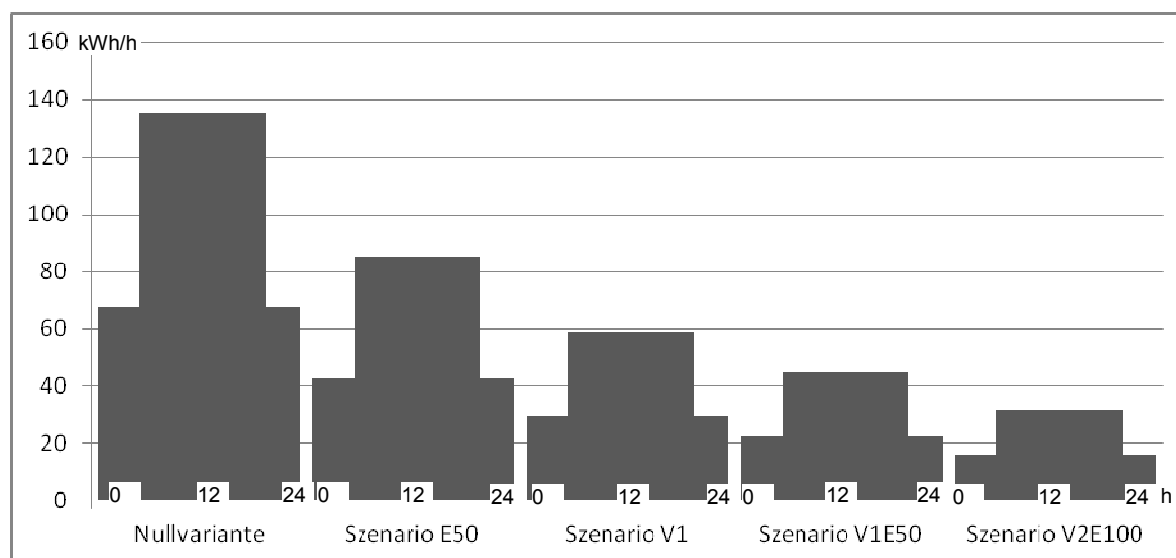


Abb. 52: Statischer Anteil (40% des Gesamtverbrauchs) eines möglichen Tagesgang des Energieverbrauchs für Antriebsenergie für Rum-Nord bei Anreizmechanismen (Ladenenergie für private Elektrofahrzeuge und Fahrenergie der Oberleitungsbusse)

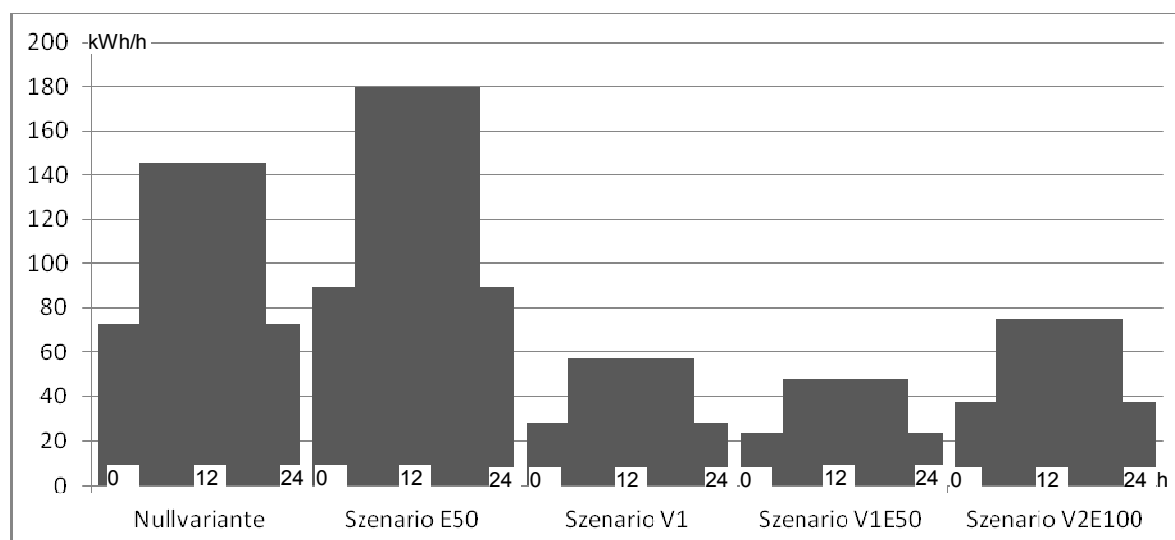


Abb. 53: Statischer Anteil (40% des Gesamtverbrauchs) eines möglichen Tagesgang des Energieverbrauchs für Antriebsenergie für Thaur bei Anreizmechanismen (Ladenenergie für private Elektrofahrzeuge und Fahrenergie der Oberleitungsbusse)

Nachdem 40% des Energiebedarfs im Laufe des Tages für Mobilität abgedeckt werden muss (Strom für O-Bus und Ladevorgänge von Elektrovehikel), wie in den Abb. 52 und Abb. 53 dargestellt, können die restlichen 60% des Energieverbrauchs in ihrem Verbrauchszeitpunkt zeitlich gesteuert werden. Das birgt den Vorteil einer besseren Kapazitätsauslastung und ein Erreichen einer flacheren Energiebedarfstagesganglinie mit weniger Spitzen. Der Energiebedarf für Mobilität ohne Zeitbezug (60% des Tagesbedarfes) ist in Abb. 54 noch einmal in detaillierter Form dargestellt.

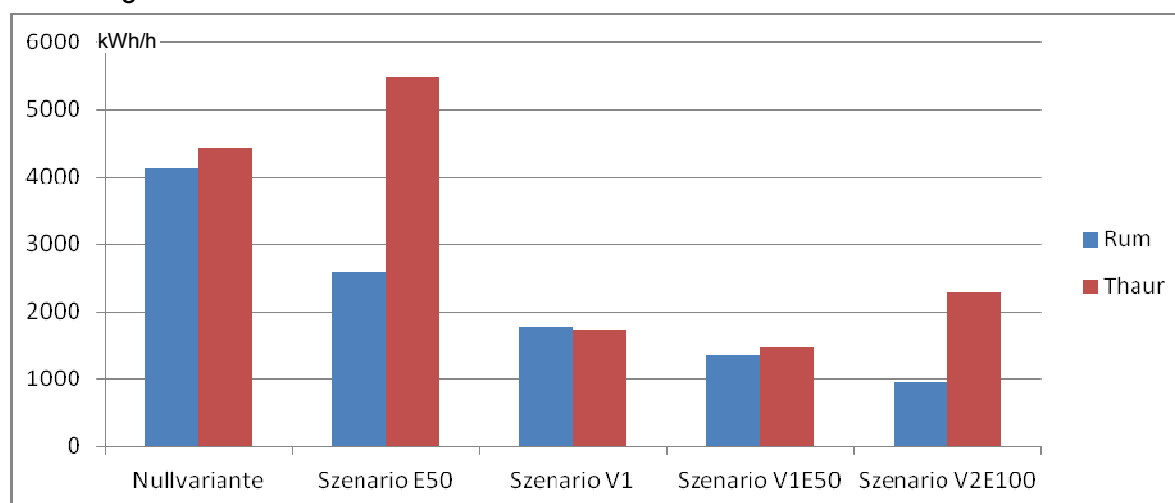


Abb. 54: Zeitlich-dynamischer Anteil (60%) des Gesamtenergiebedarfs für die Mobilität für die Siedlungsregion Rum-Nord/Thaur. (Zusätzliche Ladeenergiebedarf der privaten Elektrofahrzeuge)

3.3.7 Energieverbrauch der Mobilität in Wiener Neustadt und im Pulkautal

In weiterer Folge wurde versucht, den Energieverbrauch für die Mobilität auch für die anderen Regionen des Forschungsvorhabens zu abstrahieren (Region Wiener Neustadt und Region Pulkautal). Eine grobe Berechnung anhand der Ergebnisse für die Region Rum-Nord/Thaur hinsichtlich ihres jetzigen Energieverbrauchs für die Mobilität wurde durchgeführt. Grundlage hierfür war der für die Region Rum-Nord/Thaur ermittelte personenbezogene Energiebedarf. Die Einflüsse der unterschiedlichen Siedlungsstrukturen wurden auch hier berücksichtigt, eine Unterscheidung wie bei der Region Rum-Nord/Thaur in „ÖV dominante“ und „IV dominante“ Bereiche ist dabei ebenso notwendig.

Da die Untersuchungsregion Wiener Neustadt eine relativ kompakte Stadtstruktur mit gut ausgebautem öffentlichem Stadtverkehr aufweist, die auch viele Bildungseinrichtungen und Arbeitsplätze vorweisen kann, wurde für diese Region mit "ÖV dominanten" Werten gerechnet. Die Untersuchungsregion Pulkautal hingegen weist eine sehr periphere Siedlungsstruktur auf mit kleinen Dorfzentren, insgesamt aber weit entfernt von Bildungseinrichtungen und Arbeitsplätzen. Das Pulkautal wird daher zu 100% als „IV dominante“ Region definiert, obwohl im Durchschnitt bei Pendlerfahrten mit größeren fahrtweiten als in der Region Rum-Nord/Thaur zu rechnen ist.

Als Ergebnis der Berechnungen zeigt Tabelle 39 den durchschnittlichen Energiebedarf je Tag für die Untersuchungsregionen Wiener Neustadt und Pulkautal.

täglicher Energieverbrauch Pulkautal	
Einwohner	4.000 EW
Energieverbrauch je EW	2,22 kWh
Energieverbrauch gesamt	8.860 kWh
täglicher Energieverbrauch Wiener Neustadt	
Einwohner	41.000 EW
Energieverbrauch je EW	1,88 kWh
Energieverbrauch gesamt	77.080 kWh

Tabelle 39: Energieverbrauch pro Tag für Antriebsenergie für die Untersuchungsregionen Pulkautal und Wiener Neustadt, basierend auf den Berechnungen für die Region Rum-Nord/Thaur

Aus der Tabelle ist der weitaus höhere pro-Kopf-Energiebedarf in der Region Pulkautal gegenüber der Region Wiener Neustadt ersichtlich. Insgesamt werden an einem Wochentag in der Region Pulkautal 8.900 kWh und in der Region Wiener Neustadt 77.100 kWh für Mobilitätszwecke benötigt.

3.4 Energiepotenziale

Es wurde eine detaillierte Potenzialanalyse der im Einzugsgebiet des betrachteten Modellfalls nutzbaren erneuerbaren Energieformen (Biomasse, Solarenergie, Windenergie und Geothermie) erstellt. Aufgrund dieser Basisinformationen konnte in weiterer Folge ein optimaler Mix aus Energieversorgungstechniken (jeweils am Stand der Technik) für die jeweiligen Modellfälle und Modellregionen entwickelt und der erreichbare Grad an Energieautarkie bestimmt werden.

Im Detail wurden folgende Potenziale ermittelt:

- ✓ Photovoltaik
- ✓ Windenergie
- ✓ Biomasse (Holz, Maissilage, Raps)
- ✓ Solarthermie
- ✓ Geothermie
- ✓ Ersatzbrennstoffe

Als Datenquellen dienten dabei beispielsweise globale Strahlungsdaten und Windgeschwindigkeitsmessungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, welche für die einzelnen Standorte ausgewertet und weiterverwendet wurden. Zur Feststellung der lokal verfügbaren Biomasse wurde die verfügbare Nutzfläche des jeweiligen Standorts einer genauen Analyse unterzogen.

3.4.1 Potenzialanalyse Photovoltaik

Die Photovoltaik stellt neben der solarthermischen Nutzung eine weitere Form der direkten Nutzung solarer Strahlungsenergie dar. Im Gegensatz zur Solarthermie wird die Sonnenenergie allerdings direkt in elektrische Energie gewandelt.

Die Geschichte der Photovoltaik reicht mit der Entdeckung des Photoeffektes bis in das Jahr 1839 zurück. Das Zeitalter der Halbleitertechnik begann jedoch erst 100 Jahre später. 1954 wurde in den amerikanischen Bell Laboratories die erste auf Silizium basierende Solarzelle entwickelt. Ihr Wirkungsgrad betrug damals jedoch nur ungefähr 5 %. Ziel dieser Zellen war es, Energie für die Weltraumflüge bereitzustellen. Die Kosten wurden deshalb als nebensächlich betrachtet.

Der Wirkungsgrad der Photovoltaik Zellen konnte seitdem kontinuierlich erhöht werden. Im Laborbetrieb erreichen heutige Silizium Zellen Wirkungsgrade von über 20 %. Doch obwohl

auch die Herstellungskosten stark gesenkt werden konnten, liegen die Kosten für photovoltaisch erzeugten Strom heute immer noch über dem Strompreis. [Quaschnig 2008]

Abb. 55 zeigt die Jahressumme der Globalstrahlung für Europa. Es ist deutlich ersichtlich, dass sich die Strahlungsmenge von Skandinavien bis nach Südspanien mehr als verdoppelt. Eine technische Nutzung der Solarstrahlung ist dementsprechend in den weiter südlich gelegenen Regionen besonders sinnvoll.

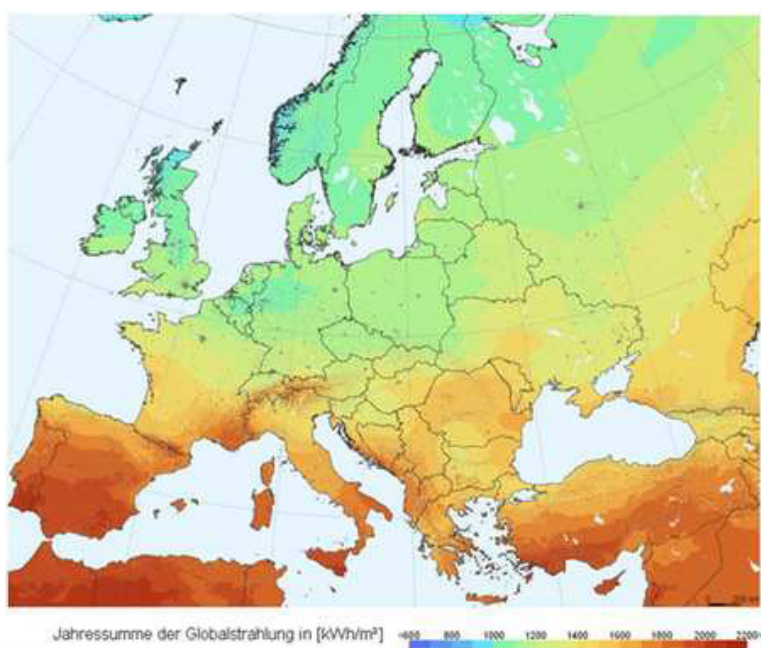


Abb. 55: Solare Strahlung [JRC 2010]

Wirkungsprinzip einer Silizium Solarzelle

Photovoltaik Module können die Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie umwandeln. Ungefähr 90% der weltweit produzierten Solarzellen werden aus dem Grundmaterial Silizium hergestellt. Je nach Kristallart wird dabei zwischen monokristallinen, multikristallinen und amorphen Zellen unterschieden. Jedes Modul ist aus vielen einzelnen Zellen zusammengesetzt. In ihrer Feinstruktur ist jede Zelle ein Kristallgitter aus unzähligen Siliziumatomen. Trifft das Sonnenlicht in Form von Lichtteilchen, so genannten Photonen, auf das Silizium, werden Elektronen aus einzelnen Siliziumatomen herausgeschlagen. Diese Elektronen reichern sich auf der negativ geladenen Seite der Solarzelle an, während auf der anderen Seite ein Elektronenmangel entsteht. Auf der somit positiv geladenen Seite werden Elektronen eingefangen. Werden die Zellen an das Stromnetz angeschlossen, beginnen die Elektronen von der negativ zur positiv geladenen Schicht zu fließen.

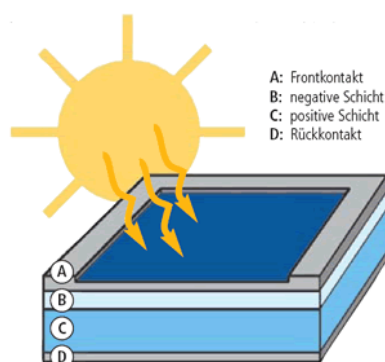


Abb. 56: Silizium Solarzelle [Sharp 2010]

Im Solarmodul werden viele dieser einzelnen Zellen in Reihenschaltung zusammengeschaltet. Dadurch addieren sich die Spannungen, was in Summe eine größere Spannung zur Folge hat. Da die meisten elektrischen Geräte genau wie das Elektrizitätsnetz mit Wechselstrom arbeiten, ist eine Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom mit entsprechender Spannung notwendig. Die Aufgabe der Wechselrichter im Photovoltaiksystem ist es, den vom Modul erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umzuformen. Die Verfügbarkeit der Photovoltaikanlage wird dabei entscheidend von der Zuverlässigkeit des Wechselrichters beeinflusst.

3.4.1.1 Photovoltaik in Österreich

Abb. 57 zeigt die jährliche Globalstrahlung für Österreich. Es ist ersichtlich, dass die Strahlungssumme im Osten des Landes unterhalb von 1100 kWh/m² liegt. In Westösterreich werden dagegen Werte von ca. 1200 kWh/m² in Tallagen und 1400 kWh/m² im Gebirge erreicht. Obwohl gegenüber Regionen in Südeuropa mit geringeren Ausbeuten sowie höheren Stromgestehungskosten gerechnet werden muss, führten verschiedene Förderprogramme zu einem steten Ausbau der Photovoltaik in Österreich.

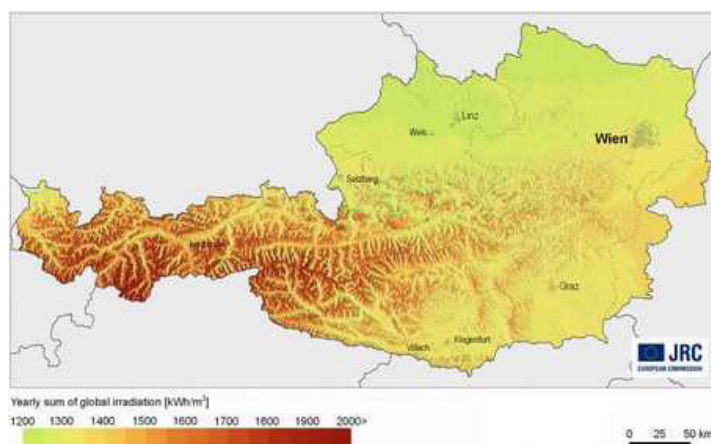


Abb. 57: Globalstrahlung Österreich [JRC 2010]

Wie Abb. 58 zeigt, wurde die Photovoltaik in Österreich in den letzten 20 Jahren kontinuierlich ausgebaut. Seit der Jahrtausendwende hat sich die installierte Leistung dabei mehr als verfünffacht. Die kumulierte Photovoltaik Anlagenleistung betrug im Jahr 2008 32,3 MW_{peak}, was eine mittlere Stromproduktion von ca. 29 GWh_{el} zur Folge hatte. Dies entspricht einer Einsparung von CO₂-Emissionen in der Höhe von ca. 29.200 Tonnen.

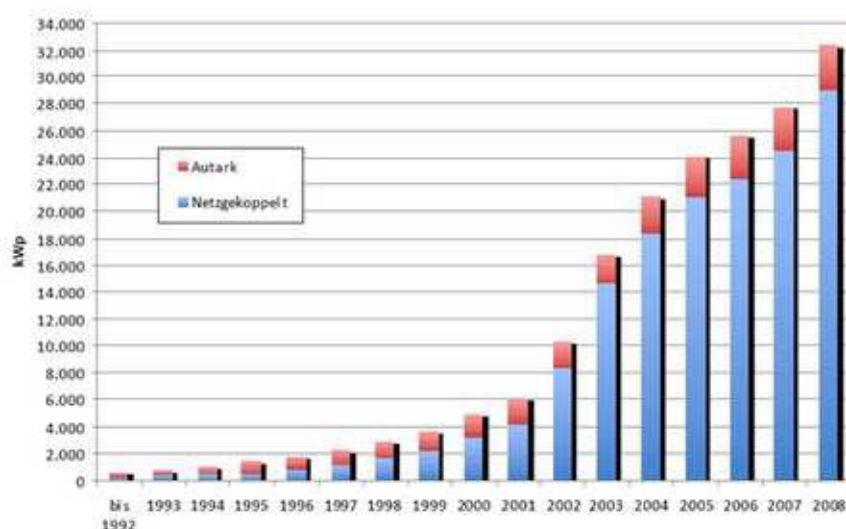


Abb. 58: Entwicklung Photovoltaik in Österreich [PV – Austria 2010]

Photovoltaik Kraftwerke

In den letzten Jahren sind immer mehr großflächige Solarparks entstanden. Beispiel dafür ist eine 6,5 MW Anlage in Baden Württemberg, die eine Fläche von acht Hektar bedeckt. Bei einem der weltweit größten Photovoltaik Parks in Portugal sind 262 080 Solarmodule mit einer Leistung von 46 MW installiert. Die Anlage umfasst dabei eine Fläche von rund 250 Hektar und war mit einer Investitionssumme von 261 Millionen Euro verbunden.

Beispiele für weitere Groß-Photovoltaikanlagen [pvresources 2010]:

- | | | |
|---------------------------------|-------|----------------|
| ➤ Olmedilla (Spanien) | 60 MW | errichtet 2008 |
| ➤ Straßkirchen (Deutschland) | 54 MW | errichtet 2009 |
| ➤ Turnow-Preilack (Deutschland) | 53 MW | errichtet 2009 |
| ➤ Puertollano (Spanien) | 50 MW | errichtet 2008 |

Abstand bei aufgeständerten Photovoltaikanlagen

Die Module bei Photovoltaikkraftwerken werden nicht horizontal, sondern über eine Aufständigung um einen bestimmten Winkel geneigt montiert. Diese Anlagenneigung ist mit mehreren Vorteilen verbunden. So kann durch eine optimale Ausrichtung ein höherer Energieertrag als auf der Horizontalen erzielt werden.

In Österreich ist im Fall einer starren Aufständerung ein Neigungswinkel von ca. 30 ° optimal. Generell kann zwischen einer starren, bzw. einer einachsig oder zweiachsig nachgeführten Aufständerung unterschieden werden. Mittels Nachführungssystemen kann die solare Ausbeute einer Anlage um 20 % bis 30 % erhöht werden. Aus technisch-wirtschaftlichen und bautechnisch-ästhetischen Gründen ist eine Nachführung von Photovoltaikanlagen in Österreich unüblich.

Horizontal montierte Anlagen besitzen den Nachteil, dass aufgrund von erhöhter Verschmutzung mit großen Verlusten zu rechnen ist. Luftverunreinigungen, Vogelexkrementen, Blätter und andere Verschmutzungen lagern sich auf der Moduloberfläche ab und führen zu Verlusten, welche bis zu 10% betragen können. Bei geneigten Anlagen werden die Verschmutzungen durch Regen oder Schnee immer wieder abgewaschen. Je geringer der Neigungswinkel, umso geringer ist jedoch diese Reinigungswirkung. Mit kleinen Neigungswinkeln nehmen die Verluste somit deutlich zu. In trockenen Regionen, in denen die Reinigung durch Regen nicht regelmäßig stattfindet, ist deshalb eine manuelle Reinigung nötig.

Bei der Aufständerung mehrerer hintereinander aufgestellter Modulreihen kommt es zu einer gegenseitigen Beschattung und damit verbunden Leistungseinbußen.

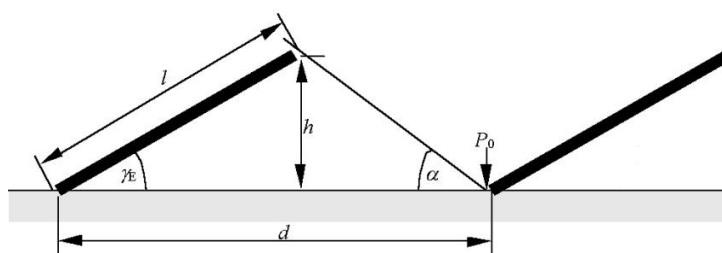


Abb. 59: Geometrie bei aufgeständerten Anlagen [Quaschnig 2008]

Photovoltaikanlagen reagieren besonders empfindlich auf Abschattungen. Aus diesem Grund wird in grober Näherung die Bestrahlungsstärke im Punkt P₀ als Referenzwert für die gesamte Anlage verwendet. Die geneigte Modulfläche ist dabei unterschiedlich stark von gegenseitigen Beschattungen betroffen. Der Punkt P₀ ist jedoch am stärksten beeinträchtigt. Je geringer der Reihenabstand d gewählt wird, desto stärker fällt auch die Abschattung aus, welche durch den Abschattungswinkel α ausgedrückt werden kann. Der Reihenabstand und die Modullänge l können über den Flächennutzungsgrad f ausgedrückt werden.

$$f = \frac{l}{d}$$

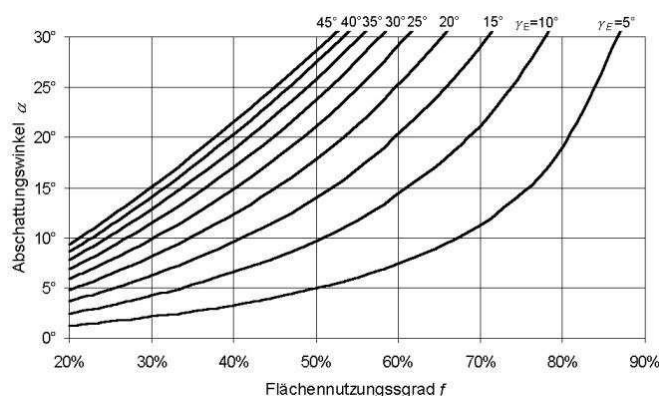


Abb. 60: Abschattungswinkel von Solaranlagen [Quaschnig 2008]

Ein höherer Flächennutzungsgrad führt zu einer stärkeren gegenseitigen Beschattung der Photovoltaikmodule. Darüberhinaus hat auch der Neigungswinkel γ_E einen Einfluss auf den Abschattungswinkel. Größere Neigungen führen bei gleichbleibendem Reihenabstand zu verstärkter Abschattung. Anlagen mit steilerem Neigungswinkel sind dementsprechend empfindlicher für Abschattungen.

Abb. 61 zeigt den Einfluss des Abschattungswinkels α auf die relativen Abschattungsverluste. Bei einem Abschattungswinkel von 10° betragen die Verluste auch bei steilerer Modulneigung noch unter 5%. Mit steigendem Winkel erhöhen sich jedoch auch die Abschattungsverluste deutlich. Um die Verluste durch Beschattung zu minimieren, sind generell geringe Modulneigungen zu bevorzugen.

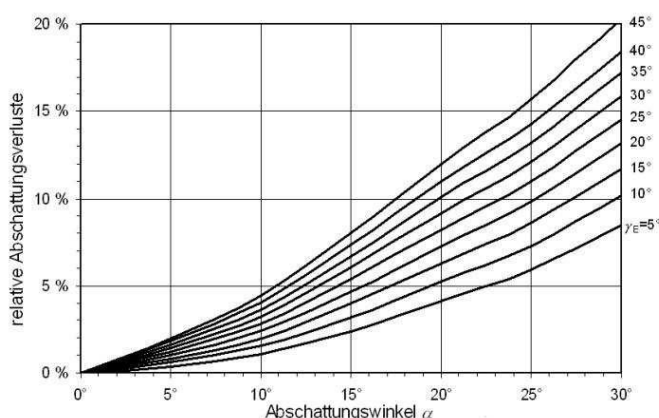


Abb. 61: Abschattungsverluste von Solaranlagen [Quaschnig 2008]

3.4.1.2 Photovoltaik Energiefeld

Die Photovoltaik Energiefelder für die verschiedenen Modellfälle werden gemäß der Raster Vorgabe der TU-Wien auf eine Größe von 125 x 125 Meter ausgelegt. Die Berechnungen der zu erwartenden Energieerträge wurden dabei mit der Simulationssoftware Polysun durchgeführt.

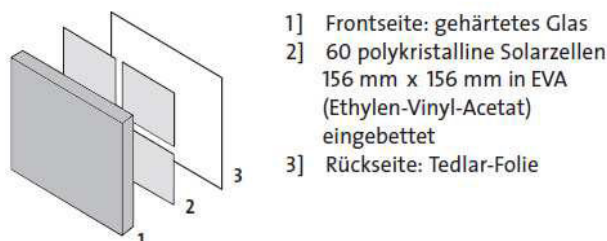


Abb. 62: Aufbau SW-220 poly [Energiebau 2010]

Als Photovoltaikmodule wurde bei allen Simulationen das SW-220-poly des deutschen Herstellers Solarworld verwendet. Die polykristallinen Zellen liegen hinter einer 4 mm Schutzverglasung aus gehärtetem Glas und sind in transparentem EVA (Ethylen-Vinyl-Acetat) eingebettet. Die Module besitzen eine Länge von 1675 mm, Breite von 1001 mm und Höhe von 34 mm. Die Rahmung ist aus Aluminium gefertigt, wodurch das Modulgewicht 22 kg beträgt. In einem Module kommen dabei 60 Zellen aus polykristallinem Silizium zum Einsatz.

Hersteller	Solarworld AG
Modulbezeichnung	SW – 220 poly
Typ	Polykristallin
Nennleistung	220 W
Bruttofläche	1,677 m ²
Wirkungsgrad (STC)	13,121 %
Temperaturkoeffizient	- 0,319 %/K
Ausgangsspannung (MPP - STC)	29,8 V
Ausgangsstrom (MPP – STC)	7,4 A
Leerlaufspannung	36,6 V
Kurzschlussstrom	8 A

Tabelle 40: technische Daten SW-220 poly

Die Anzahl der Reihen wird maßgeblich vom gewählten Reihenabstand bestimmt. Um die gegenseitigen Beschattungen der Modulreihen in einem kontrollierbaren Rahmen zu gestalten, wird ein Abschattungswinkel von unter 12° C angestrebt. Durch diese Vorgabe kann der Abstand bei verschiedenen Modulneigungswinkeln bestimmt werden.

Neigung	Reihenabstand [m]	Flächennutzungsgrad [%]	Reihenanzahl	Modulanzahl	Nennleistung [kW]
15°	2,3	43,5	52	3640	800,8
20°	2,6	38,5	46	3220	708,4
25°	3	33,4	40	2800	616
30°	3,3	30,3	37	2590	569,8
35°	3,6	27,8	34	2380	523,6
40°	3,9	25,7	31	2170	477,4
45°	4,2	23,8	29	2030	446,6

Tabelle 41: Auslegungsdaten Energiefeld-Photovoltaik mit SW-220 poly Modulen

Tabelle 41 zeigt die Auslegungsdaten des Photovoltaik Energiefeldes bei verschiedenen Modulneigungen. Die Anzahl der Module pro Reihe wird dabei mit 70 als konstant betrachtet. Es ist ersichtlich, dass eine steilere Anstellung der Solarzellen zu einer deutlichen Vergrößerung des Reihenabstandes zur Folge hat. Der Grund dafür ist ein maximal zulässiger Abschattungswinkel von 12°. Der größere Reihenabstand führt dementsprechend zu einer Verschlechterung des Flächennutzungsgrades. Dieser sinkt beim direkten Vergleich der Neigungen 15° und 45° um mehr als 20%.

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Fläche von 125 x 125 Meter wirkt sich ein größerer Reihenabstand natürlich sehr stark auf die Anzahl der Modulreihen aus. Das resultiert in einer Modulanzahl, die bei 15° Neigungswinkel nahezu 80% über jener bei 45° Neigung liegt. Da der Neigungswinkel für einen optimalen Photovoltaik - Energieertrag in Österreich bei ungefähr 35° liegt und flachere Anstellwinkel höhere Verluste durch Verschmutzungen zur Folge haben, ist damit zu rechnen, dass ein einzelnes Modul in einem Energiefeld mit 15° Neigungswinkel nicht die optimal mögliche Leistung erzielen kann. Aufgrund der deutlich höheren Modulgesamtanzahl ist jedoch davon auszugehen, dass die Gesamtleistung des Energiefeldes bei einem flachen Anstellwinkel höher ist.

Abb. 63 zeigt die Modulanzahl und den Flächennutzungsgrad des Energiefeldes bei verschiedenen Neigungswinkeln. Es ist ersichtlich, dass die Anzahl der Module sowie die Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fläche mit steiler werdendem Winkel beträchtlich abnehmen. Als Vorgabe dient dabei ein Abschattungswinkel, der 12° nicht überschreiten darf.

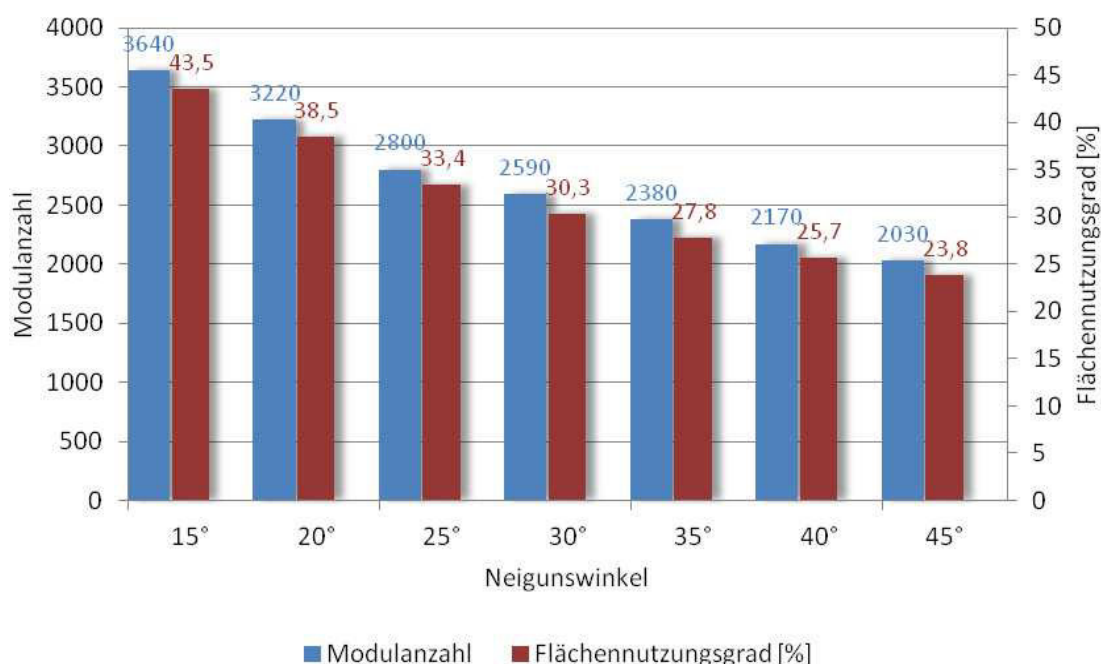


Abb. 63: Vergleich Neigungswinkel

Um eine autarke Energieversorgung sicherstellen zu können, wird das Photovoltaik Energiefeld mit einem Neigungswinkel von 15° ausgelegt. Aufgrund des geringsten Reihenabstandes von 2,3 Meter ist es dadurch möglich, deutlich mehr Module pro Energiefeld aufzustellen. Damit wird ein höherer Gesamtenergieertrag des Photovoltaikfeldes erreicht als bei steileren Anstellwinkeln.

Das 125 x 125 Meter große Rasterfeld ist in Abb. 64 dargestellt. Die Photovoltaikmodule werden in Reihen hintereinander angeordnet. Eine Reihe umfasst dabei 70 Module. Durch die Abmessungen der SW-220-poly ergibt sich somit eine reine Modullänge von 117,2 m. Aufgrund von Freiräumen an den Enden der Modulreihen, sowie einem geplanten Streifen in Fahrzeugbreite in der Mitte des Energiefeldes, werden nicht die vollen 125 m mit Modulen belegt.

Name	Protect PV 100
Hersteller	AEG
Wirkungsgrad 10%	85%
Wirkungsgrad 50%	95%
Wirkungsgrad 100%	95%
Maximale Leistung DC	110 kW
Nennleistung	105 kW
Anzahl MPP – Tracker	1

Tabelle 42: Technische Daten Wechselrichter

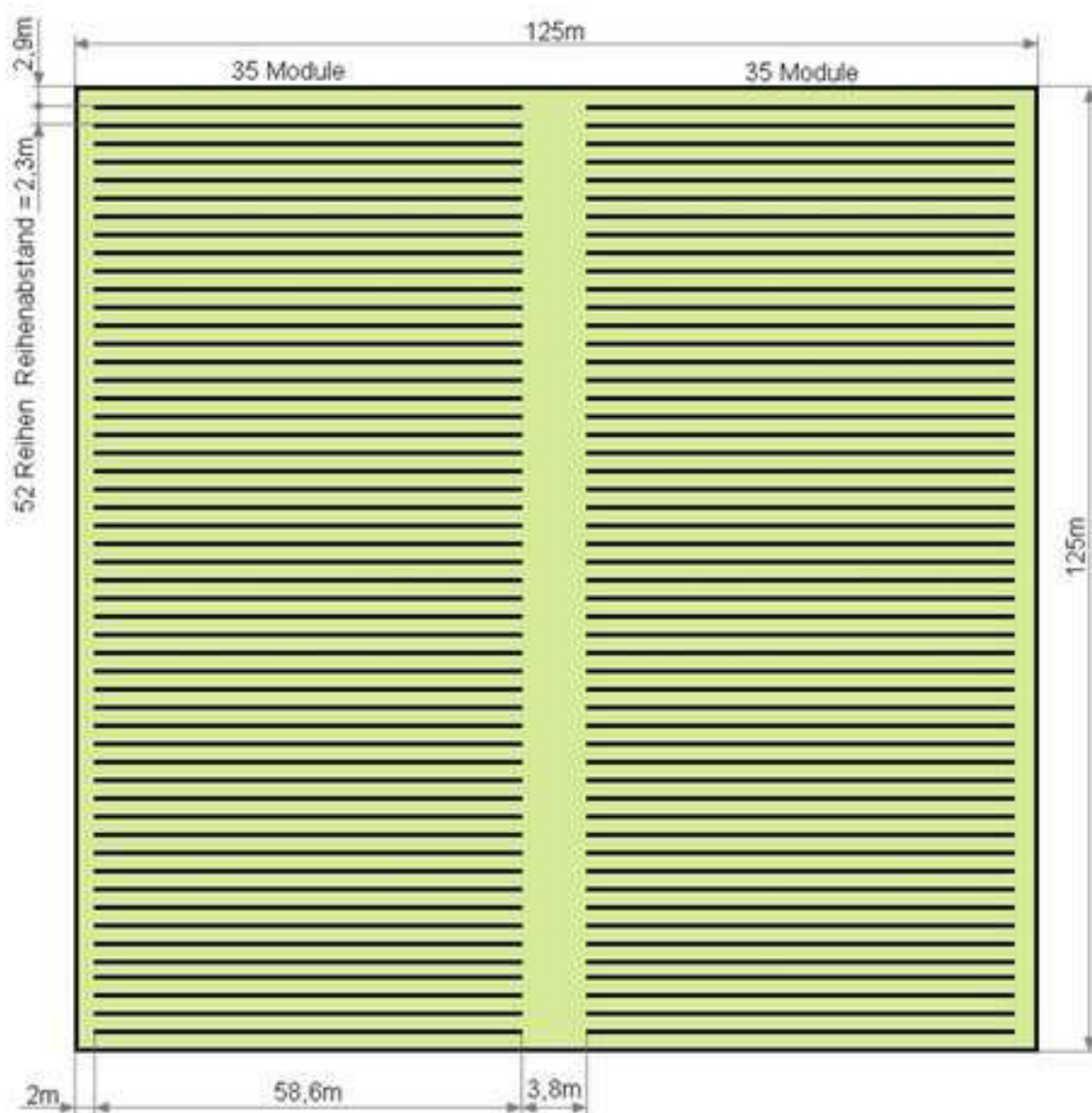


Abb. 64: Energiefeld Photovoltaik

3.4.1.3 Photovoltaik am Standort Wiener Neustadt

Als Bedingung für die Errichtung eines Photovoltaikfeldes (125x125 Meter) gilt, dass der Standort außerhalb des Verschattungseinflusses von Gebäuden und Waldflächen liegen muss. Wie das Sonnenbahndiagramm für den Modellfall Wiener Neustadt in Abb. 65 zeigt, liegen die Abschattungen durch Berge bzw. Hügel deutlich unterhalb des Abschattungswinkels von 11° , welcher durch die Aufständigung der Photovoltaikmodule gegeben ist. Für das Photovoltaikfeld sind diese Umgebungseinflüsse somit vernachlässigbar.

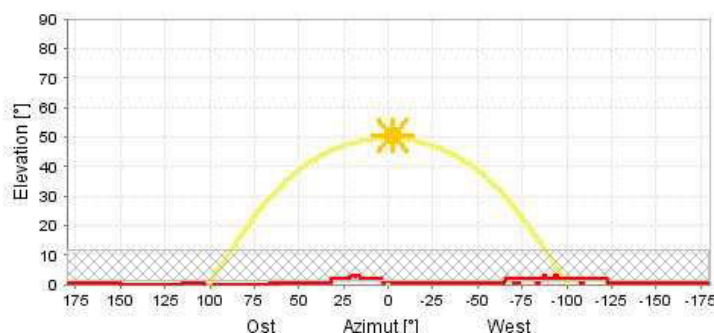


Abb. 65: Sonnenbahn Wiener Neustadt, Quelle Polysun

Aufgrund der deutlich höheren Modulanzahl liefert das Photovoltaikfeld bei 15° Modulneigungswinkel und 800,8 kW Nettoleistung mit 770 MWh die höchste Menge an Strom pro Jahr. Für den Zweck einer energieautarken Versorgung sind durch die höhere Gesamtleistung somit Energiefelder mit maximaler Anzahl an Modulen zu bevorzugen. Im direkten Vergleich zum Standort Haugsdorf, liefert das Photovoltaikfeld in Wiener Neustadt eine jährlich um 53 MWh höhere Strommenge. Dies kann durch eine höhere Globalstrahlung von 1209 kWh/m^2 , sowie eine geringere Anzahl an Tagen mit dichter Bewölkung erklärt werden. Mit 122 trüben Tagen (Bewölkungsmittel $> 80 \%$) besitzt Wiener Neustadt den geringsten Wert der vier verschiedenen Standorte.

Abb. 66 zeigt die Leistung des Photovoltaikfeldes während eines Jahres. Der Unterschied zwischen Winter- und Sommermonaten ist wiederum enorm. So ergibt die Simulation für den Mai die nahezu achtfach höhere Leistung im Vergleich zum Dezember. Diese saisonalen Schwankungen müssen bei der Planung einer energieautarken Versorgung berücksichtigt werden.

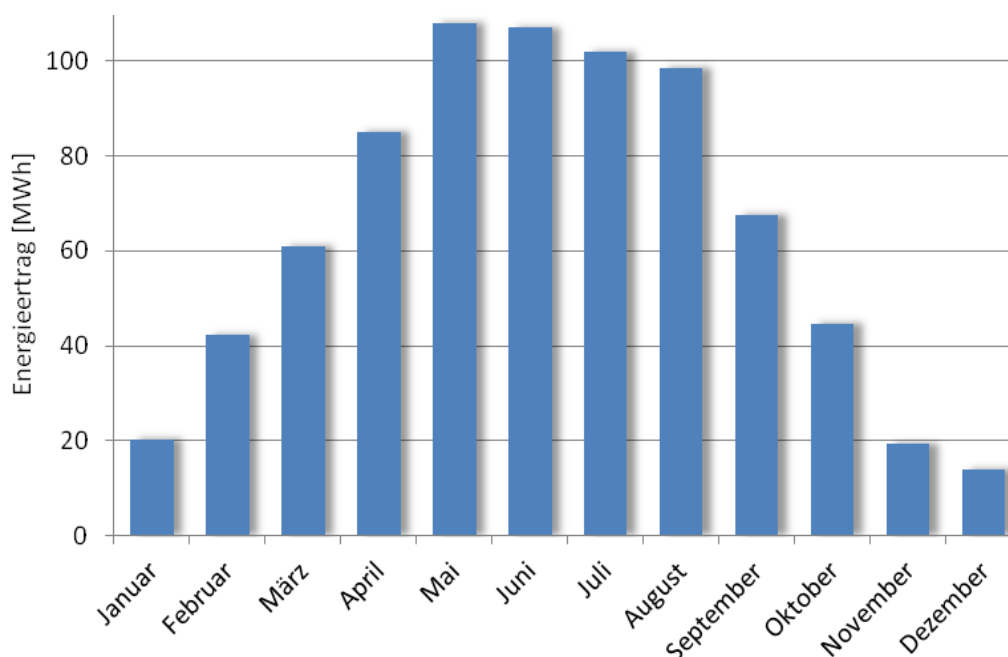


Abb. 66: Photovoltaikfeld 15° Neigung – Wiener Neustadt

Die saisonalen Schwankungen der erzielbaren Leistung werden in der Abb. 67 deutlich. Im Januar liefert das Photovoltaikfeld nur eine minimale Leistung, wobei die Energieproduktion an mehreren Tagen auf Null sinken kann. Mit zunehmender Sonnenhöhe steigen die Modulleistungen an.

In der Jahressumme erzeugt das Photovoltaikfeld mit 800,8 kW Nettoleistung am Standort Wiener Neustadt eine Gesamtenergiemenge von 770 MWh. Das entspricht dem mittleren Jahresbedarf von 174 Haushalten (durchschnittlicher Bedarf von 4417 kWh/a).

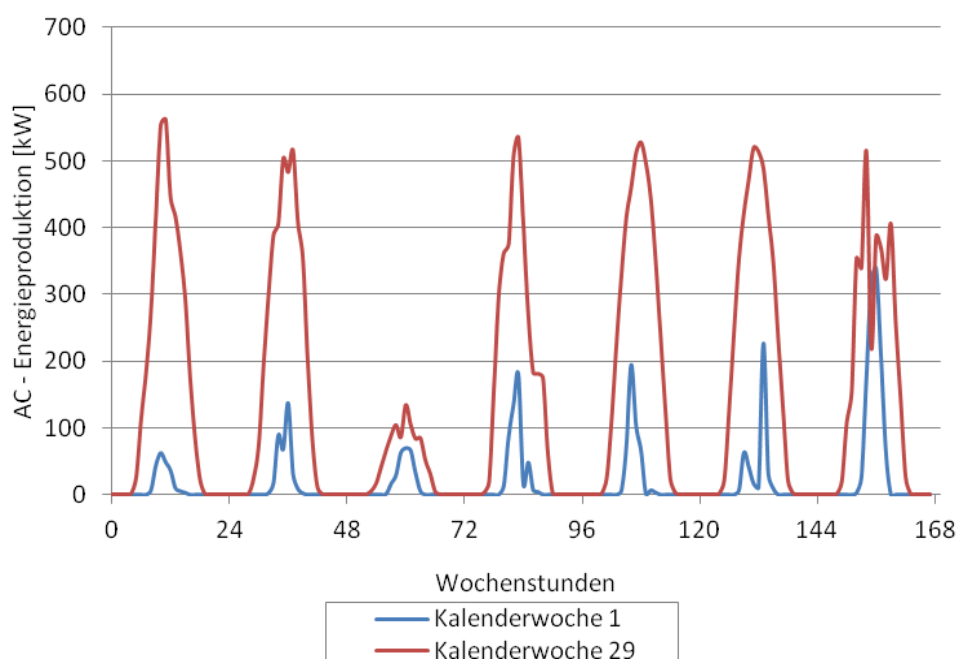


Abb. 67: Standort Wiener Neustadt - Energieproduktion KW1 und KW29

3.4.1.4 Photovoltaik am Standort Thaur / Rum

Abb. 68 zeigt Thaur mit dem Statistik-Austria-Raster (125 x 125 m) und einem möglichen Energiefeld Standort. Für die genaue Positionierung des Photovoltaik Feldes muss eine möglichst geringe Verschattung durch umliegende Gebäude oder Bäume berücksichtigt werden. Für den gekennzeichneten Standort gibt Polysun eine jährliche Globalstrahlung von 1140,9 kWh/m² auf die ebene Fläche an.

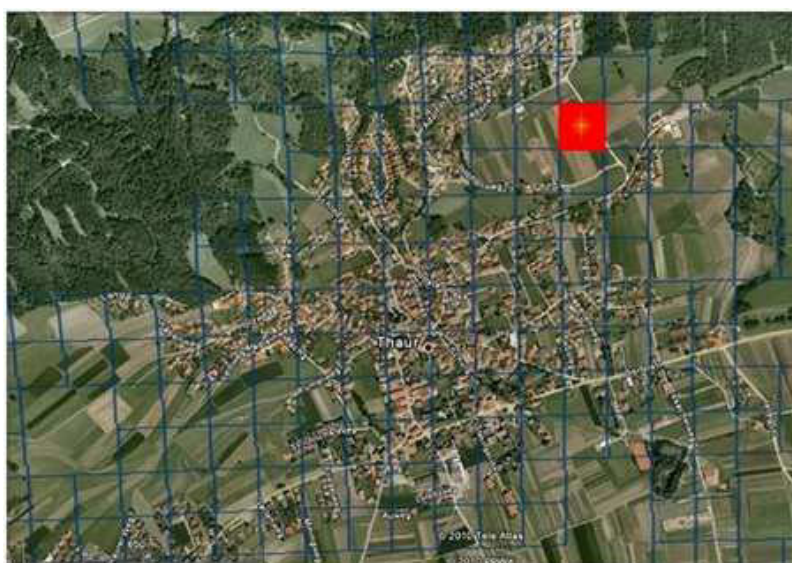


Abb. 68: Photovoltaik Standort Thaur, Luftbild Google

Der Sonnenverlauf für den Standort des Energiefeldes in Thaur ist in Abb. 69 dargestellt. Speziell der deutliche Unterschied zwischen Winter- und Sommersonnenwende ist erkennbar. Die umliegenden Berge reduzieren die theoretisch mögliche Sonnenscheindauer in den Wintermonaten markant. In den Sommermonaten haben Verschattungen durch das Gebirge keine so starken Auswirkungen auf den Energieertrag. Aus der Grafik geht auch hervor, dass der Abschattungswinkel für eine optimale Stromausbeute möglichst gering sein muss. Unterhalb dieses Winkels verhindert die gegenseitige Beschattung der Photovoltaikmodule eine Stromproduktion.

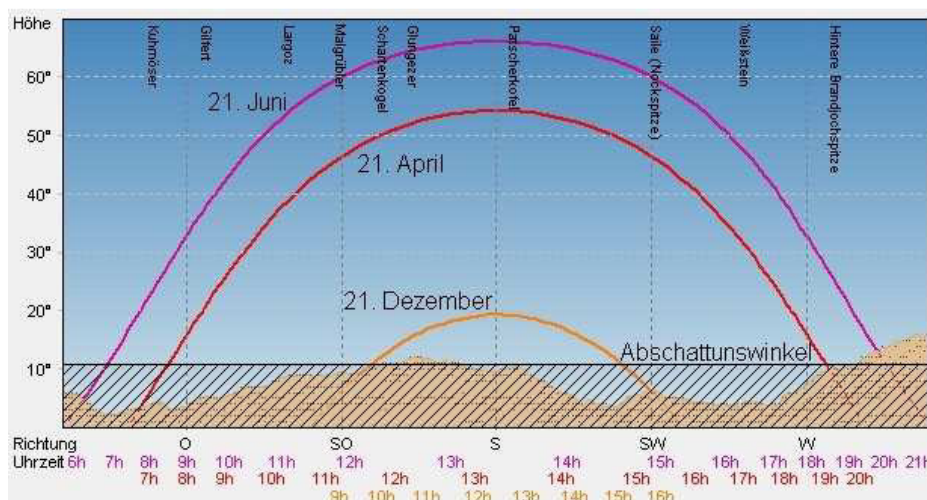


Abb. 69: Sonnenbahndiagramm Thaur [tiris 2010]

Auch in Abb. 70 wird der Unterschied zwischen Sommer und Winter deutlich. Während im Juni bis zu 14 Sonnenstunden pro Tag erwartet werden können, sinkt dieser Wert im Dezember auf nahezu sechs Stunden. Der Hauptanteil des im Gesamtjahr erzeugten Stroms ist deshalb in den Sommermonaten zu erwarten.

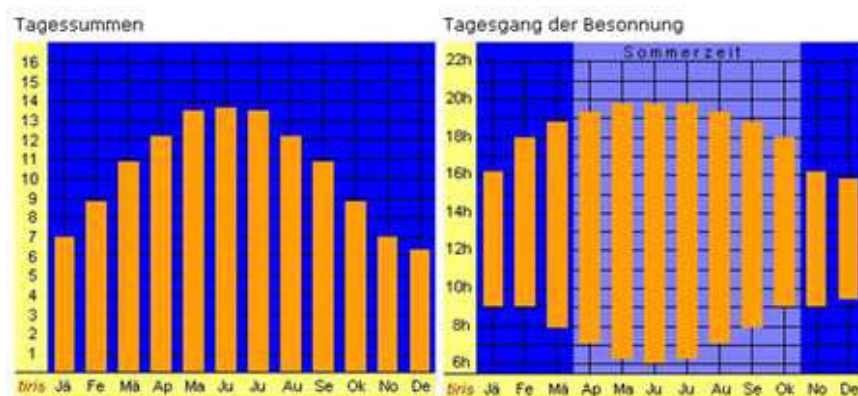


Abb. 70: Besonnung Thaur [tiris 2010]

Abb. 71 zeigt die mittels Polysun berechneten Energieerträge für ein Energiefeld in Thaur. Es ist ersichtlich, dass mit geringerem Anstellwinkel aufgrund der höheren Modulanzahl deutlich mehr Strom erzeugt werden kann. Bei der Simulation wurde einer stärkeren Verschmutzung bei flacherem Neigungswinkel mittels höheren verschmutzungsbedingten Verlusten Rechnung getragen. So wurde der durch Verschmutzung hervorgerufene Verlust an solarer Strahlung bei 15° Neigungswinkel mit 10% eingestellt, wohingegen er bei 45° Winkel mit 2% in die Berechnung einging.

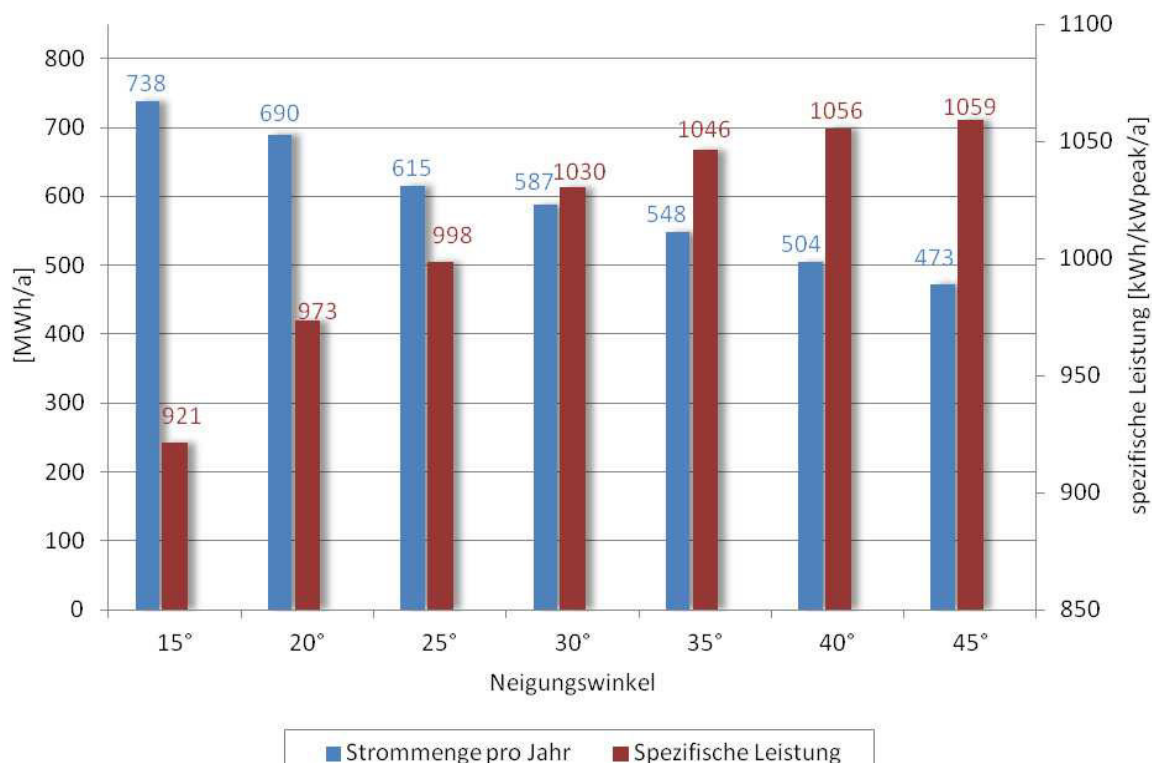


Abb. 71: Energie durch Photovoltaik Standort Thaur

Die Strommenge in MWh/Jahr ist dabei bereits der durch die Wechselrichter transformierte Gleichstrom. Als Wechselrichter empfiehlt Polysun die Protect-PV-100 des Herstellers AEG. Aus der Simulation geht hervor, dass die Wechselrichter mit einem Wirkungsgrad von ungefähr 92% arbeiten. Die Anzahl der Wechselrichter liegt dabei je nach installierter Modulanzahl zwischen fünf (45° Neigung) und sieben (15° Neigung).

Aus der Grafik geht auch hervor, dass die spezifische Leistung mit flachem Anstellwinkel immer weiter abnimmt. So errechnet Polysun bei 15° Neigungswinkel eine spezifische Leistung von 921 kWh/kW_{peak}Jahr. Dieser Wert erhöht sich auf 1059 kWh/kW_{peak}Jahr bei einer Modulneigung von 45°.

Rein aus leistungsbezogener Sicht wäre deshalb ein größerer Anstellwinkel zu bevorzugen. Dadurch lassen sich höhere spezifische Leistungen der Module erzielen. Doch wie bereits beschrieben, erfordern Neigungswinkel in diesem Bereich deutlich höhere Reihenabstände bei hintereinander aufgeständerten Modulen, weshalb der Flächennutzungsgrad und somit der Gesamtenergieertrag des Energiefeldes absinkt.

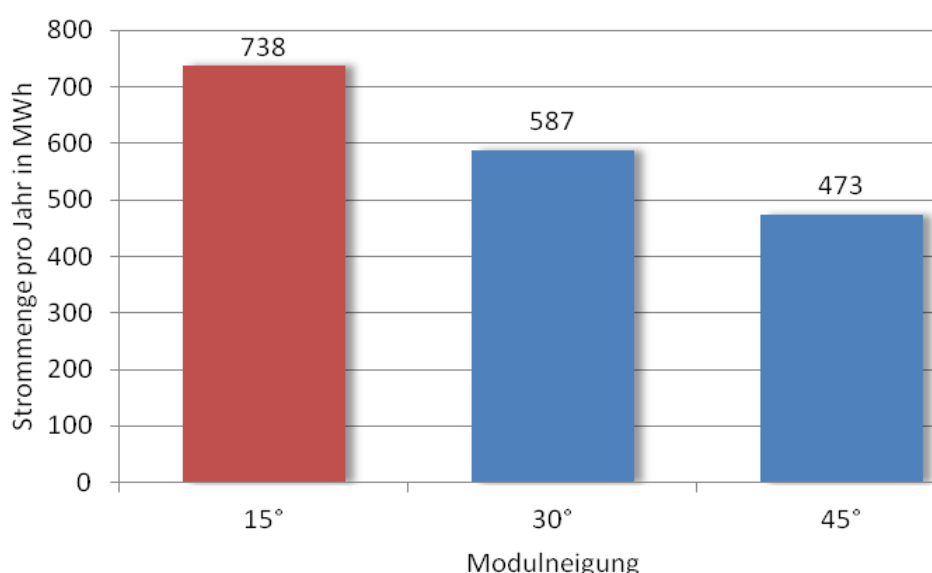


Abb. 72: Photovoltaikfeld Standort Thaur

Für das Konzept einer energieautarken Versorgung sind jedoch flachere Anstellwinkel, die zu einer höheren Nettoleistung und damit größeren Energieerträgen führen, sinnvoll. Deshalb wird im Folgenden das Energiefeld mit 3640 Modulen, bei einer Nettoleistung von 800,8 kW und 15° Neigungswinkel genauer betrachtet. Durch diesen Anstellwinkel ist es möglich die Leistung des Photovoltaikfeldes gegenüber einem Energiefeld mit 45° Neigungswinkel um 265 MWh/Jahr zu erhöhen.

Abb. 73 zeigt die in einem Jahr erzeugte Energiemenge verteilt auf die verschiedenen Monate. In Summe können durch das Photovoltaikfeld mit 800,8 kW Nettoleistung 738 MWh Strom generiert werden. Das entspricht in dem jährlichen Bedarf von 167 durchschnittlichen österreichischen Haushalten (*gemäß einem von der Statistik Austria für das Jahr 2008 angegebenen durchschnittlichen Haushaltsverbrauch von 4417 kWh/Jahr*).

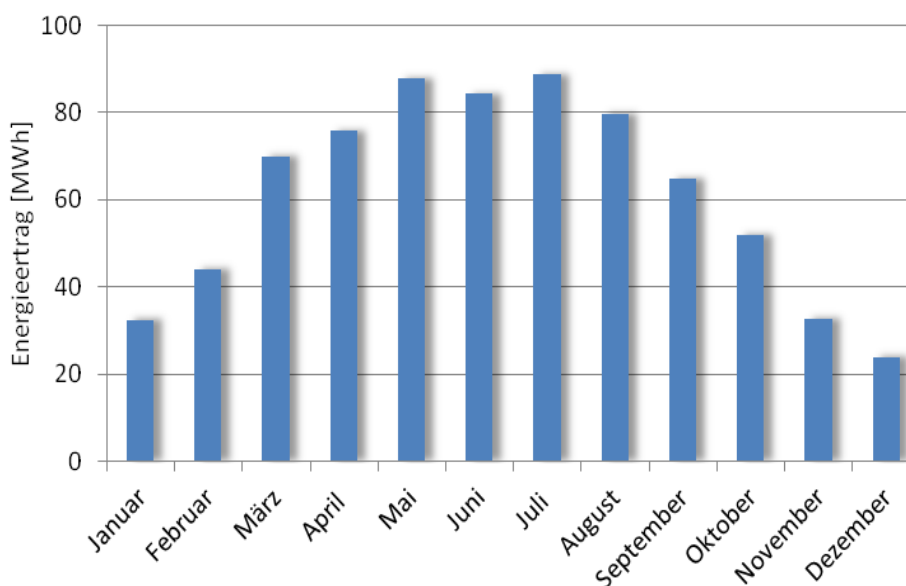


Abb. 73: Photovoltaikfeld 15° Neigung - Thaur

Das Maximum der Energieproduktion wird, wie das Besonnungsdiagramm erwarten lässt, in den Sommermonaten erreicht. Polysun verwendet bei der Berechnung typische Wetterdaten mit Schön- und Schlechtwetterphasen, wodurch beispielsweise der Juni trotz der theoretisch höchsten Solarstrahlung nicht die größte Energiemenge liefert. Das Programm kennt die Wetterdaten von weltweit 6300 Meteo-Standorten. Anhand eines speziellen Algorithmus werden die Wetterdaten für den Standort der Anlage aus dieser Datenbank interpoliert. In den Wintermonaten reduziert sich die Strommenge um mehr als die Hälfte. Dabei ist mit zusätzlichen Einbußen aufgrund einer geschlossenen Schneedecke zu rechnen. Generell taut der Schnee auf Photovoltaikanlagen verhältnismäßig schnell ab. Die Module verfügen über eine geringe Wärmekapazität, wodurch ihre Temperatur schnell der Außentemperatur folgt. Der Schnee taut mit zunehmender Außentemperatur oder Sonneneinstrahlung und rutscht durch die Neigung nach unten ab. Freigelegte Zellen erzeugen wieder elektrischen Strom, der in abgeschatteten Zellen in Wärme umgesetzt wird. Dadurch wird die Schneeschmelze weiter beschleunigt. Ein steilerer Neigungswinkel ist dabei für ein schnelles Abrutschen des Schnees von Vorteil. Ein manuelles Abreinigen der beschneiten Moduloberfläche gestaltet sich bei einer Bruttogesamtfläche von 6103 m² als aufwendig und zeitintensiv.

In den Abb. 74 bis Abb. 77 wird die beispielhafte Energieproduktion des Photovoltaikfeldes in den Monaten Januar, April, Juli und Oktober dargestellt. Dabei wird die unterschiedliche maximale Leistung zwischen Sommer und Winter deutlich. Während im Januar Spitzen zur Mittagszeit von ungefähr 400 kW erreicht werden, erhöht sich dieser Wert im Juli auf ca. 600 kW. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Software verschiedene Wetterphasen einrechnet. Dadurch ist es möglich, dass die Leistungsspitzen auch im Juli auf unter 100 kW absinken.

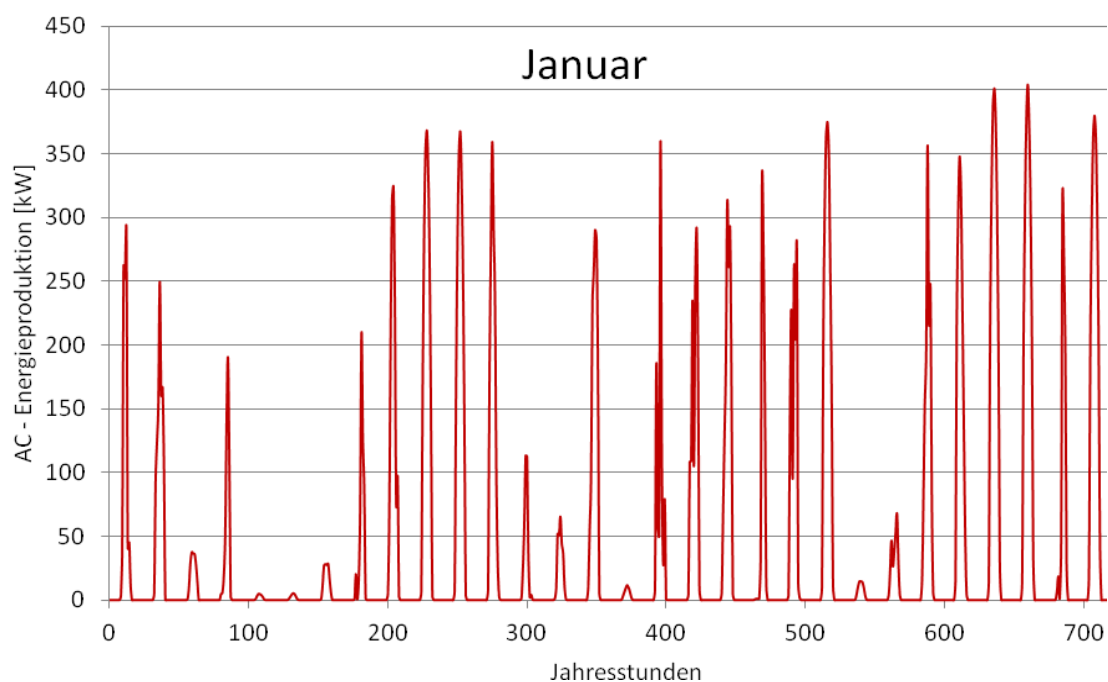


Abb. 74: Standort Thaur - Stromproduktion Photovoltaikfeld – Januar

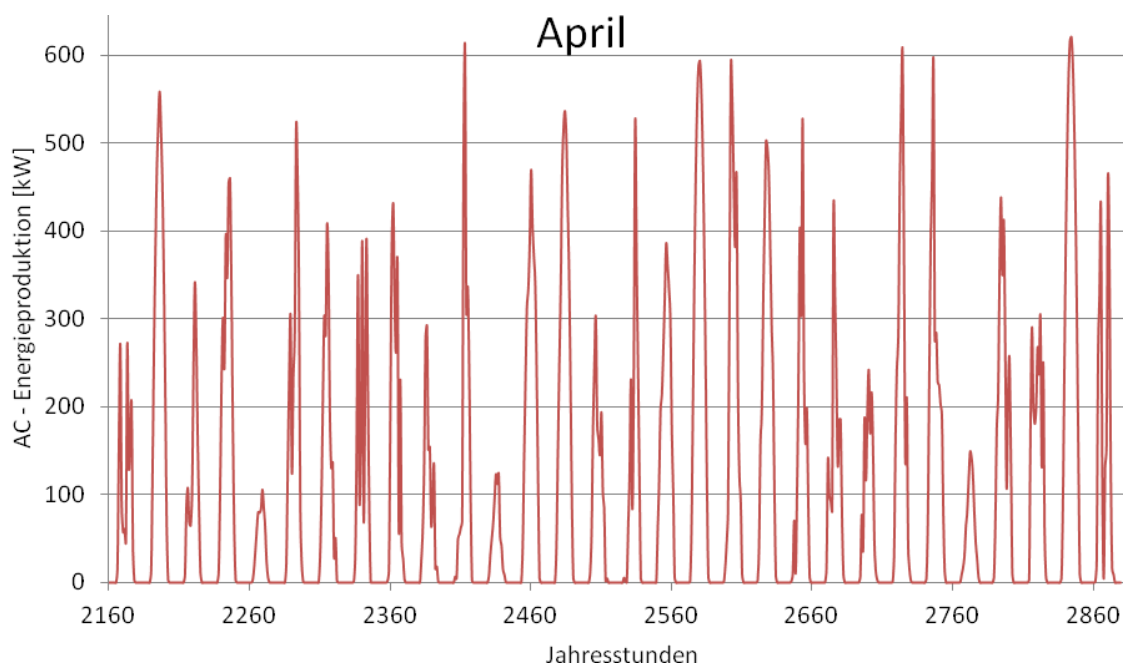


Abb. 75: Standort Thaur - Stromproduktion Photovoltaikfeld – April

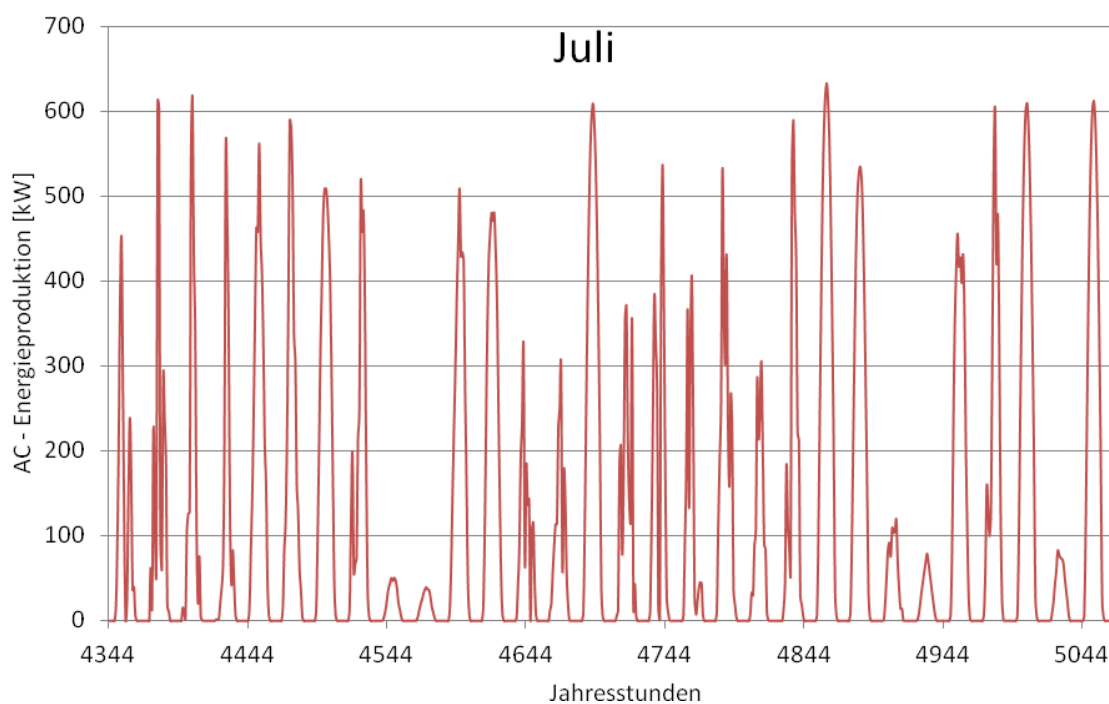


Abb. 76: Standort Thaur - Stromproduktion Photovoltaikfeld – Juli

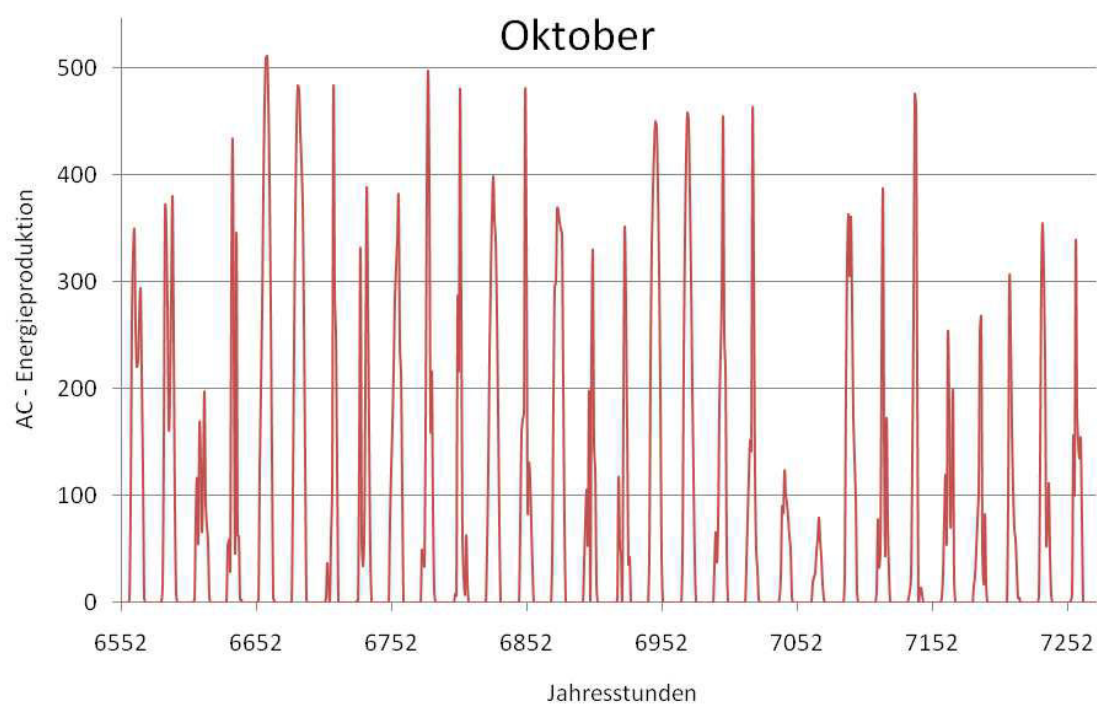


Abb. 77: Standort Thaur - Stromproduktion Photovoltaikfeld – Oktober

Um die Stromproduktionsganglinie zu verdeutlichen, wird in der Abb. 78 die Energieproduktion für die Kalenderwochen 2 und 29 dargestellt. Die Leistungsspitzen sind dabei sehr gut zu

erkennen. Desweiteren wird die Tageszeit, in der die solare Strahlung in Strom umgewandelt wird, verdeutlicht. Photovoltaik ist deshalb gut geeignet, die Bedarfsspitzen zur Mittagszeit und am späteren Nachmittag abzudecken. Zur Deckung des Energiebedarfs am frühen Morgen, dem Hauptabend sowie der Nacht ist sie entsprechend der Sonnenbahn nicht geeignet.

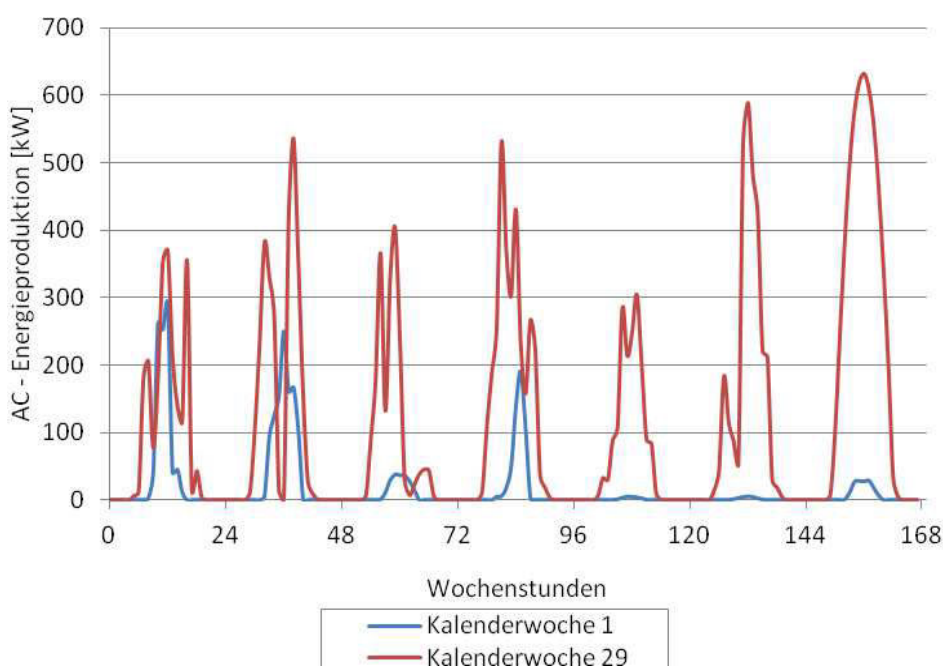


Abb. 78: Standort Thaur - Energieproduktion KW1 und KW29

Die in den Energieproduktionsdiagrammen dargestellte Leistung entspricht jener, die in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann, also nach der Transformation durch die Wechselrichter. Die reine Wechselstromproduktion der Photovoltaikmodule liegt dementsprechend höher, ist für eine Einspeisung jedoch nicht relevant.

Die Simulation und Berechnung eines 125 x 125 Meter Photovoltaikfeldes am Standort Thaur führt somit zu dem Ergebnis, dass das Betreiben einer Großanlage mit 800,8 kW Nettoleistung, sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Betrachtungsweise Sinn ergibt. Mit der Anlage kann der jährliche Strombedarf von ca. 167 durchschnittlichen Haushalten zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten gedeckt werden.

3.4.1.5 Photovoltaik am Standort Pulkatal

Wie aus dem Sonnenbahndiagramm für das Pulkatal in Abb. 79 hervorgeht, werden die Photovoltaikmodule durch keine Verschattungen aufgrund von umliegenden Bergen

beeinträchtigt. Der Horizont kann als flach angenommen werden. Aufgrund der Modulanordnung ergibt sich jedoch wie beschrieben eine gegenseitige Beschattung der einzelnen Modulreihen. Der Verschattungswinkel bei einer Modulneigung von 15° und einem Reihenabstand von 2,3 Meter liegt bei ca. 11° . Dieser Winkel wurde in die Berechnung der erzielbaren Leistung für das Photovoltaikfeld miteinbezogen.

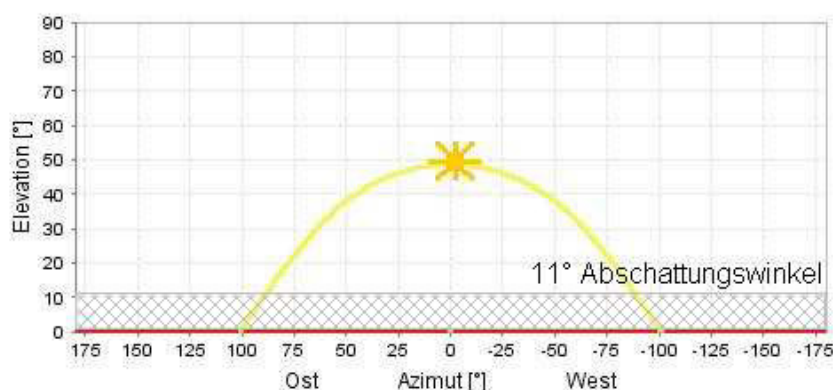


Abb. 79: Sonnenbahn Pulkautal, Quelle Polysun

Am Standort Pulkautal kann mit einem 125 x 125 Meter Photovoltaikfeld, das 3640 Module des Typs SW-220 poly auf einer Modulfläche von 6103 m² umfasst und eine Nettoleistung von 800,8 kW besitzt, eine Strommenge von ca. 717 MWh pro Jahr erzeugt werden. Das entspricht dem jährlichen Bedarf von 162 Haushalten (durchschnittlicher Jahresbedarf von 4417 kWh gemäß Statistik Austria für das Jahr 2008).

Wie Abb. 80 zeigt, liefert das Photovoltaikfeld über ein Jahr betrachtet keine konstante Leistung. Während die Energieproduktion in den Wintermonaten auf unter 20 MWh sinkt, steigt sie Sommers auf über 100 MWh. Dabei ist der Unterschied zwischen dem Minimum und Maximum der Produktion deutlich größer als am Standort Thaur.

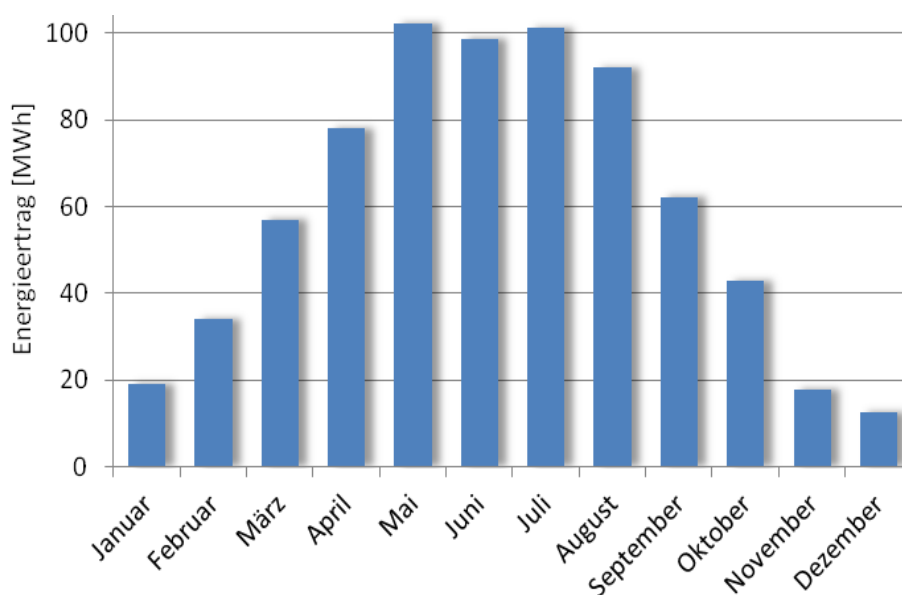


Abb. 80: Photovoltaikfeld 15° Neigung – Pulkatal

Exakte Prognosen über zukünftige Energieerträge gestalten sich aufgrund der Wetterabhängigkeit als schwierig. Längere Schön- bzw. Schlechtwetterphasen haben einen großen Einfluss auf die Leistung von Photovoltaikanlagen. Für eine autarke Versorgung müssen deshalb zusätzliche Energiequellen zur Verfügung stehen, um auch bei minimalen Photovoltaik Leistungen, die maximale Versorgungssicherheit zu gewährleisten

Abb. 81 zeigt den beispielhaften Verlauf der Energieproduktion in den Kalenderwochen 1 und 29. Der Unterschied zwischen Winter und Sommer wird somit noch einmal verdeutlicht. Es ist ersichtlich, dass im Sommer nicht nur höhere Leistungsspitzen erreicht werden können, die Produktionspeaks sind auch deutlich breiter. Dadurch liefert das Photovoltaikfeld im Sommer über einen längeren Tageszeitraum Energie.

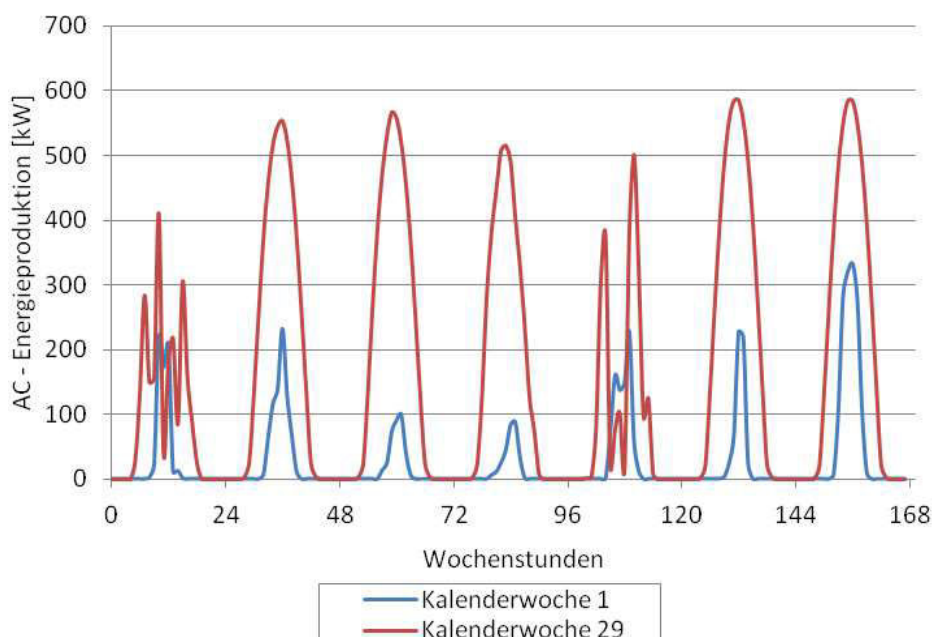


Abb. 81: Standort Pulkatal - Energieproduktion KW1 und KW29

Die Simulation eines 125 x 125 Meter Photovoltaikfeldes mit einer installierten Nettoleistung von 800,8 kW für den Standort Haugsdorf ergab die theoretische Strommenge von ca. 717 MWh pro Jahr. Damit können 162 Haushalte mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 4417 kWh versorgt werden.

3.4.1.6 Photovoltaik am Standort Donauzentrum

Aufgrund der hohen Bebauungsdichte gestaltet sich das Platzieren eines 15625 m² großen Energiefeldes als schwierig. Die durchgeführte Berechnung zeigt somit die theoretisch am Standort Wien Donauzentrum erzielbare Leistung eines Photovoltaikfeldes mit 800,8 kW installierter Nettoleistung.

Wie aus dem Sonnenbahndiagramm in Abb. 82 hervorgeht, sind Abschattungen durch umliegende Berge oder Hügel für das Photovoltaikfeld von keiner Bedeutung, denn sie liegen unterhalb des Modul - Abschattungswinkels von 11°. Verschattungen die durch angrenzende Gebäude hervorgerufen werden spielen aufgrund der Bebauung eine entscheidende Rolle. Exakte Vorhersagen der auftretenden Beschattung sind vom jeweiligen Standort der Photovoltaikanlage abhängig.

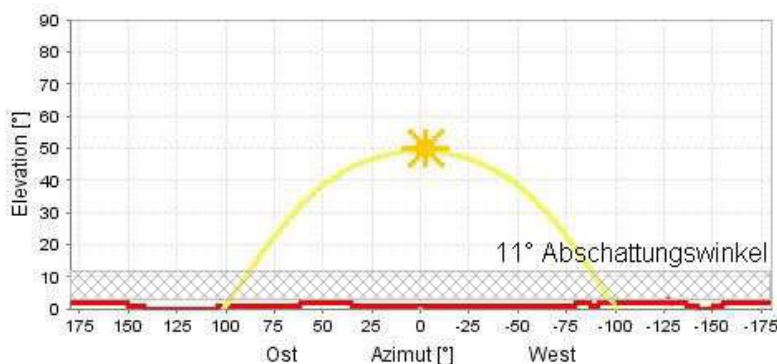


Abb. 82: Sonnenbahn Wien Donauzentrum, Quelle Polysun

Die Verteilung der erzeugten Energie ist stark von der Jahreszeit abhängig. In den Sommermonaten können Energiemengen von über 100 MWh pro Monat generiert werden. Im Winter reduziert sich dieser Wert sehr deutlich auf unter 20 MWh im Dezember.

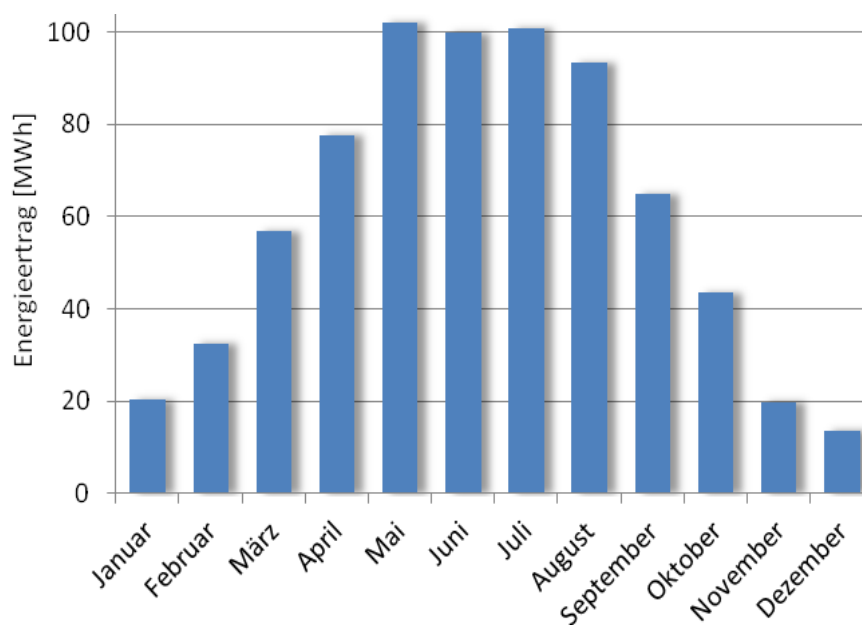


Abb. 83: Photovoltaikfeld 15° Neigung – Wien Donauzentrum

Die in Abb. 84 dargestellte Energieproduktion für die Kalenderwoche 1 und 29 verdeutlicht den Unterschied zwischen Winter und Sommer.

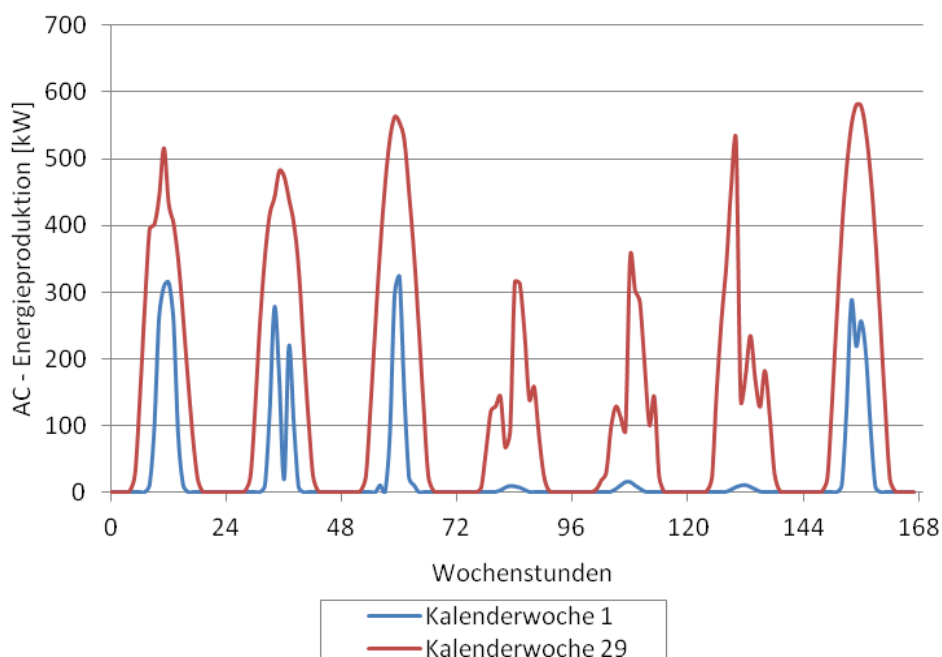


Abb. 84: Standort Wien Donauzentrum - Energieproduktion KW1 und KW29

Ein Photovoltaikfeld mit 800,8 kW Nettoleistung am Standort Wien Donauzentrum, deckt mit einer Energiemenge von 725 MWh/Jahr den durchschnittlichen Jahresbedarf von 164 Haushalten.

3.4.1.7 Standortvergleich Photovoltaik

Von den vier betrachteten Standorten befinden sich drei im Osten Österreichs und Thaur in Westösterreich. Wie bereits in der Abb. 57 dargestellt, erreicht die jährliche Globalstrahlung im

Westen des Landes höhere Werte als im Osten. Abb. 85 zeigt die Globalstrahlung über Österreich am 3. Februar 2006 um 13 Uhr. Es ist ersichtlich, dass zu diesem Zeitpunkt in Thaur die höchste Sonneneinstrahlung verzeichnet werden konnte.

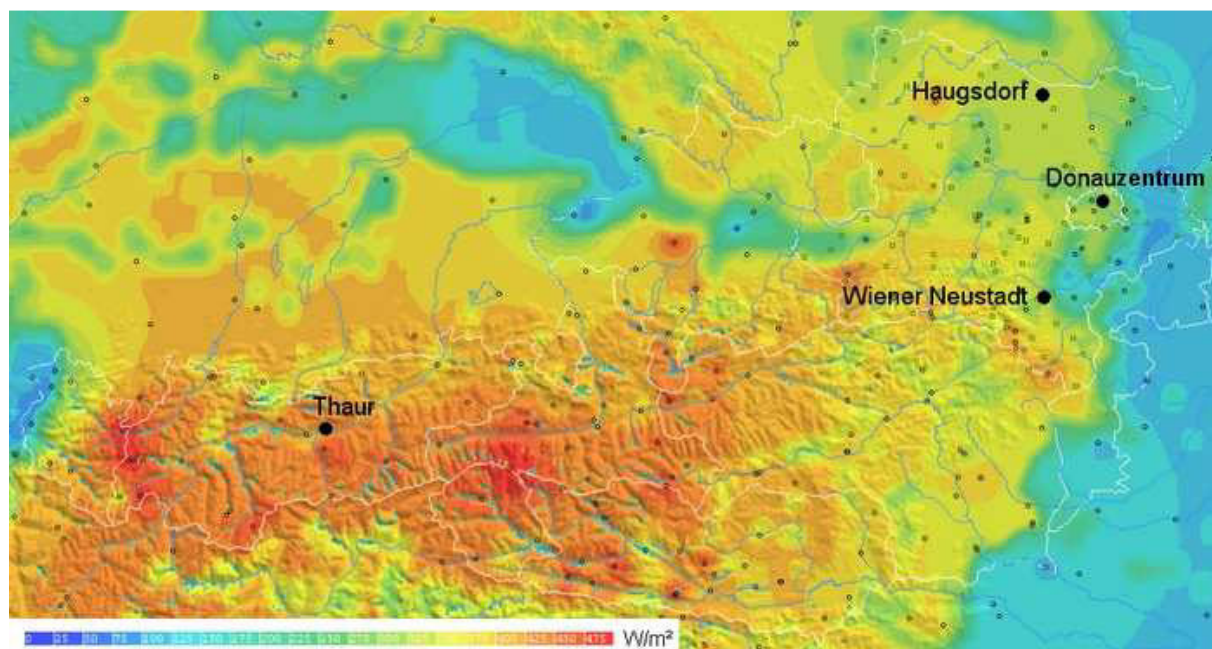


Abb. 85: Globalstrahlung am 03.02.2006 - 13 Uhr [ZAMG 2010]

Der Ertrag von Photovoltaikanlagen wird von den klimatischen Einflüssen sehr stark beeinflusst. An Tagen mit dichter Bewölkung sinkt die Leistung dramatisch ab und kann gegen Null tendieren. Für die Stromerzeugung mittels Photovoltaik ist dabei die direkte Solarstrahlung von entscheidender Bedeutung. Diffuse Strahlung spielt bei den Photovoltaikmodulen nur eine untergeordnete Rolle. Dadurch kann erklärt werden warum sich die Ausgangsleistung bei trüben Tagen stark reduziert.

Abb. 86 zeigt die jährlichen Sonnenstunden an den verschiedenen Standorten, bzw. bei Messstationen in direkter Umgebung. Die Wetterstation Innsbruck Universität befindet sich ca. 7 Kilometer von Thaur entfernt und kann als Vergleichswert dienen. Zwischen Retz und Haugsdorf liegt eine Entfernung von ungefähr 10 Kilometer. Die Entfernung zwischen dem Donauzentrum und der Hohen Warte beträgt ca. 6,5 Kilometer.

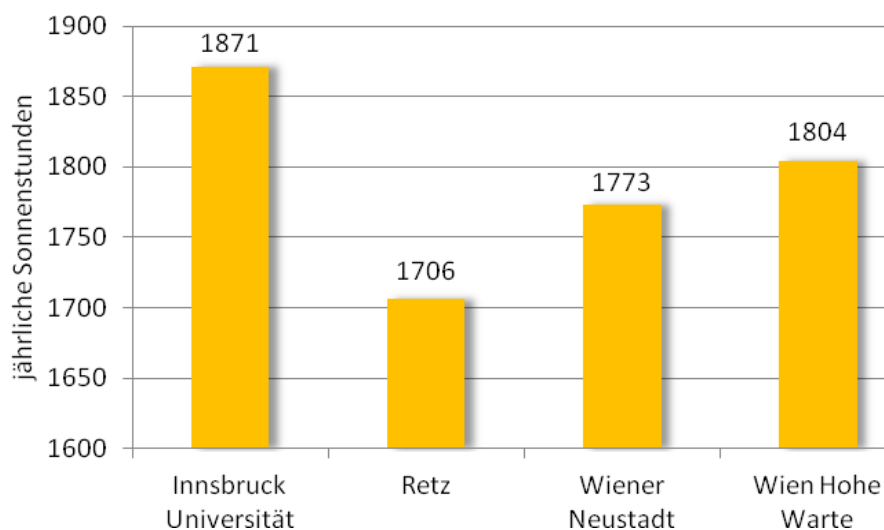


Abb. 86: Sonnenstunden bei den verschiedenen Standorten [ZAMG 2010]

Es ist ersichtlich, dass in Innsbruck mit 1871 die höchste Gesamtanzahl an Sonnenstunden im Jahr erreicht wird. Im Vergleich dazu liefert Retz mit 1706 Stunden einen deutlich geringeren Wert. Der Unterschied an Sonnenstunden zwischen Innsbruck und Retz beträgt 165 Stunden. Aufgrund dieser Tatsache kann für das Photovoltaikfeld in Haugsdorf eine geringere Energiemenge erwartet werden. Die Standorte Wiener Neustadt und Hohe Warte liegen gemessen an der Sonnenstunden zwischen dem Minimal- und Maximalwert.

Aufgrund der Gesamtsonnenstunden kann jedoch nur eine sehr grobe Ertragsabschätzung für Photovoltaikanlagen durchgeführt werden. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Bewölkung am Standort der Anlage. Durch Wolken wird die Globalstrahlung auf den diffusen Anteil reduziert, wodurch die Leistung von Photovoltaikmodulen stark abnimmt. Abb. 87 zeigt die Anzahl der Tage mit einem Bewölkungsgrad größer 80%, sowie die Tage mit keinen Sonnenstunden. Es ist ersichtlich, dass in Innsbruck die meisten trüben Tage, jedoch auch die geringen Tage ohne Sonnenschein auftreten. Aufgrund der hohen Anzahl der Tage mit einem Bewölkungsmittel >80% ist jedoch mit negativen Einflüssen auf den Ertrag der Photovoltaikanlage zu rechnen. Bei den Standorten im Osten Österreichs treten die Tage ohne Sonnenschein deutlich häufiger auf. Diese verteilen sich jedoch hauptsächlich auf die Wintermonate. Der minimale Wert für die Anzahl von trüben Tagen wird in Wiener Neustadt erreicht. An durchschnittlich 122 Tagen im Jahr liegt die mittlere Bewölkung über 80%. Deshalb kann für das Photovoltaikfeld am Standort Wiener Neustadt von einer hohen Energiemenge ausgegangen werden.

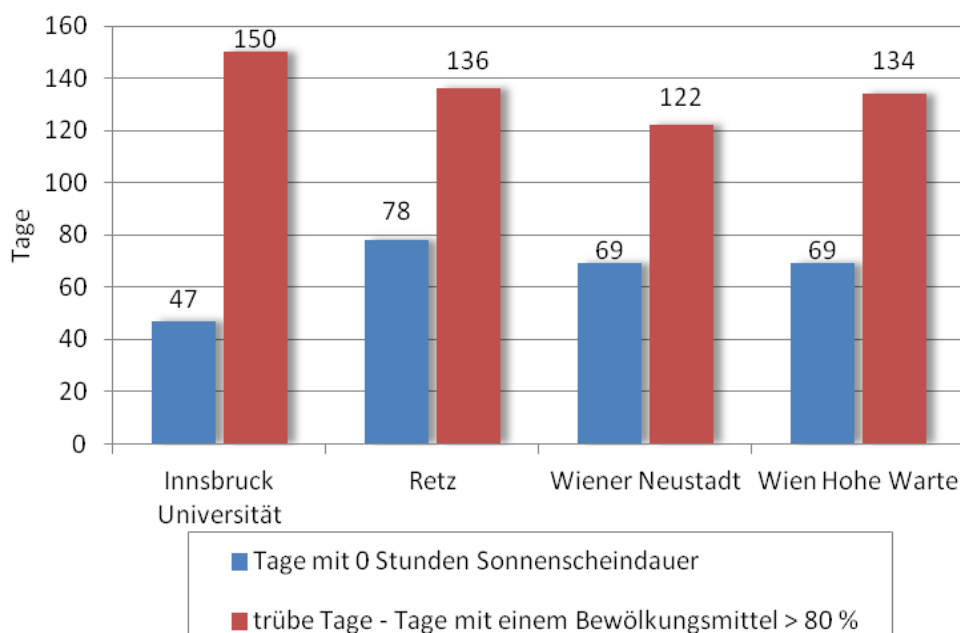


Abb. 87: Standortvergleich [ZAMG 2010]

Abb. 88 zeigt die Energieproduktion eines Photovoltaikfeldes mit 15° Modulneigung und einer installierten Nettoleistung von 800,8 kW an den verschiedenen Standorten. Die maximale Energiemenge wird mit 770 MWh in Wiener Neustadt erzielt, gefolgt von Thaur mit 738 MWh. Der geringste Wert wird mit 717 MWh am nördlichsten Standort – Haugsdorf erreicht. Bei allen Standorten wird jedoch eine Energiemenge erreicht die den Jahresbedarf von über 500 Personen decken kann. Für den Zweck einer autarken Energieversorgung ist die Photovoltaik deshalb geeignet.

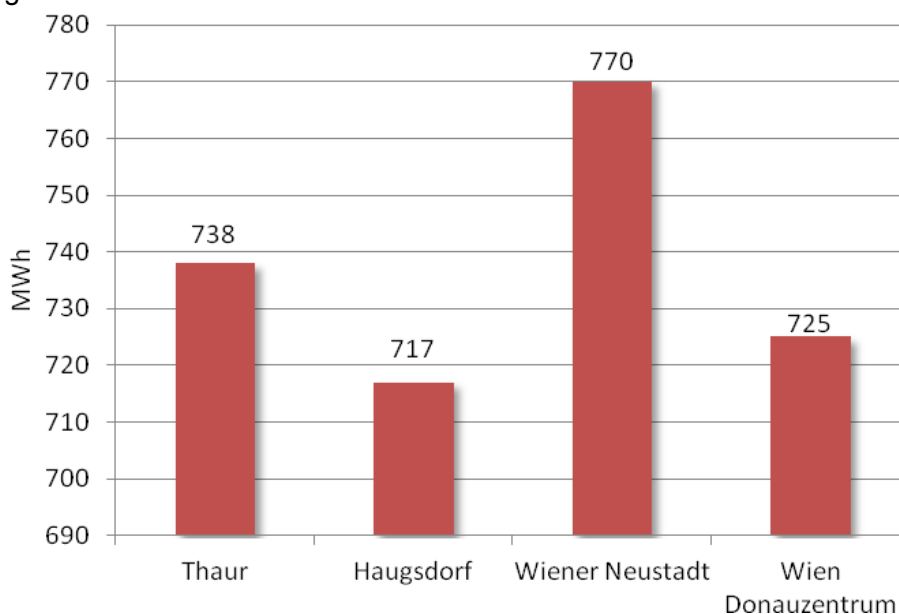


Abb. 88: Energieproduktion Photovoltaikfeld mit 15° Modulneigung

3.4.1.8 Ökonomische Betrachtungen

Die Förderung von Strom aus Photovoltaikanlagen ist im bundesweit geltenden Ökostromgesetz geregelt. Es besteht seit dem Jahr 2002 und wurde mehrfach novelliert. Die Höhe der Einspeisetarife wird dabei jährlich per Verordnung (Ökostromverordnung) geregelt. Für das Jahr 2010 werden Tarifförderungen in der Höhe von 2,1 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Betreiber von Photovoltaikanlagen müssen die Anlage bei der Ökostrom Abwicklungsstelle (OeMAG) einreichen um eine Tarifförderung zu erhalten.

Die Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Photovoltaikanlagen, die ausschließlich an oder auf einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand angebracht sind betragen:

- 5 kW_p bis 20 kW_{peak} 38 Cent/kWh
- über 20 kW_{peak} 33 Cent/kWh

Die Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Photovoltaikanlagen, die nicht ausschließlich an oder auf einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand angebracht sind, werden wie folgt festgesetzt:

- 5 kW_p bis 20 kW_{peak} 35 Cent/kWh
- über 20 kW_{peak} 25 Cent/kWh

Kosten von Photovoltaikanlagen

Die Investitionen für die Errichtung eines photovoltaischen Systems setzen sich aus den Modul- und Wechselrichterkosten, den Aufwendungen für Aufständigung, sowie den Planungs- und Montagekosten zusammen. Die reinen Modulkosten sind in den letzten Jahren stark gesunken. Durch Massenproduktion, Produktivitätssteigerungen und technischem Fortschritt konnten die Kosten gesenkt werden. Aufgrund eines massiven Überangebotes sind die Preise für Photovoltaikanlagen im Jahr 2009 deutlich gefallen. Die spezifischen Kosten nehmen dabei mit zunehmender Anlagengröße ab.

Die Betriebskosten einer Photovoltaikanlage setzen sich aus den Wartungs- und Instandhaltungskosten, sowie den sonstigen Aufwendungen (z.B. Versicherung, Modulreinigung) zusammen. Die jährlichen Betriebskosten können je nach Anlagengröße und Aufstellungsort mit ungefähr 20 bis 50 €/kWp angegeben werden. [Quaschnig 2008]

Für die verschiedenen Standorte werden im Folgenden Kostenberechnungen durchgeführt. Dabei werden die Stromgestehungskosten bei unterschiedlichen Neigungswinkeln und daraus resultierender Modulanzahl berechnet. Aufgrund des höheren spezifischen Energieertrages ist davon auszugehen, dass die Energiegestehungskosten bei steilerem Anstellwinkel abnehmen, wobei sich auch der Stromertrag des gesamten Energiefeldes reduziert.

Als Investitionskosten pro Modul werden 500 € veranschlagt. Bei einem Neigungswinkel von 15° und 3640 Modulen betragen die reinen Modulkosten somit 1,82 Millionen Euro. Zusätzlich werden für jedes Modul Aufständers- und Verkabelungskosten in der Höhe von 50 € kalkuliert. Aus der Literatur geht hervor, dass die Kosten für Wechselrichter mit ungefähr 10% der Modulkosten berechnet werden können. Als jährliche Betriebskosten werden 25 € pro kW_{peak} eingerechnet (Modulleistung = 220W). Im 15. Betriebsjahr sollen die Wechselrichter komplett ausgetauscht werden.

Desweiteren wird mit einem Zinssatz von 5% und einer Laufzeit von 25 Jahren gerechnet. Kosten für die verbaute Fläche bzw. Ausgaben für Pacht werden in der Berechnung nicht berücksichtigt.

$$k_0 = A_0 + A_i * \frac{q^n - 1}{(q - 1) * q^n} + A_{15} * q^{-15}$$

$$k_E = \frac{k_0 * a}{E_a}$$

k_0	Kapital zum Zeitpunkt null
A_0	Investitionskosten (Modulkosten, Aufständers, Verkabelung, Wechselrichter)
A_i	jährliche Betriebskosten
A_{15}	Reinvestition nach 15 Jahren
q	$q = 1 + p$, p ... Zinssatz
n	Nutzungsdauer
k_E	Energiegestehungskosten
a	Annuitätsfaktor
E_a	jährlich bereitgestellte Energiemenge

Kosten für Photovoltaik am Standort Wiener Neustadt

Kosten pro Modul [€]	500
Anzahl Module	3.640
Modulkosten [€]	1.820.000
Kosten Wechselrichter [€]	182.000
Kosten für Aufständerung, Kabel [€]	182.000
Reinvestition nach 15 Jahren [€]	182.000
Investitionskosten [€]	2.184.000
jährliche Betriebskosten [€]	20.020
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	25
Annuitätsfaktor	0,0710
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.553.706
jährlicher Energieertrag [MWh]	770
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,235

Tabelle 43: Wirtschaftlichkeit Photovoltaikfeld Wiener Neustadt mit 800,8 kW Nettoleistung

Kosten für Photovoltaik am Standort Thaur / Rum

Tabelle 44 zeigt die Berechnung der Energiegestehungskosten bei einem Photovoltaikfeld mit 3640 Modulen mit 15° Neigungswinkel. Der Hauptteil der Investitionskosten von 2,18 Millionen € entfällt dabei auf die Photovoltaikmodule.

Kosten pro Modul [€]	500
Anzahl Module	3.640
Modulkosten [€]	1.820.000
Kosten Wechselrichter [€]	182.000
Kosten für Aufständerung, Kabel [€]	182.000
Reinvestition nach 15 Jahren [€]	182.000
Investitionskosten [€]	2.184.000
jährliche Betriebskosten [€]	20.020
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	25
Annuitätsfaktor	0,0710
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.553.706
jährlicher Energieertrag [MWh]	737,7
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,246

Tabelle 44: Wirtschaftlichkeit Photovoltaikfeld Thaur / Rum mit 800,8 kW Nettoleistung

Bei einer geplanten Nutzungsdauer von 25 Jahren betragen die theoretischen Stromgestehungskosten 24,6 cent/kWh und liegen unter dem laut Ökostromgesetz festgelegten Einspeisetarif von 25 cent/kWh für Anlagen größer 20 kW_{peak} auf Freiflächen. Die Großanlage würde sich trotz deutlich höherer Energiegestehungskosten im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken aus ökonomischer Sicht rechnen. Voraussetzung dafür wäre jedoch ein auf 25 Jahre gleichbleibender Einspeisetarif. Der derzeitige Tarif, bei dem sich das Photovoltaikfeld wirtschaftlich rentiert, ist jedoch nur für 13 Jahre garantiert. Aussagen bezüglich zukünftiger Entwicklungen sind schwierig, jedoch ist von einem sinkenden Einspeisetarif auszugehen.

Kosten für Photovoltaik am Standort Pulkautal

Kosten pro Modul [€]	500
Anzahl Module	3.640
Modulkosten [€]	1.820.000
Kosten Wechselrichter [€]	182.000
Kosten für Aufständerung, Kabel [€]	182.000
Reinvestition nach 15 Jahren [€]	182.000
Investitionskosten [€]	2.184.000
jährliche Betriebskosten [€]	20.020
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	25
Annuitätsfaktor	0,0710
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.553.706
jährlicher Energieertrag [MWh]	717
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,253

Tabelle 45: Wirtschaftlichkeit Photovoltaikfeld Pulkautal mit 800,8 kW Nettoleistung

Kosten für Photovoltaik am Standort Wien Donauzentrum

Kosten pro Modul [€]	500
Anzahl Module	3640
Modulkosten [€]	1.820.000
Kosten Wechselrichter [€]	182.000
Kosten für Aufständerung, Kabel [€]	182.000
Reinvestition nach 15 Jahren [€]	182.000
Investitionskosten [€]	2.184.000
jährliche Betriebskosten [€]	20.020
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	25
Annuitätsfaktor	0,0710
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.553.706
jährlicher Energieertrag [MWh]	725
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,25

Tabelle 46: Wirtschaftlichkeit Photovoltaikfeld Wien Donauzentrum mit 800,8 kW Nettoleistung

3.4.2 Potenzialanalyse Windenergie

Aufgrund von Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschieden in der Atmosphäre, sowie durch die Rotation der Erde werden ungefähr 2,5% der von der Sonne gelieferten Energie in Windenergie umgewandelt. Dadurch ergibt sich ein enormes theoretisches Potential, welches den weltweiten Bedarf an elektrischer Energie übersteigt. Abb. 89 zeigt die globalen Windgeschwindigkeiten. Es ist zu erkennen, dass vor allem in den Küstenregionen der Erde gute Verhältnisse für die technische Nutzung der Windenergie herrschen. In Europa besitzt Großbritannien wegen seiner geografischen Lage das größte Windpotential.

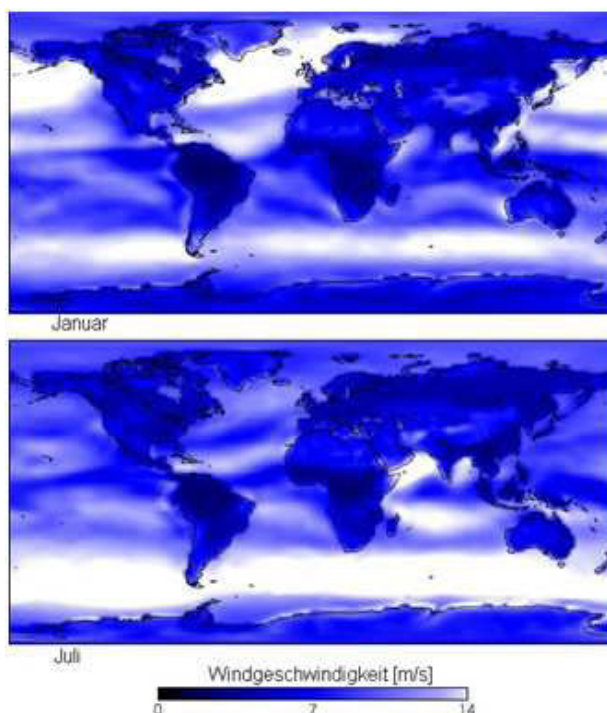


Abb. 89: globale Windgeschwindigkeiten [NASA 2010]

3.4.2.1 Windkraftpotenzial in Österreich

Die erste größere Windkraftanlage in Österreich wurde 1994 in Betrieb genommen. Aufgrund des Ökostromgesetzes erfolgte ab dem Jahr 2003 ein starker Ausbau der Windenergie. Nachdem bis zur Mitte des Jahres 2007 607 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von über 900 MW installiert wurden, führte die Ökostrom Novelle 2006 zu einem abrupten Ausbaustopp.

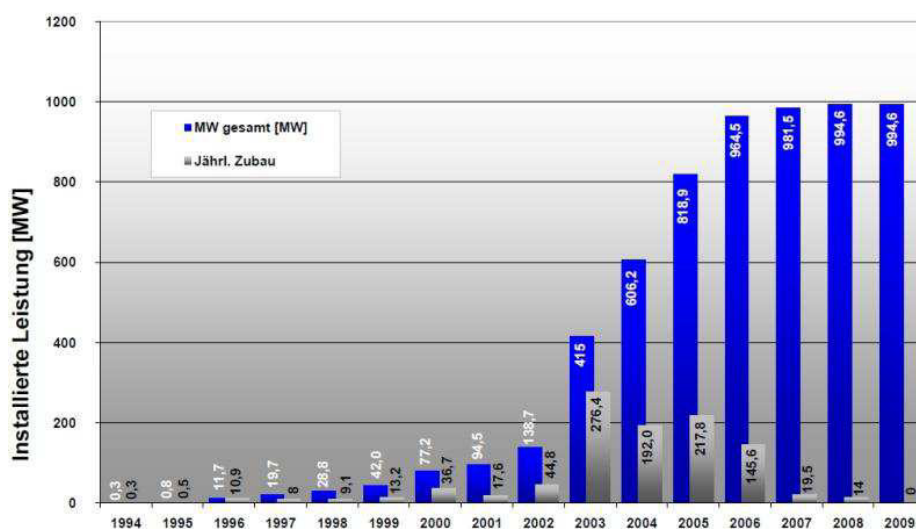


Abb. 90: Windkraft in Österreich [IG Windkraft 2010]

Der Schwerpunkt des Windkraft Ausbaus lag dabei nördlich von Wien im Weinviertel, im Osten Niederösterreichs sowie im Nordburgenland. In diesen Regionen können bis zu 2600 Volllaststunden erreicht werden. Wie aus Abb. 91 hervorgeht, befindet sich mehr als die Hälfte der gesamt in Österreich installierten Leistung in Niederösterreich. Zusammen mit dem Burgenland wird ein Wert von 90% erreicht. In den westlichen Bundesländern Vorarlberg, Tirol und Salzburg sind den Daten zufolge keine nennenswerten Windkraftanlagen in Betrieb.

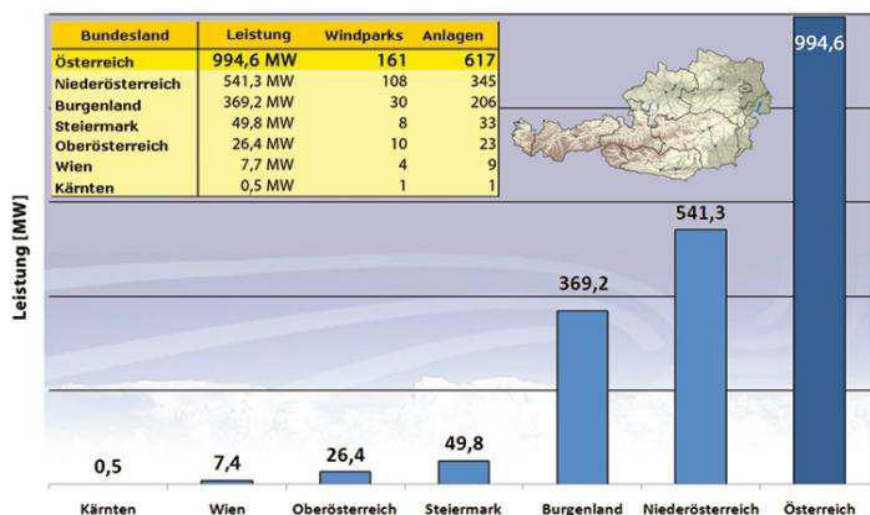


Abb. 91: Installierte Leistung in den Bundesländern Stand 2010 [IG Windkraft 2010]

Abb. 92 zeigt die bis zum 04. Juli 2006 installierten Windkraftanlagen in Österreich. Die geografische Ballung im Osten Österreichs wird dabei augenscheinlich. Zusätzlich wird ersichtlich, in welche Leistungskategorien sich die einzelnen Anlagen einordnen lassen. Anlagen mit einer Leistung über 1,5 Megawatt gelten mittlerweile schon seit über zehn Jahren als Stand der Technik.

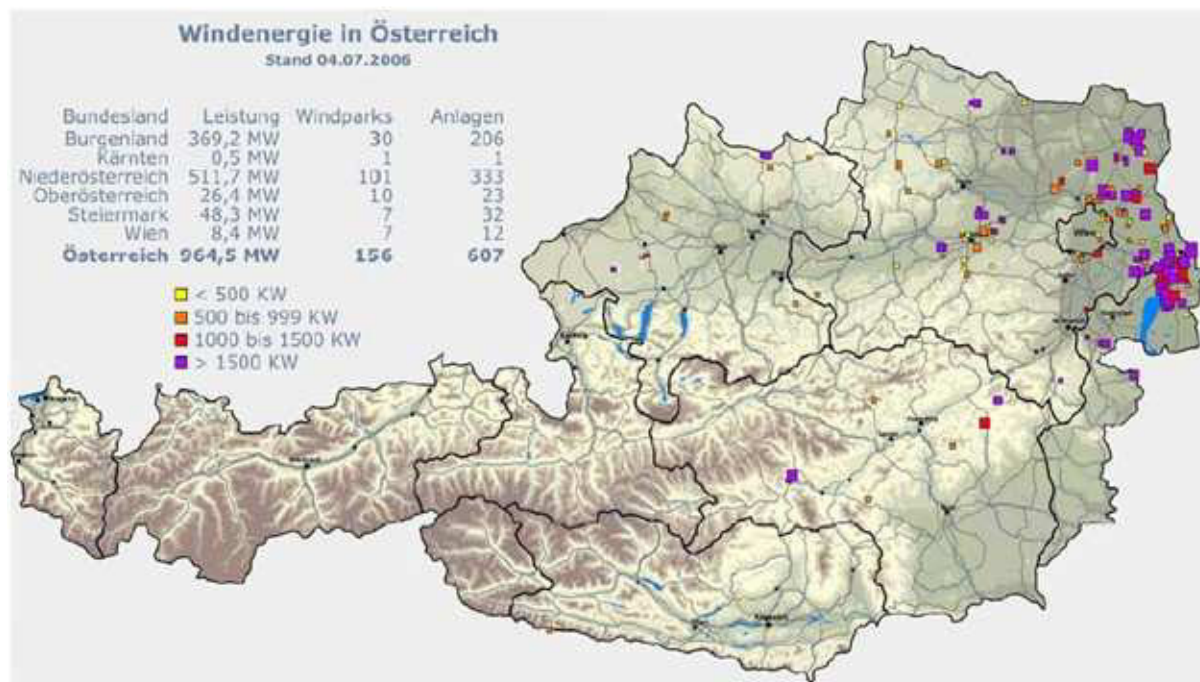


Abb. 92: Windkraftanlagen in Österreich [IG Windkraft 2010]]

Abb. 93 zeigt die mittleren Windgeschwindigkeiten 100 Meter über der Oberfläche für gesamt Österreich. Es ist ersichtlich, dass die Geschwindigkeit in den Tallagen Westösterreichs bei ca. 2 m/s liegt. Auf den Bergspitzen werden hingegen Windgeschwindigkeiten von über 6 m/s erreicht. Aufgrund der Lage gilt das Betreiben von Windkraftanlagen in diesen Regionen jedoch als problematisch und aufwändig.

Im Osten Österreichs steigt die mittlere Geschwindigkeit auf über 4 m/s. Dadurch ist es möglich, Windenergieanlagen mit einem gewissen Anteil an Volllaststunden zu betreiben.

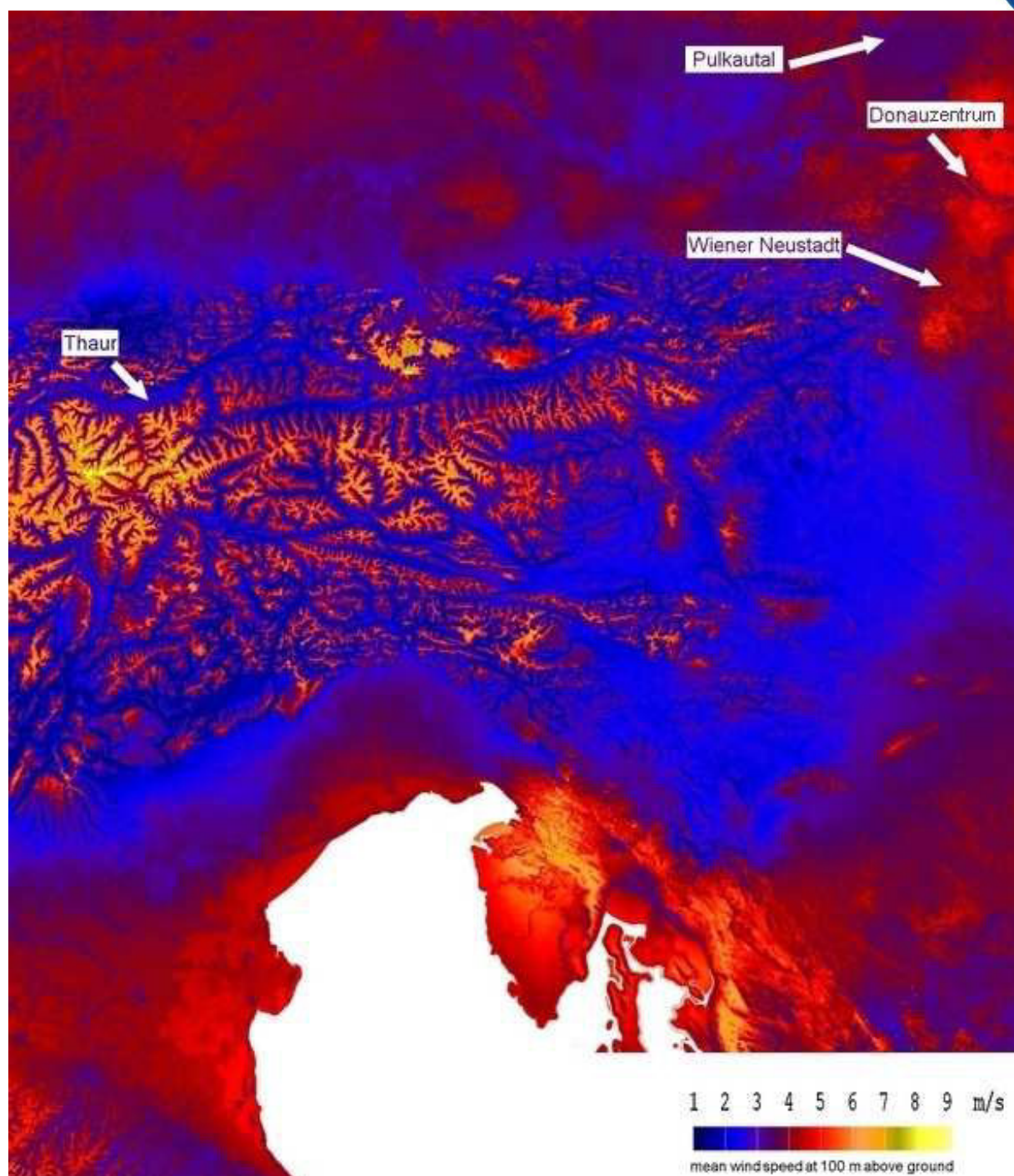


Abb. 93: mittlere Windgeschwindigkeiten im Alpenraum [meteotest 2010]

3.4.2.2 Windkraftanlagen

Windenergieanlagen erzeugen ihre Leistung, indem sie die Kraft des Windes in ein Drehmoment umwandeln. Die Menge an Energie, die der Wind auf den Rotor überträgt, hängt von der

Luftdichte, der Rotorfläche sowie der Windgeschwindigkeit ab. Die Geschwindigkeit geht dabei mit der dritten Potenz in die Berechnung der Leistung ein. Wie die Abb. 94 zeigt, liegt das Leistungspotential bei einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s bei ca. 16 W/m². Im Vergleich dazu beinhaltet Wind mit einer Geschwindigkeit von 16 m/s über 2400 W/m². Dadurch lässt sich erklären, warum Windkraftanlagen an Standorten mit geringen mittleren Windgeschwindigkeiten keine Wirtschaftlichkeit erreichen können.

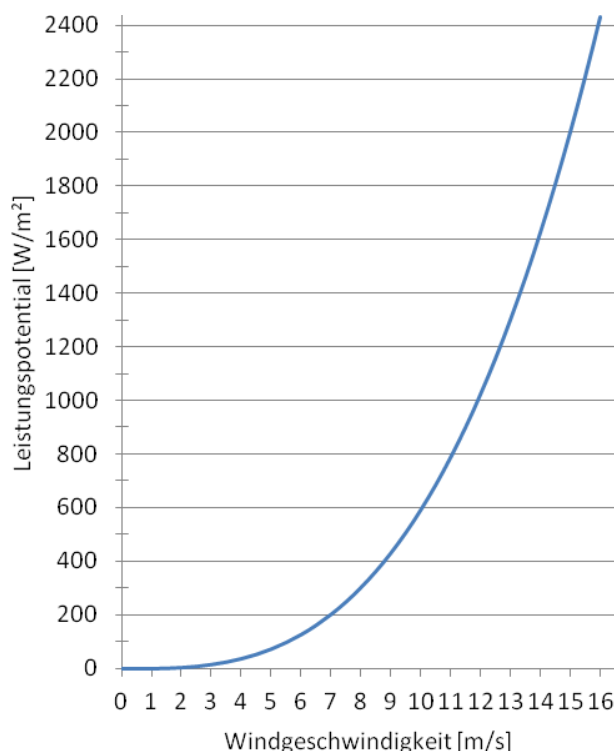


Abb. 94: im Wind enthaltene Leistung

Leichtwindanlage AV-7

Die Leichtwindanlage der Schweizer Firma Aventa AG ist speziell auf leichte und variable Winde optimiert. Windkraftanlagen neuester Generation werden für Küstengebiete mit mittleren Geschwindigkeiten von über 5 m/s entwickelt. Die Nutzung von Küstenanlagen im Binnenland

bei Standorten mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 4,5 m/s ist zwar möglich, führt aber zu geringen Energieerträgen und dadurch hohen Stromgestehungskosten. Bei der Leichtwindanlage soll es durch ein angepasstes Anlagenkonzept möglich sein, auch in Gebieten mit niedrigeren Windgeschwindigkeiten Windstrom wirtschaftlich zu produzieren.

- Nennleistung 6,5 kW
- Rotordurchmesser 12,8 m
- Einschaltgeschwindigkeit 2 m/s
- Auslegungsgeschwindigkeit 6 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit 14 m/s

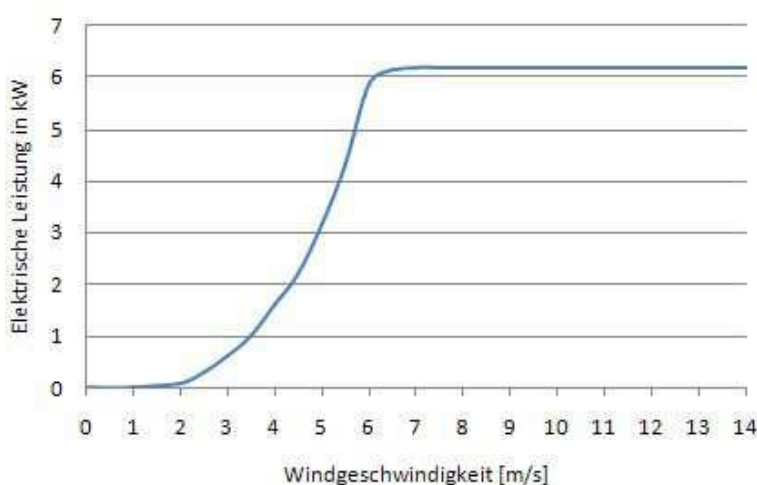


Abb. 95: Leistungskurve AV-7 [Aventa 2010]

Abb. 95 zeigt die Leistungskurve der Leichtwindanlage AV-7. Es ist ersichtlich, dass die volle Leistung bei einer Windgeschwindigkeit größer 6 m/s erreicht wird. Durch die Kenntnis der Windgeschwindigkeits- Häufigkeitsverteilung sowie der Leistungskurve einer Windkraftanlage kann die erwartete Stromproduktion für einen bestimmten Zeitraum berechnet werden. Bei Windgeschwindigkeiten unterhalb von 2 m/s wird dabei kein Strom erzeugt, da die vom Hersteller angegebene Anlaufgeschwindigkeit nicht erreicht wird. Aus energietechnischer Sicht sind somit nur Geschwindigkeiten größer 2 m/s von Bedeutung.

Enercon E33

Die E33 des größten deutschen Windkraftanlagenherstellers Enercon ist sein Modell mit der geringsten Nennleistung. Enercon bietet darüber hinaus Anlagen mit einer Nennleistung von 800 kW, 900 kW, 2 MW, 2,3 MW, 3 MW und 7,5 MW.

- Nennleistung 330 kW
- Rotordurchmesser 33,4 m
- Nabenhöhe 50 m
- Einschaltgeschwindigkeit 2 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit 28 - 34 m/s

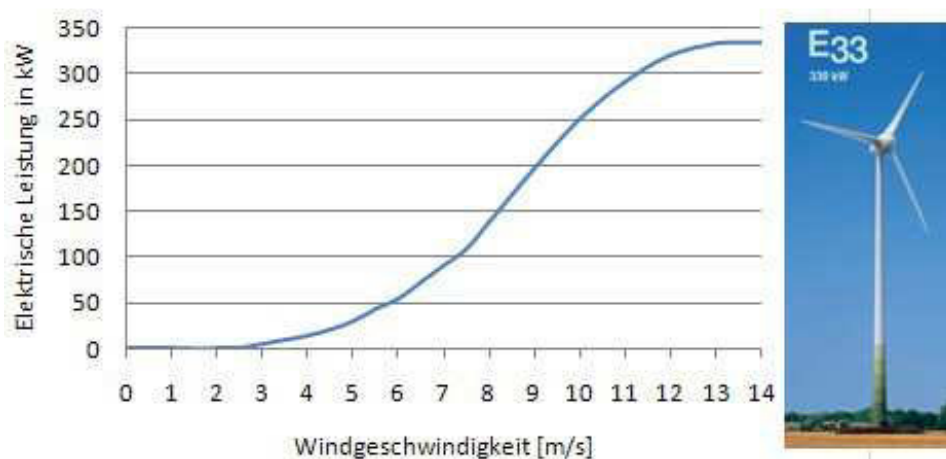


Abb. 96: Leistungskurve Enercon E33 [Enercon 2010]

Wie aus Abb. 96 hervorgeht, wird bei der E33 die Nennleistung von 330 kW erst bei Windgeschwindigkeiten von über 13 m/s erreicht. Für Standorte mit geringen Windgeschwindigkeiten können Anlagen dieser Größenordnung nicht wirtschaftlich betrieben werden. Damit eine Wirtschaftlichkeit der Windkraftanlage gegeben ist, sollte die durchschnittliche Mindestauslastung über 20% liegen. Für die E33 Anlage entspricht dies einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 5,5 m/s.

Nordex N100

Die Nordex N100 ist eine speziell für schwache und gemäßigte Windstandorte ausgelegte Turbine der 2,5-MW-Klasse. Die N100 ist die größte Turbine der Nordex-Produktlinie und gehört zu den ertragreichsten ihrer Leistungsklasse. Der Hersteller gibt an, dass sich ihr Einsatz speziell auch im Landesinneren wirtschaftlich rechnen soll.

- Nennleistung 2500 kW
- Rotordurchmesser 100 m
- Nabenhöhe 80 m / 100 m / 140 m
- Einschaltgeschwindigkeit ca. 3 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit ca. 20 m/s

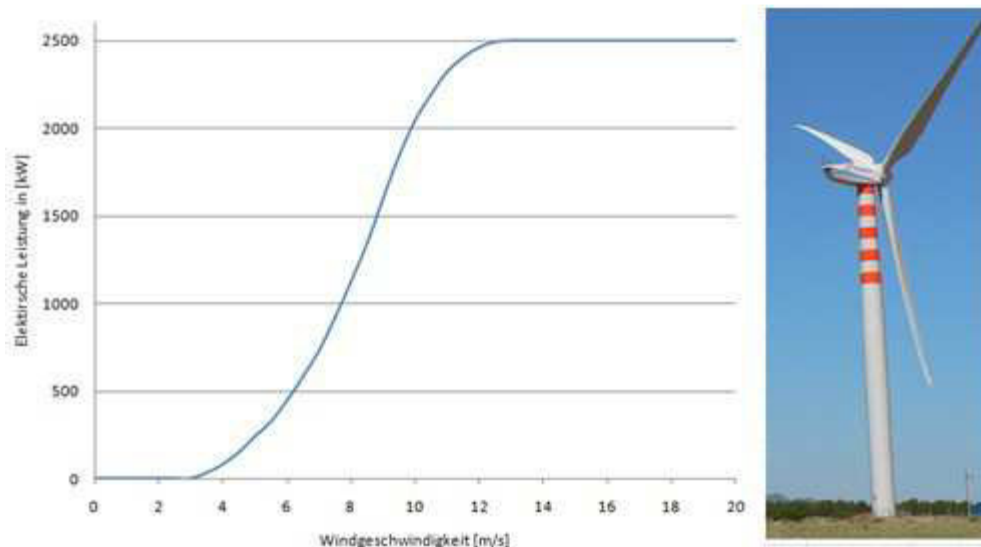


Abb. 97: Leistungskurve Nordex N100 [Nordex 2010]

Bei der Nordex N100 liegt die Einschaltgeschwindigkeit, im Vergleich zu den bisher betrachteten Windenergieanlagen, mit 3 m/s höher. Durch die niedrigen bis mittleren Windgeschwindigkeiten in Österreich lässt dies einen schlechten Ausnutzungsgrad der Windturbine erwarten.

3.4.2.3 Windkraft am Standort Wiener Neustadt

Für Wiener Neustadt können auf direkte Winddaten der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) zurückgegriffen werden. Die Daten stammen aus den Jahren 1971 bis 2000.

Abb. 98 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit für Wiener Neustadt. Im Jahresmittel liegt die Geschwindigkeit bei 3,4 m/s und somit deutlich über den Werten von Thaur und dem Pulkautal.

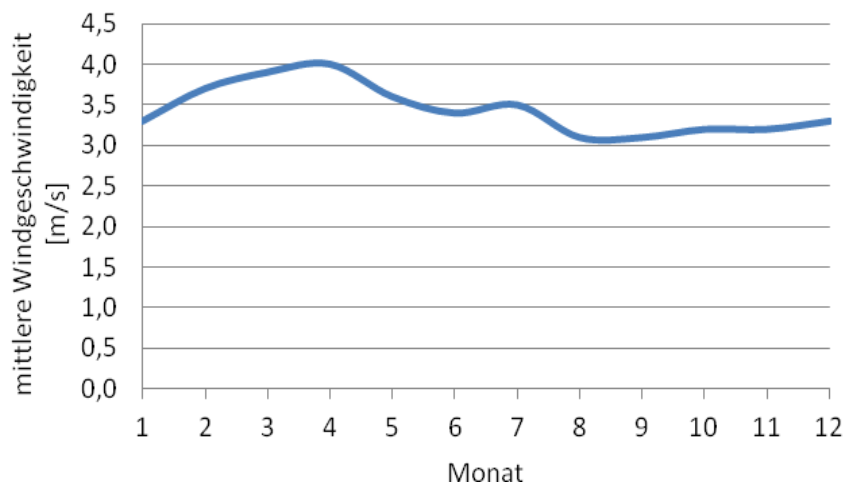


Abb. 98: mittlere Windgeschwindigkeit Wiener Neustadt [ZAMG 2010]

In der Realität schwankt die Windgeschwindigkeit sehr stark. Nahezu jede Sekunde ändert sich der Geschwindigkeitswert. Um die Stromerzeugung durch eine Windkraftanlage realistisch prognostizieren zu können, müssen Annahmen darüber getroffen werden, wie sich der Wind verhält. Das wird üblicherweise durch Angabe einer zeitlichen Häufigkeit jeder Windgeschwindigkeit erreicht. Für die mathematische Beschreibung der Häufigkeit von verschiedenen Windgeschwindigkeiten werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen herangezogen. In der Praxis wird neben der Weibull-Verteilung häufig auch die Rayleigh-Verteilung verwendet.

Aus der Rayleigh in Abb. 99 geht hervor, dass die für Windkraftanlagen relevanten Geschwindigkeiten von über 3 m/s in Wiener Neustadt mit einer größeren Häufigkeit auftreten als bei den Standorten Thaur und dem Pulkautal. In ca. 80% der Zeit herrschen Windgeschwindigkeiten, die über der Anlaufgrenze der E33 von 2 m/s liegen.

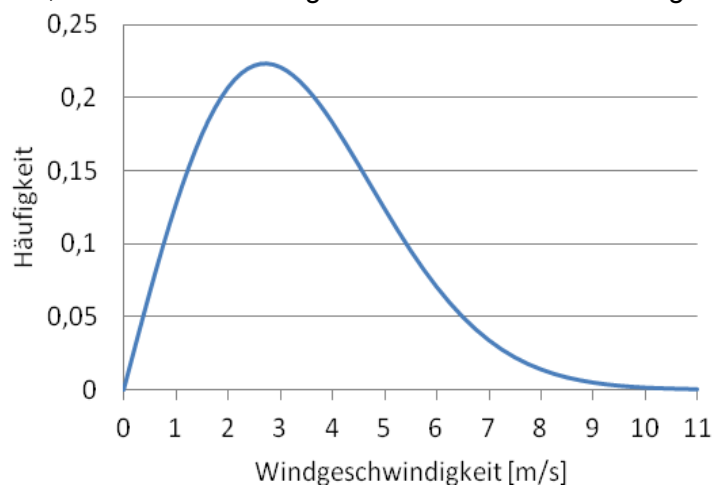


Abb. 99: Rayleigh Verteilung Wiener Neustadt

Meteonorm ist eine globale Klimadatenbank kombiniert mit einem Wettergenerator. Dadurch wird es möglich, Berechnungen von langjährigen und aktuellen Monatsmittelwerten sowie als auch von Stundenwerten eines typischen Jahres durchzuführen. Abb. 100 zeigt einen mittels Generator bestimmten theoretischen Windverlauf für den Modellfall Wiener Neustadt.

Die Windgeschwindigkeit erreicht auch am Standort Wiener Neustadt nur bei einzelnen Windspitzen einen Wert von 12 m/s, welcher für die Nennleistung der Nordex N100 benötigt wird. In gemäßigten Klimazonen sind die Sommerwinde schwächer im Vergleich zu den Winden im Winter. Darüberhinaus ist es in den meisten Gebieten am Tag windiger als in der Nacht. Für in Wiener Neustadt betriebene Windkraftanlagen des Typs N100 ergibt sich somit eine Anlagenausnutzung von 5,3%.

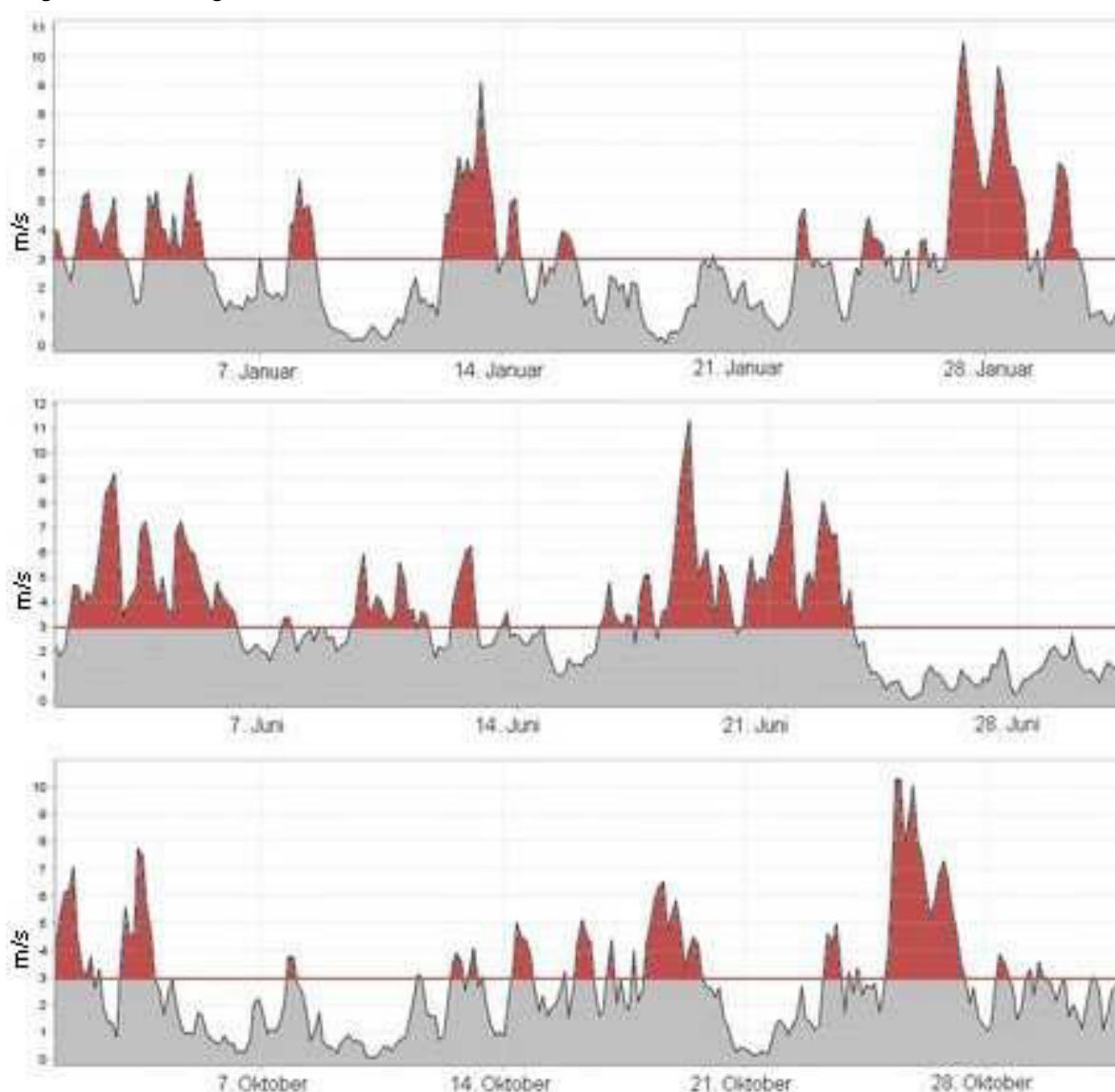


Abb. 100: Windgeschwindigkeiten am Standort Wiener Neustadt

Abb. 101 zeigt, die in Wiener Neustadt mittels Windenergie erzielbaren Energieerträge. Der Betrieb einer Nordex N100 würde beispielsweise eine Energie von 1155900 kWh generieren, was den jährlichen Strombedarf von über 200 Haushalten decken könnte. Aufgrund des Ausnutzungsgrades von 5,3% ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Stromgestehungskosten in einem nicht wirtschaftlichen Rahmen bewegen. Laut Literatur sollten Windkraftanlagen dieser Größenordnung eine Ausnutzung von über 20% besitzen, um wirtschaftlich zu sein. Bei der Nordex N100 kann ein solcher Ausnutzungsgrad ab einer mittleren Windgeschwindigkeit von 5 m/s erreicht werden.

Bei der Leichtwindanlage AV-7 ergibt die Berechnung eine jährliche Energie von 13800 kWh sowie eine Auslastung von 24,2%. Da die AV-7 für Gebiete mit geringeren Windgeschwindigkeiten optimiert wurde, liegt der Ausnutzungsgrad markant höher als bei den größeren Windkraftanlagen. Generell liegen die Stromgestehungskosten bei einer Leichtwindanlage aber deutlich über jenen von herkömmlichen Anlagen.

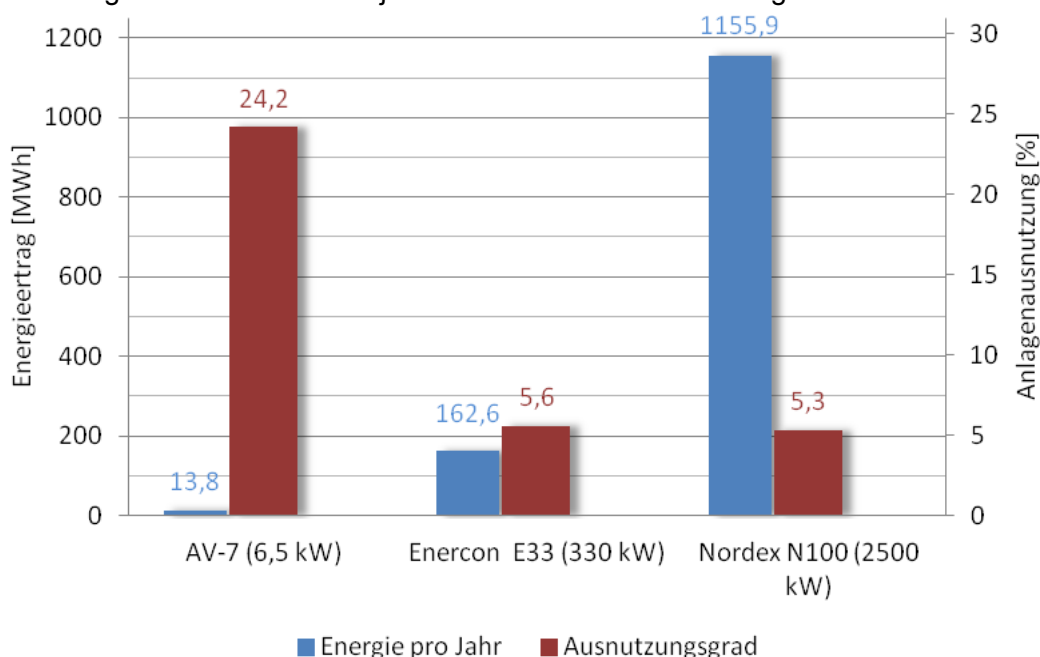


Abb. 101: Windkraftanlagen Standort Wiener Neustadt

Die Berechnung der verschiedenen Windkraftanlagen für den Standort Wiener Neustadt liefert das Ergebnis, dass eine Nutzung der Windenergie aus technischer Sicht durchaus in Betracht kommt. Wirtschaftliche Gründe könnten jedoch gegen eine reale Umsetzung sprechen.

3.4.2.4 Windkraft am Standort Thaur / Rum

Für den Standort Thaur liegen keine direkten Messwerte der Windgeschwindigkeit vor. Durch die Kenntnis der lokalen Gegebenheiten, sowie Messstationen in der Umgebung müssen Annahmen bezüglich der mittleren Geschwindigkeit getroffen werden.

Abb. 102 zeigt die Messstationen in der direkten Umgebung von Thaur. Aufgrund der Tatsache, dass direkt in Innsbruck meist höhere Windgeschwindigkeiten erreicht werden als im restlichen Inntal, müssen für aussagekräftige Werte am Standort Thaur zusätzliche Windstationen betrachtet werden. Bei den Stationen handelt es sich um die Universität Innsbruck mit einer Entfernung von 7,3 Kilometern, Rinn mit 4,9 Kilometer Entfernung sowie Jenbach, das 25,1 Kilometer entfernt liegt.

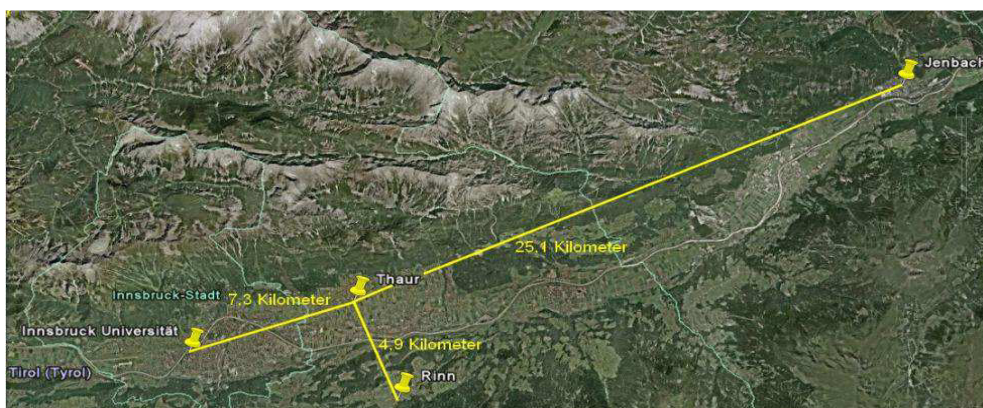


Abb. 102: Windmessstationen Thaur – Umgebung, Luftbild Google

In Abb. 103 sind die mittleren Windgeschwindigkeiten für die verschiedenen Messstationen, sowie der dadurch errechnete mittlere Geschwindigkeitsverlauf für Thaur dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Messwerte bei der Station Universität Innsbruck wie erwartet über das Jahr betrachtet am höchsten sind. Mit den Winddaten der drei Messstationen lässt sich eine Aussage über die Windgeschwindigkeit in Thaur treffen. Im Jahresmittel liegt sie bei 1,4 m/s.

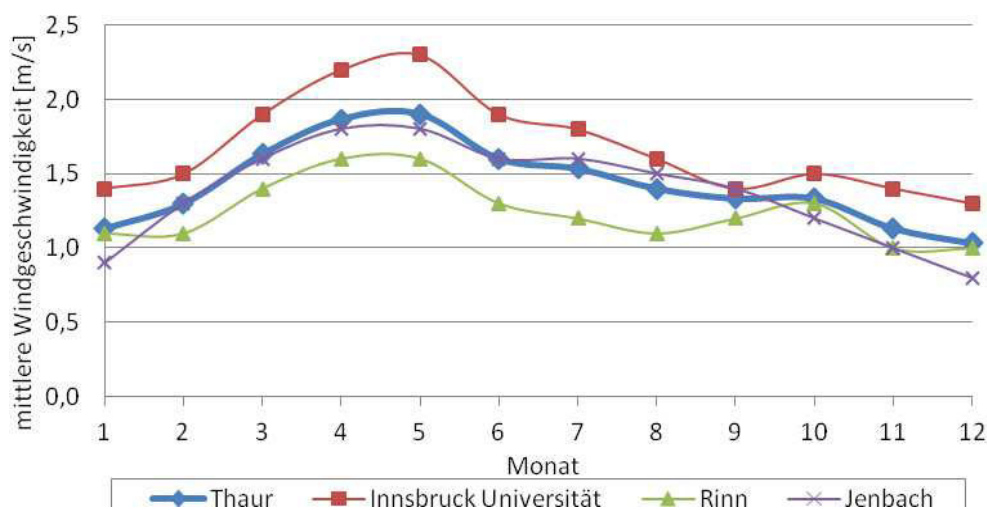


Abb. 103: mittlere Windgeschwindigkeiten Thaur – Umgebung [ZAMG 2010]

Abb. 104 zeigt die Rayleigh-Verteilung für den Standort Thaur. Es ist zu erkennen, dass die Windgeschwindigkeit mit einer hohen Wahrscheinlichkeit unter der Anlaufgeschwindigkeit herkömmlicher Windkraftanlagen von 2-3 m/s liegt. Der Anteil an Windgeschwindigkeiten, die technisch nutzbar sind, liegt über das Gesamtjahr betrachtet nur bei ungefähr 20%. Aufgrund dieser Tatsache erscheint eine technische Nutzung der Windenergie am Standort Thaur nicht sinnvoll.

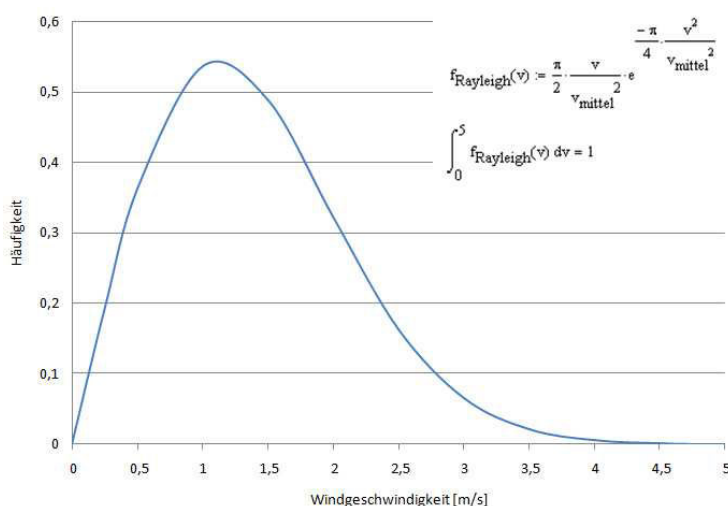


Abb. 104: Rayleigh Verteilung für den Standort Thaur

Abb. 105 zeigt die aus der Meteonorm Datenbank generierten Windgeschwindigkeiten für die Monate Januar, Juni und Oktober. Es ist ersichtlich, dass die Anlaufgeschwindigkeit von 3 m/s einer Nordex N100 nicht regelmäßig erreicht wird. Für die Nennleistung von 2,5 MW liegt die erforderliche Windgeschwindigkeit bei 12 m/s. Dieser Wert wird am Standort Thaur nur durch

einzelne Windspitzen erreicht. Der Anlagenausnutzungsgrad liegt dementsprechend unter einem Prozent.

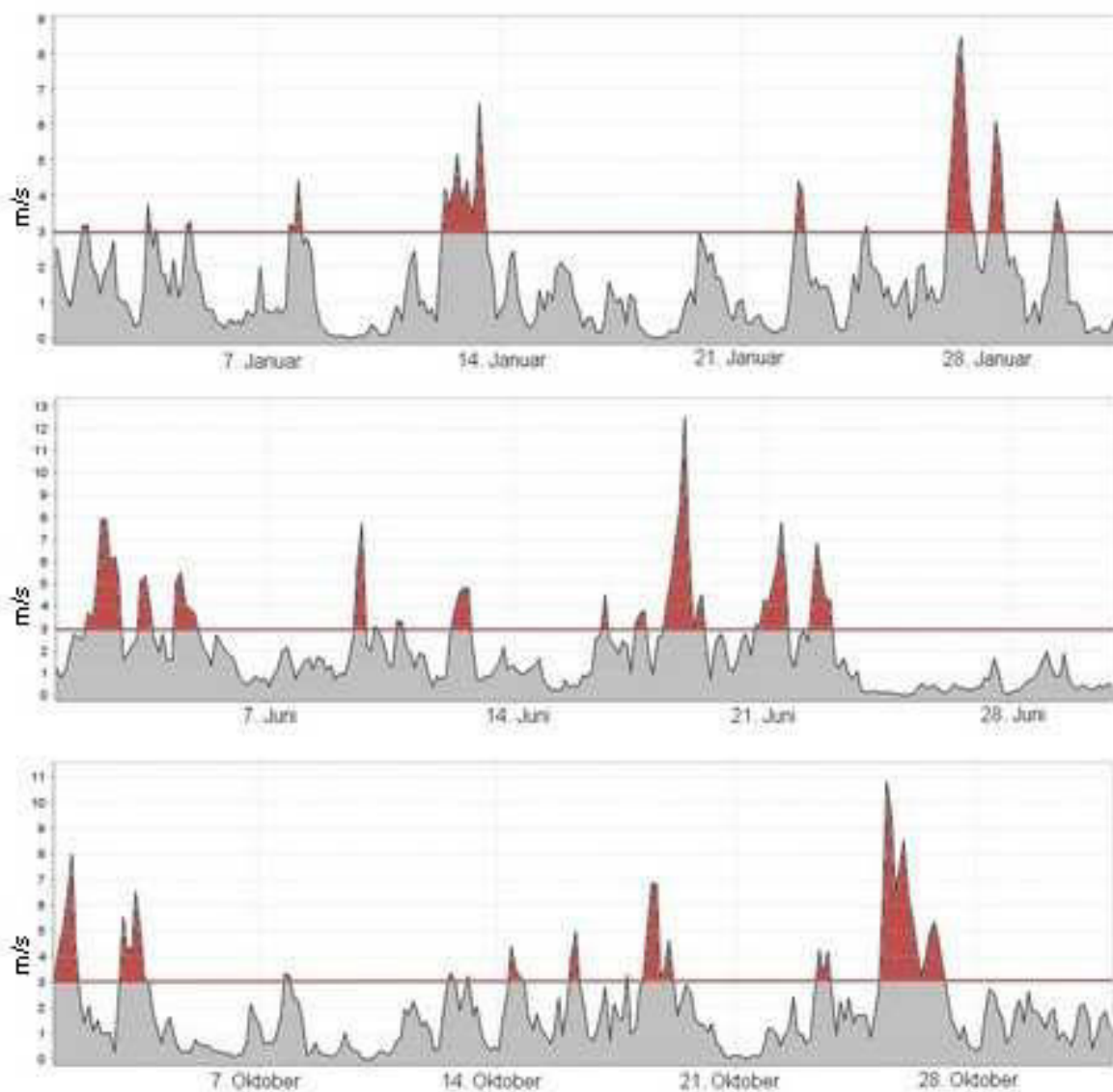


Abb. 105: Windgeschwindigkeiten am Standort Thaur

Wie aus Abb. 106 hervorgeht, ist das Betreiben von Windkraftanlagen in Thaur nicht zielführend. Aufgrund der geringen mittleren Windgeschwindigkeit von 1,4 m/s können bei keiner der drei untersuchten Anlagen vernünftige Energieerträge bzw. Ausnutzungsgrade erreicht werden. Auch der Einsatz einer Leichtwindanlage führt nur zu einer Anlagenausnutzung im niedrigen einstelligen Bereich. Bei den herkömmlichen Windenergieanlagen mit 330 sowie

2500 kW Nennleistung sinkt die Ausnutzung sogar unter einen Wert von eins. Aus technischer Sicht ist der Betrieb von Windkraftanlagen am Standort Thaur somit nicht sinnvoll.

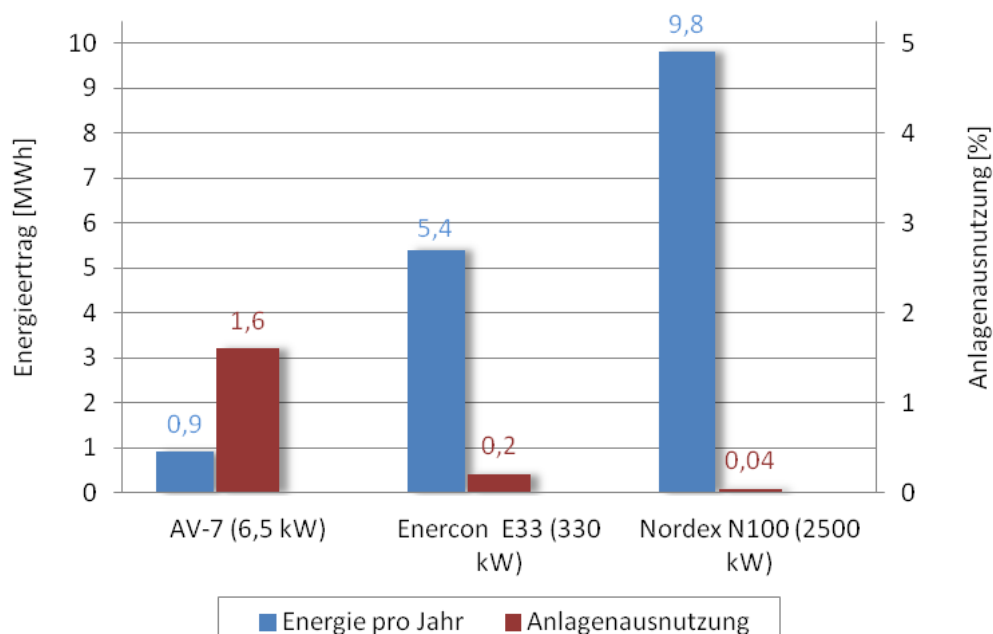


Abb. 106: Windkraftanlagen Standort Thaur

3.4.2.5 Windkraft am Standort Pulkautal

Für den Standort Pulkautal liegen keine direkten Windmessdaten vor. Aus den umliegenden Messstationen in Retz, Hollabrunn und Laa an der Thaya können müssen Annahmen über die mittlere Windgeschwindigkeit im Pulkautal getroffen werden. Abb. 107 zeigt die geografische Anordnung der verschiedenen Stationen.

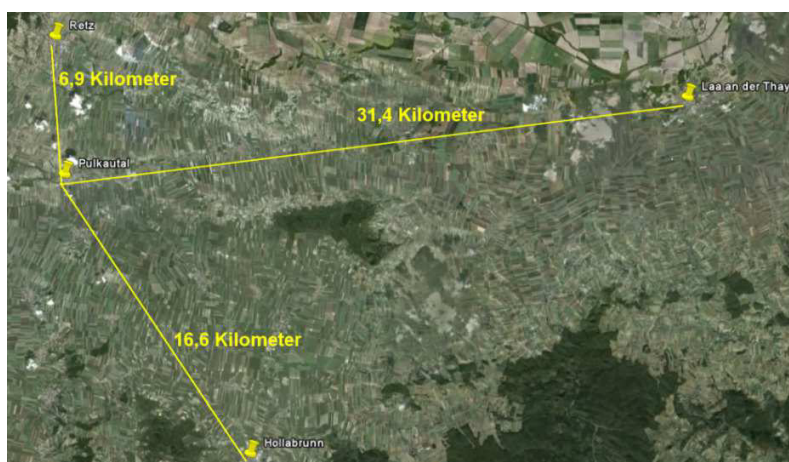


Abb. 107: Windmessstationen - Pulkautal – Umgebung, Luftbild Google

Die Windgeschwindigkeiten der verschiedenen Messstationen wird in Abb. 108 dargestellt. Im direkten Vergleich zum Standort Thaur ist die mittlere Geschwindigkeit mit 2,3 m/s deutlich höher. Dennoch liegt sie nur geringfügig über der Anlaufgeschwindigkeit von modernen Windkraftanlagen. Es kann deshalb nicht davon ausgegangen werden, dass Windenergieanlagen mit vernünftigen Auslastungsgraden und Stromgestehungskosten betrieben werden können.

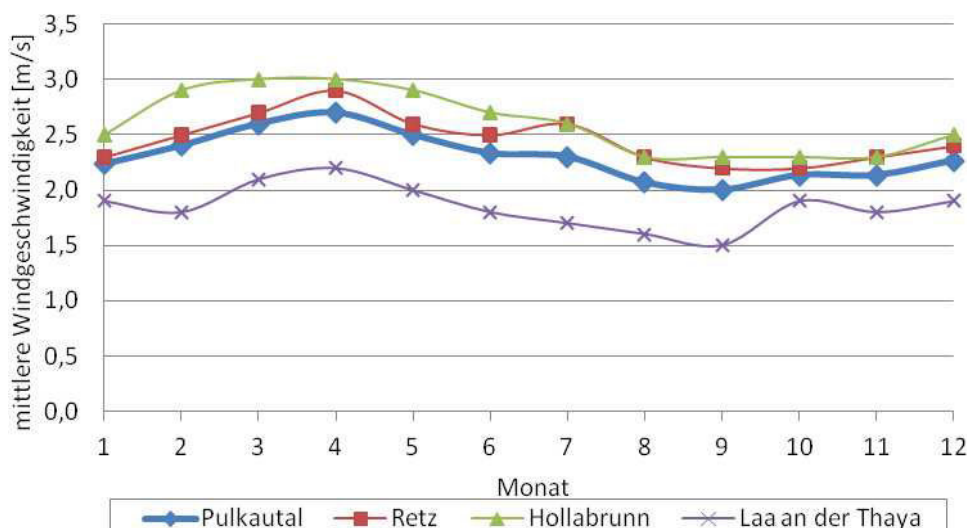


Abb. 108: mittlere Windgeschwindigkeit Pulkautal – Umgebung [ZAMG 2010]

Wie die Rayleigh Verteilung in Abb. 109 für den Modellfall Pulkautal zeigt, ist der Anteil an windkrafttechnisch relevanten Geschwindigkeiten deutlich höher als in Thaur. Dennoch wird durch die Windverteilung ersichtlich, dass ungefähr die Hälfte der Zeit Geschwindigkeiten vorherrschen, die nicht für eine energetische Nutzung der Windkraft verwendet werden können.

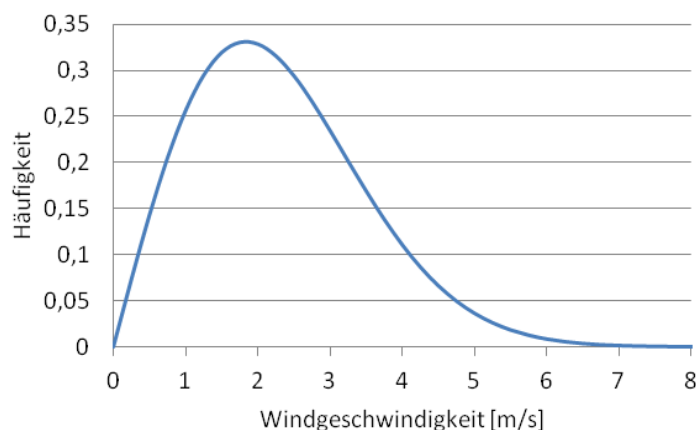


Abb. 109: Rayleigh Verteilung Pulkautal

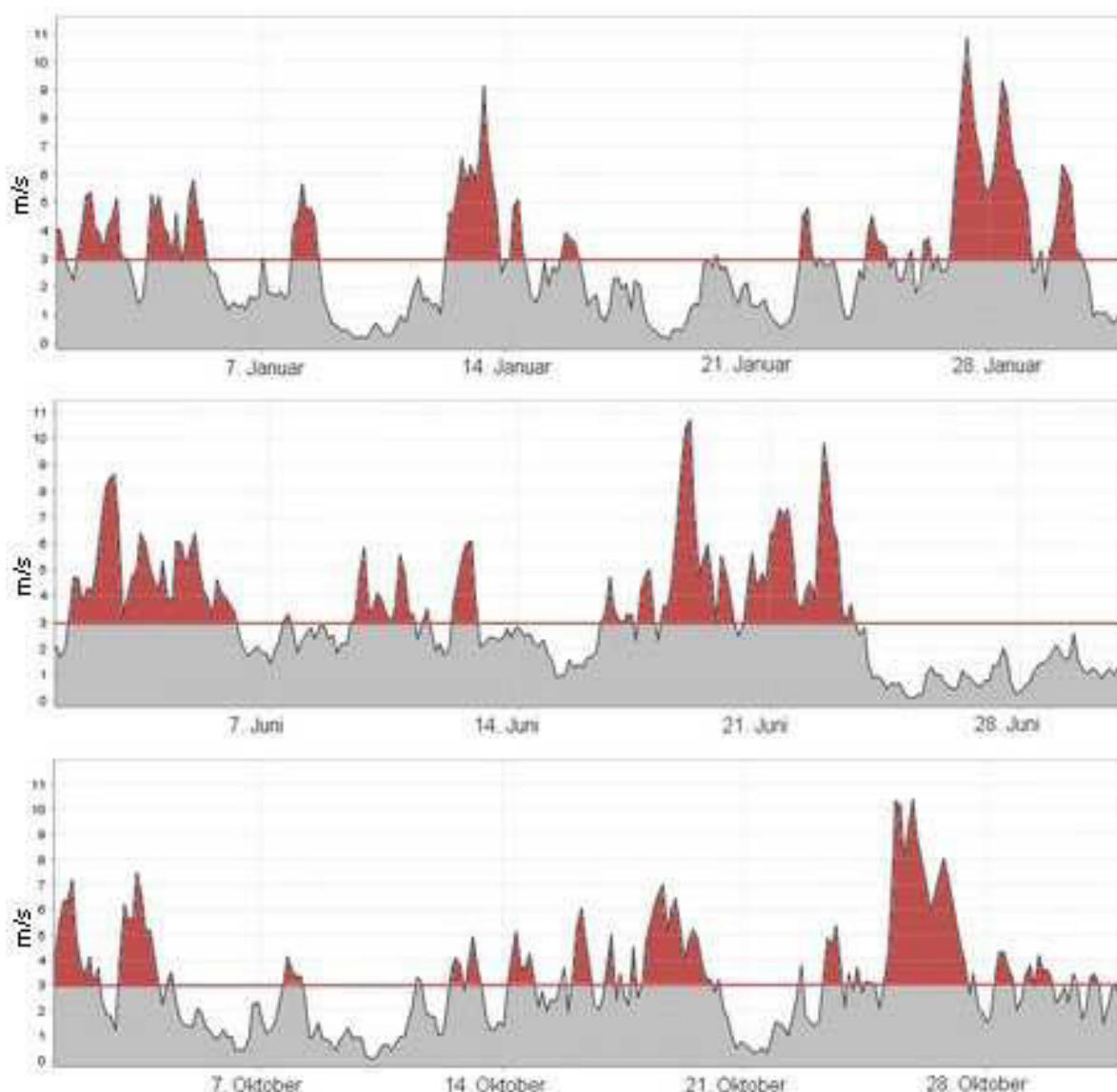


Abb. 110: Windgeschwindigkeiten am Standort Pulkatal

Abb. 110 zeigt die von Meteonorm gelieferten Windgeschwindigkeiten am Standort Pulkatal für drei Monate im Jahr. Es ist zu erkennen, dass die Windkraft relevanten Geschwindigkeiten häufiger auftreten als in Thaur. Für einen technisch sinnvollen Betrieb sind die Windgeschwindigkeiten jedoch zu gering. Die Nennleistung der Windturbine wird nur durch vereinzelte Windspitzen erreicht.

Bei einer Verwendung derselben Windkraftanlagen wie am Standort Thaur können, wie aus Abb. 111 hervorgeht, zwar deutlich höhere Strommengen produziert werden, eine zufriedenstellende Auslastung wird jedoch nicht erreicht.

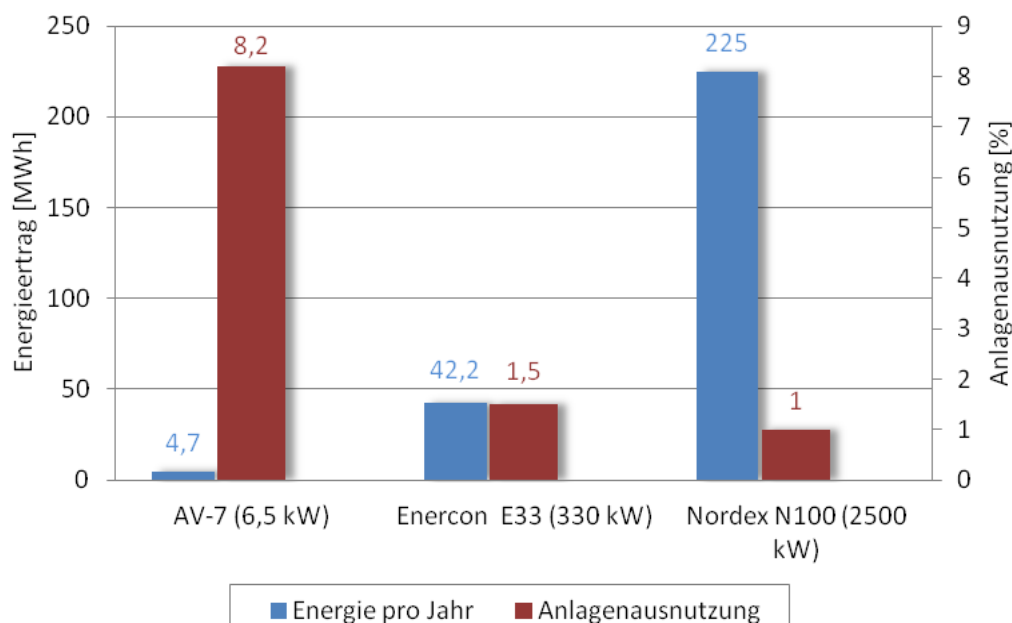


Abb. 111: Windkraftanlagen Standort Pulkatal

Speziell bei der Nordex N100 wurde die produzierte Strommenge im Vergleich zu einem Betrieb am Standort Thaur um mehr als das 20fache gesteigert. Das kann damit erklärt werden, dass die im Wind enthaltene Energie mit steigender Geschwindigkeit sehr stark zunimmt. Dennoch können auch im Pulkatal nur Auslastungsgrade im unteren einstelligen Prozentbereich erreicht werden. Für einen wirtschaftlich sinnvollen Betrieb der Windkraftanlagen, mit zufriedenstellenden Auslastungsgraden und vertretbaren Stromgestehungskosten, ist die vorherrschende mittlere Windgeschwindigkeit somit zu gering.

3.4.2.6 Windkraft am Standort Donauzentrum

Für den Modellfall Donauzentrum wird ein Mittelwert aus den Winddaten der Messstationen „Wien Innere Stadt“, „Hohe Warte“ und „Groß-Enzersdorf“ gebildet. Abb. 112 zeigt die geografische Lage der einzelnen Stationen.



Abb. 112: Windmessstationen - Wien Donauzentrum – Umgebung, Luftbild Google

Die Windgeschwindigkeiten der verschiedenen Messstationen, sowie die gemittelten Werte für das Donauzentrum sind in Abb. 113 dargestellt. Als mittlere Geschwindigkeit für den Standort Donauzentrum ergibt die Berechnung einen Wert von 3,5 m/s.

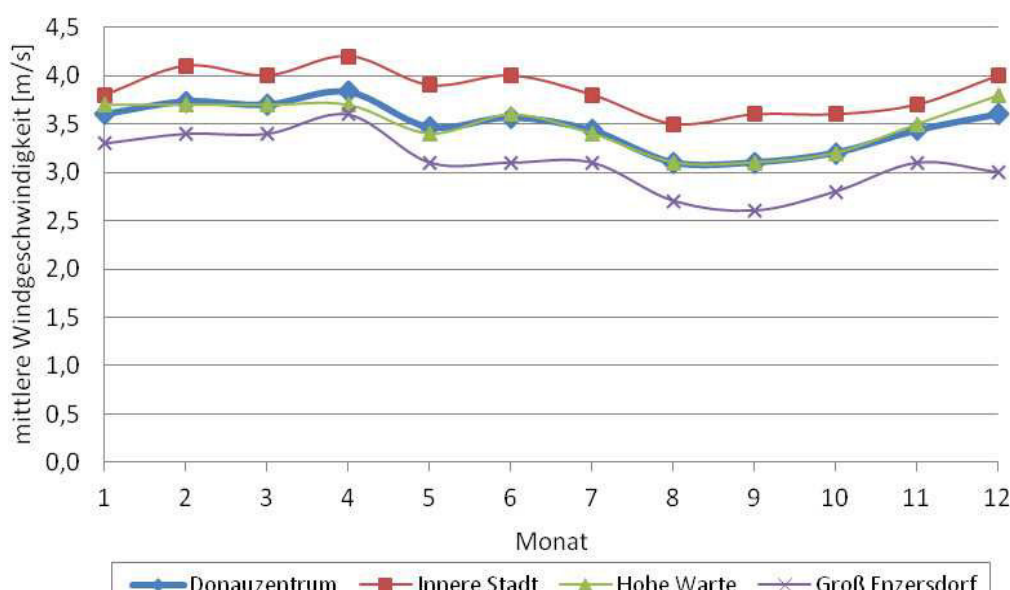


Abb. 113: mittlere Windgeschwindigkeit Wien Donauzentrum – Umgebung [ZAMG 2010]

Die Rayleigh Verteilung in Abb. 114 ist aufgrund der mittleren Windgeschwindigkeit von 3,5 m/s sehr ähnlich zum Standort Wiener Neustadt ($v_{\text{mittel}} = 3,4 \text{ m/s}$). Für die Windkraft interessante Geschwindigkeiten über 2 - 3 m/s treten somit auch im Donauzentrum deutlich häufiger auf als in Thaur oder im Pulkatal. In Summe herrscht ca. zu 80% eine für die Enercon E33 relevante Geschwindigkeit von über 2 m/s. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Windgeschwindigkeit über 3 m/s liegt und somit die Einschaltgeschwindigkeit der Nordex N100 erreicht, beträgt gemäß der Rayleigh Verteilung ungefähr 56 %. Das bedeutet wiederum, dass fast die Hälfte der Zeit die Einschaltgeschwindigkeit nicht erreicht wird und sich die Windkraftanlage in Stillstand befindet.

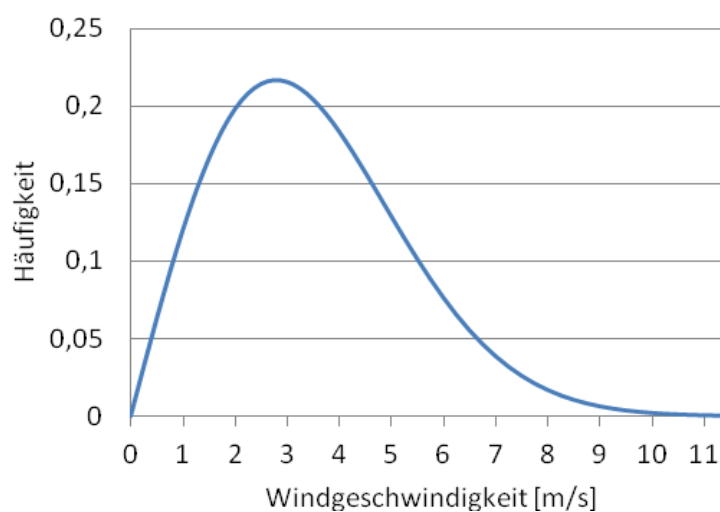


Abb. 114: Rayleigh Verteilung Wien Donauzentrum

Gemäß Abb. 115 wird die Einschaltgeschwindigkeit der N100 von 3 m/s nur ca. in der Hälfte der Zeit erreicht. In den verbleibenden Tagen steht die Anlage still. Dadurch kann die Anlagenausnutzung von 5,9% erklärt werden. Darüberhinaus kann die Windkraftanlage auch trotz der höchsten mittleren Windgeschwindigkeit nur bei einzelnen Windspitzen im Bereich der Nennleistung betrieben werden.

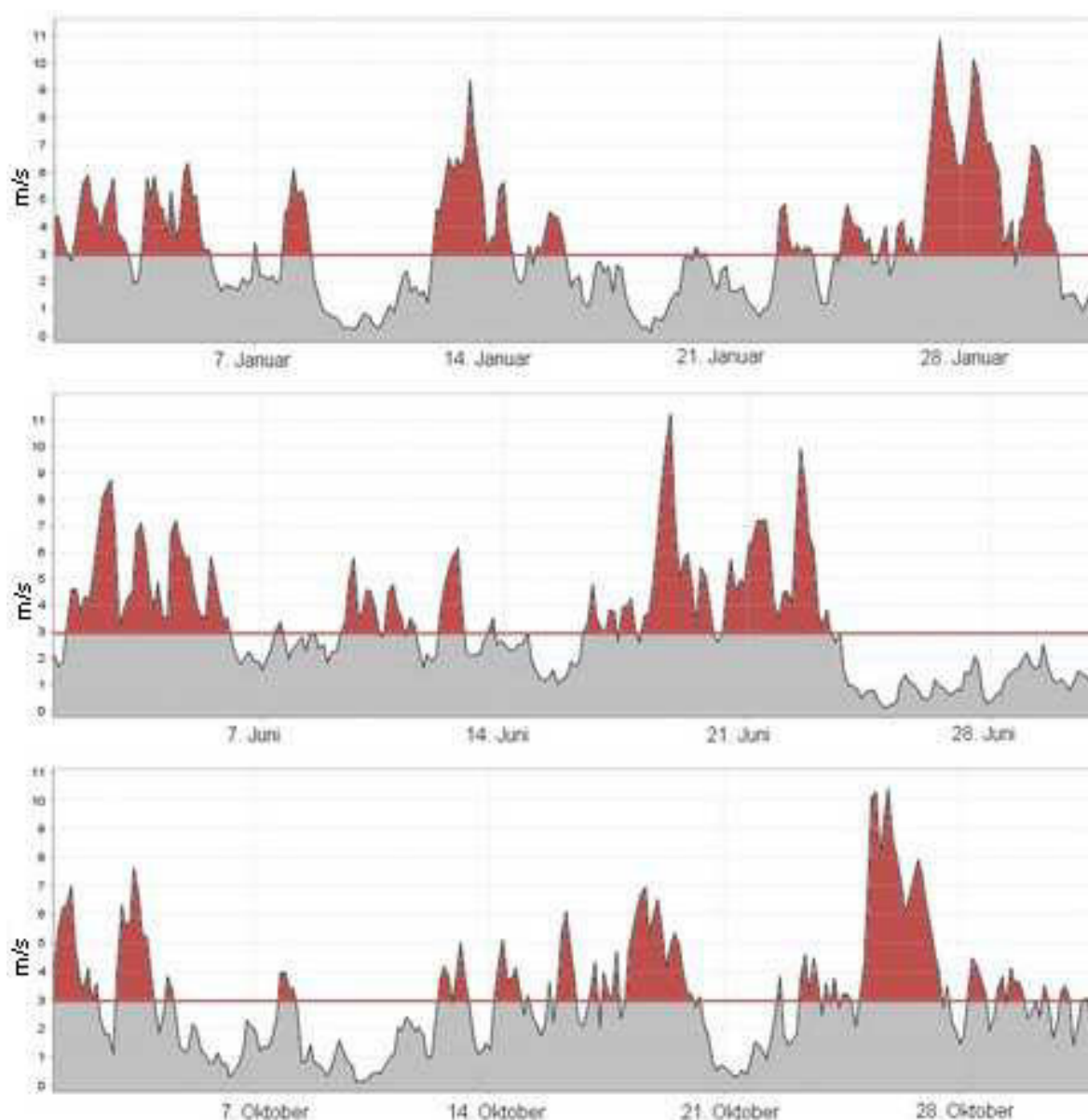


Abb. 115: Windgeschwindigkeiten am Standort Wien Donauzentrum

Abb. 116 zeigt die jährliche Energiemenge sowie den Ausnutzungsgrad der drei verschiedenen Windkraftanlagen für den Standort Wien Donauzentrum. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt dabei mit 3,5 m/s am höchsten von allen betrachteten Einsatzorten. Obwohl bei der Nordex N100 nur eine Auslastung von 5,9% erreicht werden kann, beträgt die jährliche Energieausbeute 1282900 kWh. Das entspricht ungefähr dem jährlichen Verbrauch (5000 kWh) von 250 Haushalten.

Aus technischer Sicht würde das Betreiben einer Windenergieanlage im Donauzentrum somit wiederum Sinn ergeben. Aufgrund der zu geringen Auslastung muss jedoch die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt werden.

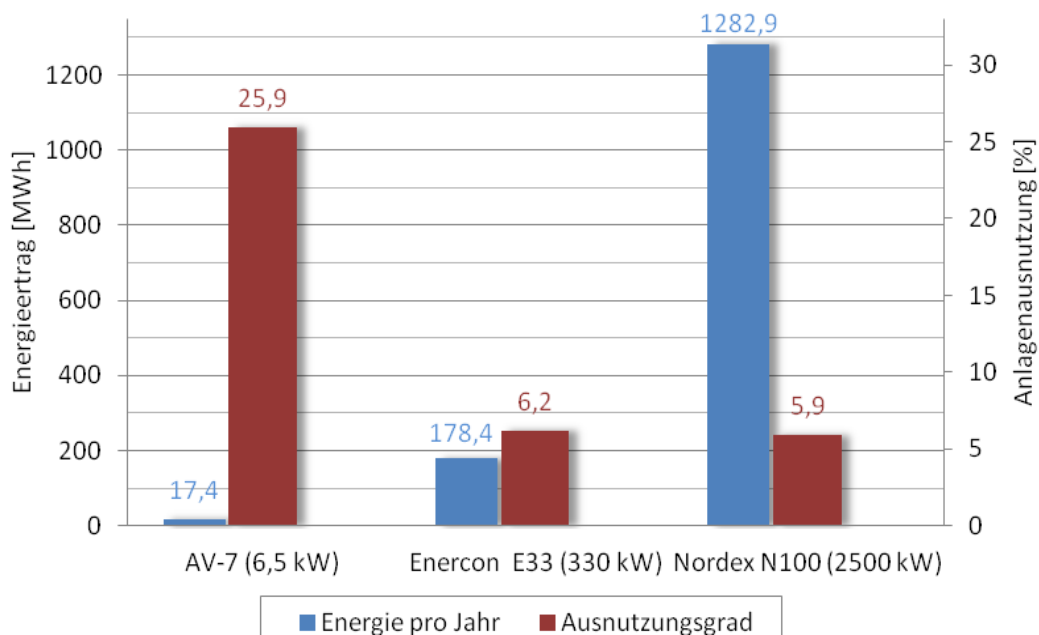


Abb. 116: Windkraftanlagen Standort Wien Donauzentrum

3.4.2.7 Windkraft – Standortvergleich

Abb. 117 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Standorte Thaur, Pulkautal, Wiener Neustadt und Donauzentrum. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Nutzung der Windkraft für ein autarkes Energiekonzept nur für die Modellfälle Wiener Neustadt und das Donauzentrum infrage kommt. Bei den anderen beiden Fällen ist die Energieausbeute zu gering und eine

Wirtschaftlichkeit kann auch durch massive Förderungen aus öffentlicher Hand nicht erreicht werden.

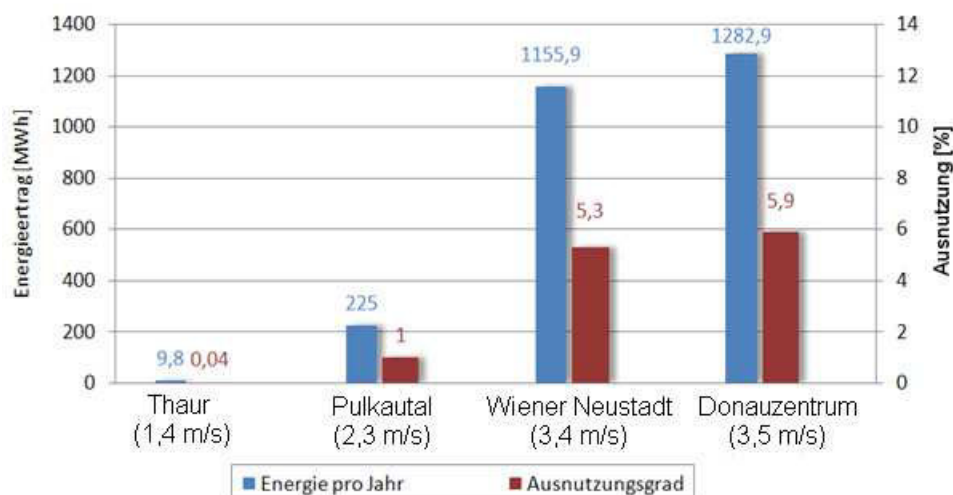


Abb. 117: Standortvergleich für Nordex N100

Darüberhinaus müssen Aspekte wie beispielsweise Integration in das Landschaftsbild oder verfügbare Nutzfläche für den Einsatz von Windkraftanlagen herangezogen werden. Aufgrund von Geräuschentwicklung und sonstigen Einflüssen müssen gesetzlich festgeschriebene Mindestabstände von Windturbinen zur bewohnten Gebieten eingehalten werden.

Durch die hohe Bebauungsdichte sowie den geringen freien Flächen scheidet die Windkraft als regenerativer Energieträger für den Modellfall Donauzentrum aus. In Thaur / Rum muss von einer ähnlichen Problematik ausgegangen werden.

Für die Modellfälle Wiener Neustadt und Pulkatal erscheint eine Integration von Windkraftanlagen in das Landschaftsgefüge unter Berücksichtigung der gesetzlichen Auflagen als möglich.

3.4.2.8 Ökonomische Betrachtungen

Die Gesamtkosten von Windkraftanlagen sind in den letzten Jahren gesunken. Die durchschnittlichen Investitionskosten einer Windenergieanlage liegen derzeit bei ca. 800 – 900 € pro installiertem kW. Hinzu kommen Zusatzkosten für Fundament, Netzanbindung, Installation, Grundstückskosten und Planung. Diese Investitionsnebenkosten betragen im Mittel ca. 30% des

Kaufpreises. Bei kleinen Anlagen können sie jedoch auch deutlich höher ausfallen. Zu den Investitionskosten kommen jährliche Betriebskosten A_i von 40.000 € bis 50.000 €.

Moderne Windkraftanlagen sind für eine Lebensdauer von 120.000 Betriebsstunden in 20 Jahren ausgelegt. Die tatsächliche Lebensdauer der Anlage hängt jedoch sowohl von der Qualität als auch von den lokalen klimatischen Verhältnissen ab, beispielsweise von der Stärke der Turbulenzen an einem Standort.

Die Kosten einer Windkraftanlage mit Kapitalverzinsen können wie folgt berechnet werden [Quaschnig 2008]:

$$k_0 = A_0 + A_i * \frac{q^n - 1}{(q - 1) * q^n}$$

$$k_E = \frac{k_0 * a}{E_a}$$

k_0	Kapital zum Zeitpunkt null
A_0	Investitionskosten
A_i	jährliche Betriebskosten
q	$q = 1 + p$, p ... Zinssatz
n	Nutzungsdauer
k_E	Energiegestehungskosten
a	Annuitätsfaktor
E_a	jährlich bereitgestellte Energiemenge

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird im Folgenden bei den einzelnen Standorten für die Nordex N100 durchgeführt. Die getroffenen Annahmen sind dabei Investitionskosten A_0 von 2.000.000 €, jährliche Betriebskosten A_i von 40.000 €, eine Nutzungsdauer von 20 Jahren sowie ein Zinssatz von 5%.

Kosten der Windkraft am Standort Wiener Neustadt

Investitionskosten [€]	2.000.000
jährliche Betriebskosten [€]	40.000
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	20

Annuitätsfaktor	0,0802
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.4984.88
jährlicher Energieertrag [MWh]	1.155,9
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,173

Tabelle 47: Wirtschaftlichkeitsberechnung Nordex N100 am Standort Wiener Neustadt

Kosten der Windkraft am Standort Thaur / Rum

Investitionskosten [€]	2.000.000
jährliche Betriebskosten [€]	40.000
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	20
Annuitätsfaktor	0,0802
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.498.488
jährlicher Energieertrag [MWh]	9,8
Energiegestehungskosten [€/kWh]	20,45

Tabelle 48: Wirtschaftlichkeitsberechnung Nordex N100 am Standort Thaur / Rum

Kosten der Windkraft am Standort Pulkautal

Investitionskosten [€]	2.000.000
jährliche Betriebskosten [€]	40.000
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	20
Annuitätsfaktor	0,0802
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.498.488
jährlicher Energieertrag [MWh]	225
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,89

Tabelle 49: Wirtschaftlichkeitsberechnung Nordex N100 am Standort Pulkautal

Kosten der Windkraft am Standort Wiener Neustadt

Investitionskosten [€]	2.000.000
jährliche Betriebskosten [€]	40.000
Zinssatz	0,05
Nutzungsdauer in Jahren	20

Annuitätsfaktor	0,0802
Kapital zum Zeitpunkt null [€]	2.498.488
jährlicher Energieertrag [MWh]	1.282,9
Energiegestehungskosten [€/kWh]	0,156

Tabelle 50: Wirtschaftlichkeitsberechnung Nordex N100 am Standort Donauzentrum

3.4.3 Potenzialanalyse Geothermie

Aufgrund von radioaktiven Zerfallsprozessen herrschen im Inneren der Erde Temperaturen von über 4500°C. Ca. 99% der gesamten Erdmasse besitzt eine Temperatur von mehr als 1000°C. Diese Regionen entziehen sich jedoch weitgehend der technischen Nutzbarkeit des Menschen. Die durchschnittliche Wärmezunahme mit steigendem Eindringen in das Erdreich beträgt 1°C pro 33 Meter. Um eine Temperaturdifferenz von 100°C zu erreichen, sind im Durchschnitt somit Bohrtiefen von ca. 3300 Meter erforderlich. In bestimmten Regionen treten jedoch starke Anomalien diesbezüglich auf, wodurch bereits in wenigen hundert Metern Tiefe Temperaturen von über 100°C erreicht werden. Diese Anomalien sind hauptsächlich in Gebieten zu finden, in denen Kontinentalplatten zusammenstoßen. [Quaschning 2008]

Österreich zählt dementsprechend nicht zu den Regionen, die günstige Bedingungen für Tiefengeothermie aufweisen.

Abb. 118 zeigt eine Übersicht der technischen Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie. Grundsätzlich wird zwischen der tiefen Geothermie mit einem Temperaturbereich von 20 – 200°C und oberflächennahen Geothermie (ca. 8 – 25°C) unterschieden.



Abb. 118: Geothermie – Übersicht [BaWü 2005]

Tiefenwärme kann beispielsweise mittels eines geothermischen Heizwerks genutzt werden. Abb. 119 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Heizwerks. Die Erdwärme wird dabei mittels Wärmetauscher auf den Heizkreislauf des Wärmenetzes übertragen. Tiefenbohrungen sind jedoch mit großen Kosten verbunden. Zusätzlich sind Heißwasser Aquifere geologisch relativ selten. Für den Einsatz zur autarken Energieversorgung in den Modellregionen Thaur, Pulkatal, Wiener Neustadt und Wien Donauzentrum ist diese Art der Wärmeengewinnung deshalb nicht relevant.

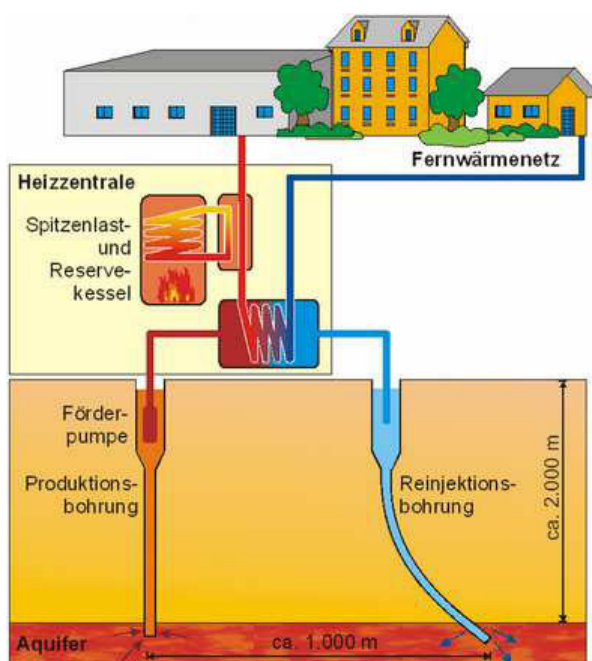


Abb. 119: Prinzip eines geothermischen Heizwerks [Quaschnig 2008]

3.4.3.1 Wärmepumpen

Wärmepumpen sind Maschinen, die durch Zuführen von Energie Wärme auf ein höheres Temperaturniveau heben können. Am häufigsten werden dazu Kompressionswärmepumpen eingesetzt. Das Funktionsprinzip dieses Prozesses gleicht jenem eines Kühlschranks, wobei dieser als Kältemaschine betrieben wird. Kompressionswärmepumpen dienen hingegen der Erzeugung von Niedertemperaturwärme. Als Wärmequellen können Erdsonden, Grundwasserbrunnen oder Umgebungsluft eingesetzt werden.

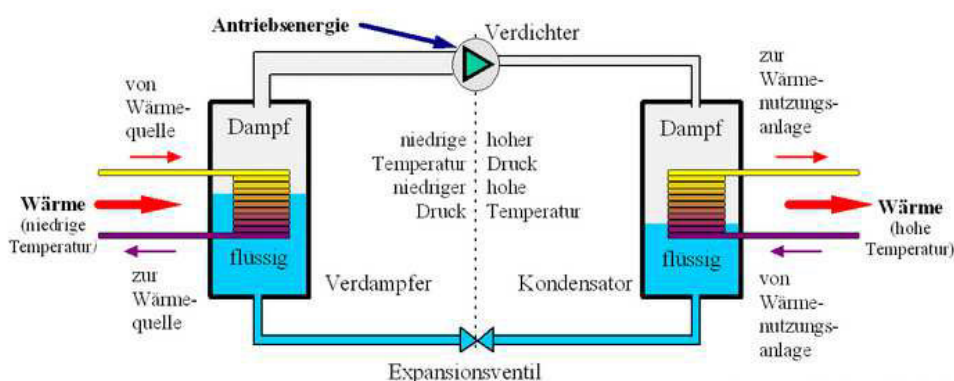


Abb. 120: Funktionsprinzip einer Kompressionswärmepumpe [Quaschnig 2008]

Herkömmliche Wärmepumpen für den häuslichen Gebrauch liegen üblicherweise in einem Leistungsbereich von 2 kW für kleine Brauchwasserwärmepumpen und 50 kW in kleinen Gewerbegebäuden. Die gängigen Warmwassertemperaturen liegen dabei in einem Bereich von maximal 55 bis 60°C. Industriewärmepumpen mit Leistungen von 20 bis 5000 kW erreichen prozesstypische Arbeitstemperaturen von 65 bis 75°C. [Klein 2009]

Das Prinzip von Erdwärmesonden für den häuslichen Gebrauch ist in der Abb. 121 dargestellt. Das System wird dabei in einen Primär- und Sekundärkreislauf unterteilt. Als Kältemittel werden bei Kompressions-Wärmepumpen häufig FKW eingesetzt. Im Gegensatz zu den mittlerweile verbotenen FCKW führen sie zu keiner Schädigung der Ozonschicht, weisen jedoch ein hohes Treibhauspotential auf [Quaschnig 2008].

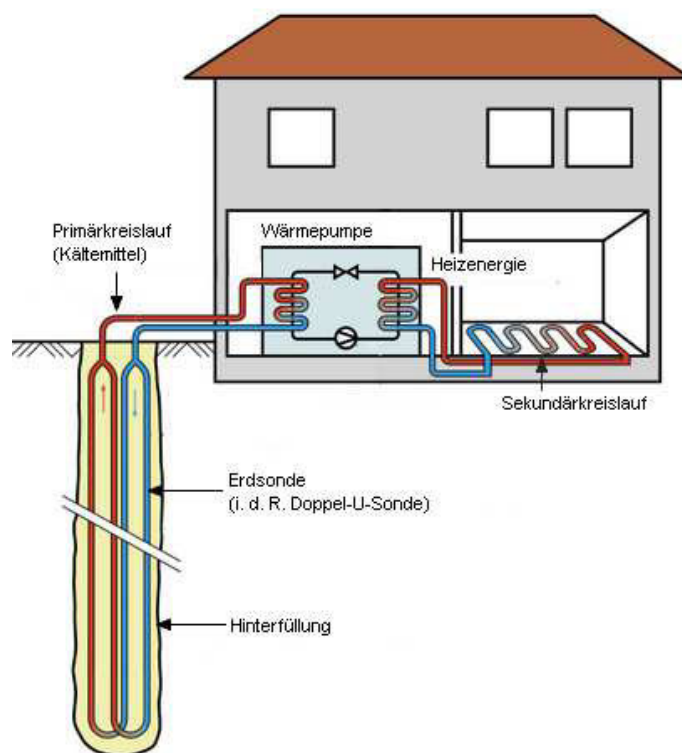


Abb. 121: Funktionsweise von Erdwärmesonden [BaWü 2005]

Als Wärmequelle für den Einsatz in einem Heißwasserwärmenetz eignen sich herkömmliche Wärmepumpen aufgrund der zu geringen Vorlauftemperaturen somit nicht. Temperaturen über diesem Niveau können durch Hochtemperaturwärmepumpen erreicht werden. Bereits erwähnte Wärmequellen, wie Erdsonden oder Grundwasserbrunnen, welche für herkömmliche Wärmepumpen ausreichend sind, sind für Hochtemperaturwärmepumpen in der Regel jedoch ungenügend. Damit muss festgesellt werden, dass das Potential für Hochtemperaturgewinnung aus Umweltenergie gering ist. Als Wärmequellen für Hochtemperaturwärmepumpen eignen sich Abwärmeströme aus industriellen Prozessen und mit Einschränkungen Abwässer aus Wohngebieten oder Kläranlagen. [Klein 2009]

Aufgrund zu geringer Vorlauftemperaturen herkömmlicher Wärmepumpen mit Erdsonden als Wärmequellen erscheint ein in Abb. 122 dargestelltes Geothermiefeld als nicht geeignet für die Versorgung der Modellregionen mit Heizwärme. Potentiale für Hochtemperaturwärmepumpen sind abhängig von zur Verfügung stehenden industriellen Wärmequellen und werden im Rahmen dieser Studie nicht miteinbezogen.

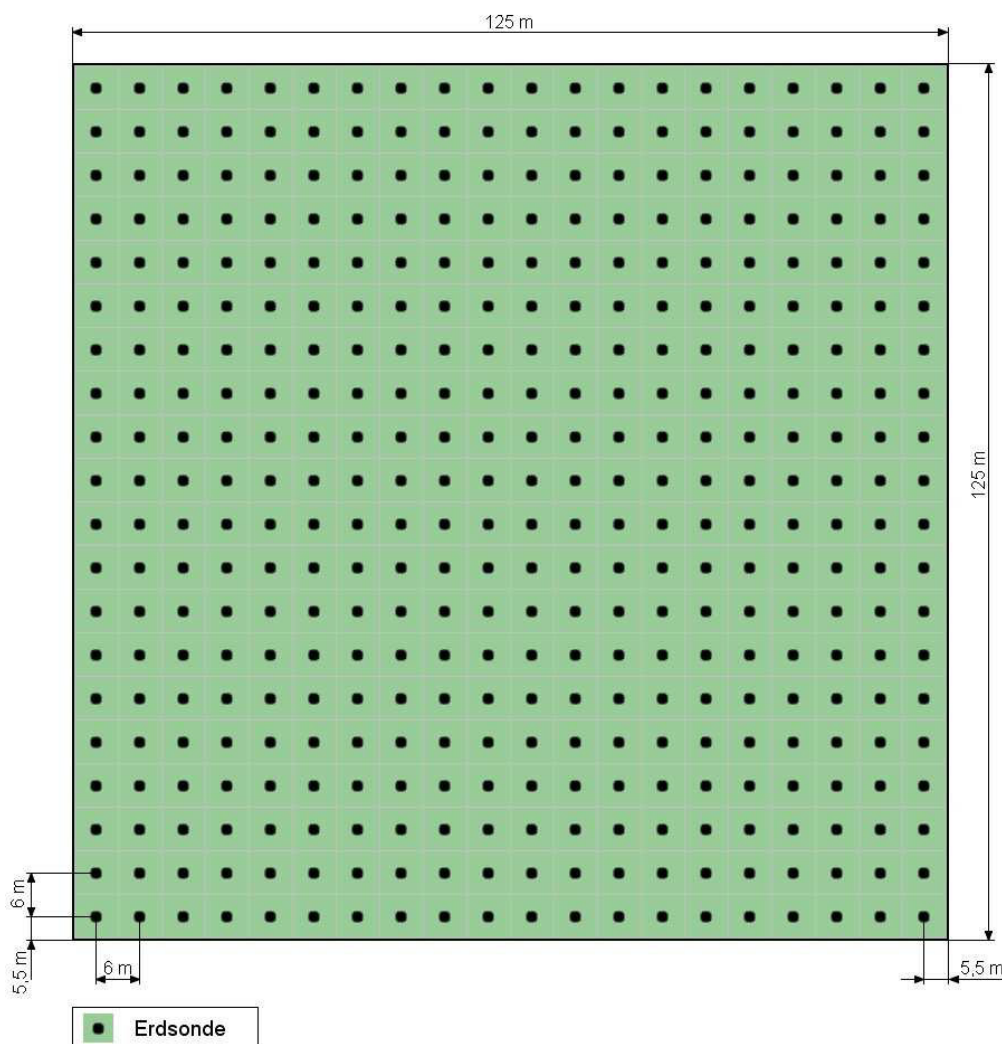


Abb. 122: Geothermiefeld

3.4.3.2 Eignung der Geothermie für den Einsatz im Wärme - Smart Grid

Aufgrund des erreichbaren Temperaturniveaus von herkömmlichen Wärmepumpensystemen mit Erdsonden als Wärmequelle ist oberflächennahe Geothermie nicht für den Einsatz in einem Heißwasserwärmenetz geeignet. Für Insellösungen ohne Wärmetransport in Fernwärmeleitungen sind Wärmepumpen jedoch geeignet bzw. sinnvoll.

Gegen den Einsatz in einem Wärme – Smart Grid spricht weiters die konstante Ganglinie der Wärmeerzeugung, wodurch mittels Wärmepumpen die Grundlast gedeckt werden könnte. Für die Deckung dieses Grundverbrauchs sind jedoch effizientere Methoden zu bevorzugen. Zusätzlich wird durch die Verwendung von Wärmepumpensystemen ein Stromverbrauch im Verhältnis von ca. 4:1 (Wärme zu Strom) hervorgerufen, wodurch der Bedarf an elektrischer Energie in den Modellregionen steigt.

3.4.4 Potenzialanalyse Solarthermie

Unter dem Begriff Solarthermie versteht man die thermische Nutzung der Sonnenenergie, also die Nutzung der Solarwärme. Die technischen Möglichkeiten zur Nutzung der Solarstrahlung sind vielfältig. So reicht das Anwendungsspektrum von der Bereitstellung von Wärme für Raumheizung, Warmwasserbereitung bis hin zur Stromerzeugung durch solarthermische Kraftwerke.

- Solare Brauchwassererwärmung
- Solare Niedertemperaturwärme für Raumheizung
- Solare Prozesswärme
- Solarthermische Stromerzeugung

Bei solarthermischen Systemen ist der Absorber im Regelfall Bestandteil eines Kollektors, der zusätzlich aus Komponenten wie Rahmen, Abdeckung und Isolierung besteht. Direkte und diffuse Strahlung werden an der Frontscheibe zum Teil reflektiert. Ein Teil wird von der Scheibe absorbiert, der größte Teil jedoch durchgelassen. Als Absorber werden aufgrund der hohen auftretenden Temperaturen hauptsächlich Kupfer, Stahl oder Aluminium eingesetzt. Um eine möglichst hohe Absorption des Sonnenlichts zu erreichen, werden die Absorber selektiv beschichtet. Dadurch absorbieren sie das Sonnenlicht ähnlich gut wie schwarz gestrichene Platten.

Bei einem Kollektor wird die nutzbare Wärme durch ein Wärmeträgermedium, das den Kollektor durchströmt, abgeführt. Die Differenz zwischen der Energie des eintretenden und des austretenden Mediums ist der abgeführte Wärmestrom.

Bei der solarthermischen Energienutzung ist im Vergleich zur Photovoltaik sowohl die direkte als auch die diffuse Strahlung von Bedeutung. Die auf eine geneigte Fläche treffende Globalstrahlung $E_{G,gen}$ setzt sich neben der direkten $E_{dir,gen}$ und diffusen Solarstrahlung $E_{diff,gen}$ auch aus einem vom Boden reflektierten Anteil $E_{refl,gen}$ zusammen. Bei einer horizontalen Aufstellung tritt dieser Anteil nicht auf.

$$E_{G,gen} = E_{dir,gen} + E_{diff,gen} + E_{refl,gen}$$

Gl. 1

3.4.4.1 Solarkollektoren

Flachkollektor

Flachkollektoren sind die derzeit in Europa zur Brauchwassererwärmung am häufigsten verwendeten Kollektoren. Wie Abb. 123 zeigt, setzen sie sich grundsätzlich aus den drei Hauptbestandteilen Absorber, einer transparente Abdeckung sowie einem Kollektorgehäuse zusammen. Der Kollektortyp arbeitet bei einer durchschnittlichen Temperatur von 70 - 80°C, wobei das Licht nicht gebündelt, sondern direkt eine wärmeabsorbierende Fläche, welche gut wärmeleitend und mit Röhren durchzogen ist erwärmt wird. Als Wärmeträgermedium dient dabei zumeist ein Wasser-Frostschutzmittel Gemisch.

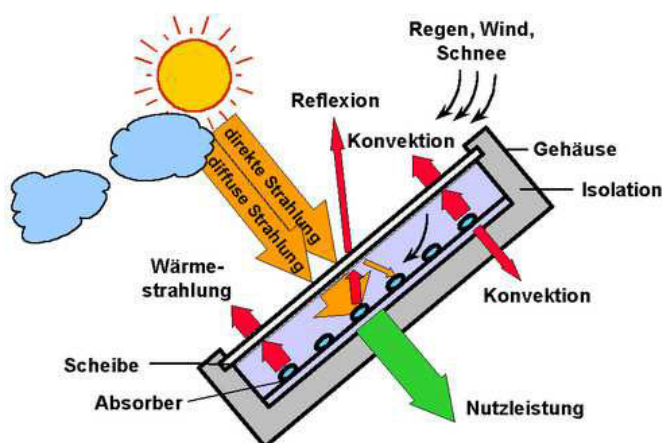


Abb. 123: Flachkollektor [Quaschnig 2008]

Eine Glasscheibe deckt den Kollektor in Richtung der Sonne ab. Dadurch werden Konvektionsverluste größtenteils verhindert. Nachteilig sind jedoch Reflexionsverluste an der Scheibe, da ein Teil des Sonnenlichts an der Scheibe reflektiert wird und somit nicht zum Absorber gelangen kann.

Vakuumröhrenkollektor

Das Prinzip von Vakuumröhrenkollektoren basiert darauf, dass sich Hochvakuum in vollständig abgeschlossenen Glasröhren besser herstellen und über einen längeren Zeitraum aufrecht

erhalten lässt, als bei einem Vakuum-Flachkollektor. In Abb. 124 wird das Prinzip von Vakuumröhrenkollektoren abgebildet.

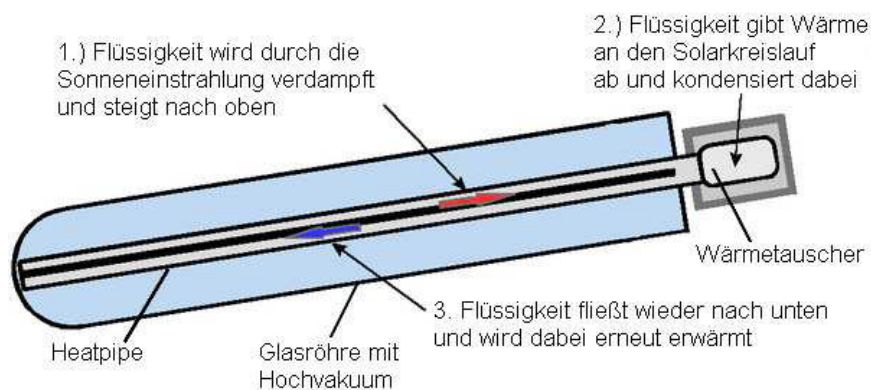


Abb. 124: Vakuumröhrenkollektor - Seitenansicht [Quaschnig 2008]

Die Kollektoren bestehen aus zwei ineinander gebauten Glasröhren, zwischen welchen sich ein Vakuum befindet. Die Übertragung der Strahlungsenergie des Lichts zum Absorber wird dabei zugelassen, der Wärmeverlust im Vergleich zum Flachkollektor jedoch stark reduziert. Im inneren Wärmerohr, der sogenannten Heatpipe, befindet sich eine temperaturempfindliche Flüssigkeit, beispielsweise Methanol. Dieses Medium wird durch die Sonneneinstrahlung erwärmt und schließlich verdunstet. Der Dampf steigt auf und erreicht den Kondensator am Ende der Heatpipe. Der Dampf kondensiert und die dabei entstehende Wärmeenergie wird mittels eines Wärmetauschers an eine vorbeifließende Wärmeträgerflüssigkeit abgegeben. Das flüssige Medium sinkt anschließend in der Heatpipe wieder nach unten. Um diesen Kreislauf zu gewährleisten, müssen Vakuumröhrenkollektoren mit einer gewissen Mindestneigung montiert werden.

Mit Vakuumröhrenkollektoren können Temperaturen über 100°C erreicht werden, weshalb sie beispielsweise auch im industriellen Bereich zur Herstellung von Prozesswärme Einsatz finden.

In Abb. 125 wird der Wirkungsgradverlauf für einen typischen Röhrenkollektor bei verschiedenen Bestrahlungsstärken dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich der Kollektorstillstandtemperatur ermittelt werden. Beim Stillstand kann dem Kollektor keine Nutzleistung mehr entnommen werden, der Wirkungsgrad beträgt dementsprechend Null.

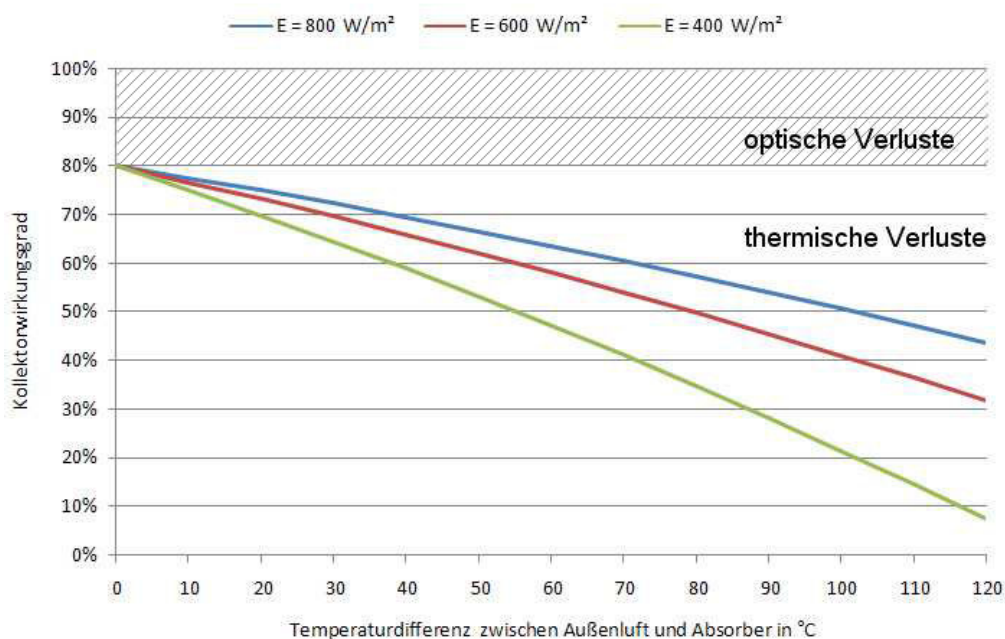


Abb. 125: Kollektorwirkungsgrad eines Röhrenkollektors bei verschiedenen Bestrahlungsstärken

Die tägliche Sonneneinstrahlung in W/m^2 hängt von mehreren Faktoren ab. Neben dem höchsten Sonnenstand und somit der Jahreszeit ist auch das Wetter von entscheidender Bedeutung. Abb. 126 zeigt den Tagesverlauf der Globalstrahlung in Mitteleuropäischen Regionen an einem wolkenlosen Sommer- und Wintertag, sowie einem bewölkten Wintertag.

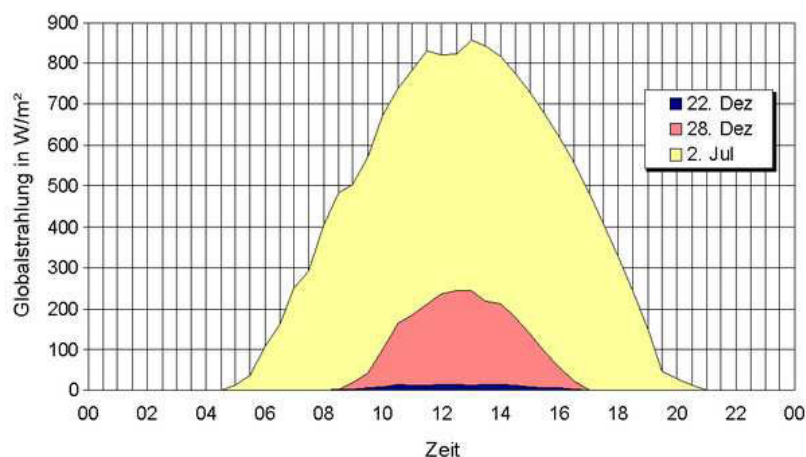


Abb. 126: Beispiel für die Bestrahlungsstärke in Mitteleuropa [Quaschnig 2008]

Abb. 127 zeigt die Werte der solaren Strahlung bei den verschiedenen untersuchten Standorten. Die Globalstrahlung setzt sich dabei aus der direkten Sonneneinstrahlung sowie der diffusen Strahlung zusammen. Es ist ersichtlich, dass an den Standorten hinsichtlich der jährlichen Energiemenge in $\text{kWh/m}^2\text{Jahr}$ vergleichbare Werte erreicht werden.

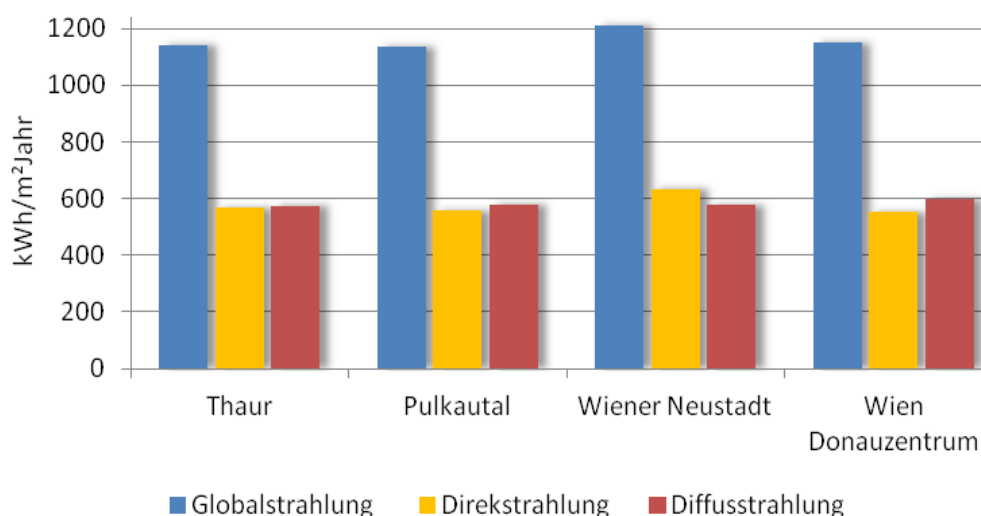


Abb. 127: Globalstrahlung bei den verschiedenen Standorten

Der maximale Globalstrahlungswert wird mit 1209 kWh/m²Jahr in Wiener Neustadt erreicht. Daraus kann gefolgert werden, dass an diesem Standort die höchste solarthermisch erzeugte Wärmemenge zur Verfügung steht. Die Standorte Thaur, Pulkatal und Wien Donauzentrum liefern bezüglich der jährlichen Globalstrahlung ähnliche Werte.

Wie in Gleichung 1 beschrieben, kann die Globalstrahlung auf eine geneigte Fläche durch die Anteile der direkten, diffusen und reflektierten Strahlung berechnet werden. Durch den Neigungswinkel der Solarkollektoren von 30° kann der Energieertrag im Jahresmittel um ca. 10% gesteigert werden. An trüben Tagen kann der Energieertrag bei geneigten Flächen aufgrund des hohen Anteils an diffuser Strahlung jedoch auch geringer ausfallen. Der Energieertrag wird hierbei um den hinter der geneigten Fläche liegenden Anteil reduziert.

Die real mittels Solarthermie erzeugbare Wärmemenge wird entscheidend durch das Wetter beeinflusst. Durch längere Schlechtwetterphasen oder Schneeablagerungen auf den Kollektoren wird die gelieferte Wärmeenergie verringert.

3.4.4.2 Solarthermie am Standort Wiener Neustadt

Abb. 128 zeigt die theoretisch erzielbare Wärmemenge pro Quadratmeter Kollektorfläche. Als Berechnungsgrundlage wurde eine Globalstrahlung von 1209 kWh/m²Jahr auf die horizontale

Fläche verwendet. Um eine Maximierung des Solarertrages zu erreichen, wurde mit einer Modulneigung von 30° kalkuliert. Um die Bodenreflexionen mit einzuberechnen wurde ein Albedo Wert von 0,2 verwendet. Die Abschattungsverluste wurden mit 10% angenommen. Der mittlere Kollektorwirkungsgrad wurde entsprechend Abb. 125 (Röhrenkollektor) mit 45% einkalkuliert.

Entsprechend dem Sonnenverlauf wird die maximal nutzbare Wärmemenge in den Sommermonaten Mai bis August erreicht. Aufgrund des geringeren Wärmebedarfs können in dieser Zeit Kollektorstillstände nicht ausgeschlossen werden. Die geringste entnehmbare Wärmeenergie steht im Dezember zur Verfügung.

Für ein Einfamilienhaus mit 20 m² Röhrenkollektorfläche stehen somit jährlich ca. 9.100 kWh Solarwärme für die Trinkwassererwärmung bzw. Heizungsunterstützung zur Verfügung.

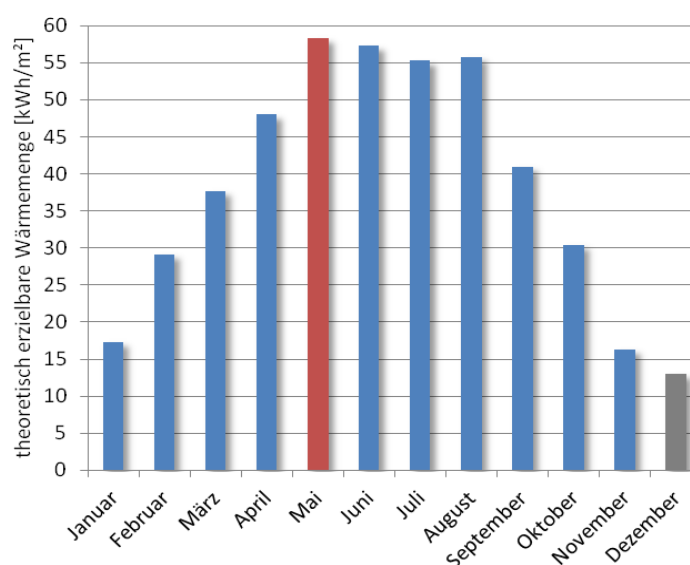


Abb. 128: Solarthermie - Wiener Neustadt

3.4.4.3 Solarthermie am Standort Thaur / Rum

Wie Abb. 129 zeigt, liegen die theoretisch durch Solarthermie erzielbaren Wärmemengen für den Modellfall Thaur / Rum unterhalb den Ergebnissen von Wiener Neustadt. Das kann analog zur Photovoltaik auf eine höhere Anzahl von trüben Tagen (Tagen mit einem Bewölkungsmittel > 80%) zurückgeführt werden.

Für den Fall eines Einfamilienhauses mit 20m² Kollektorfläche ergibt sich die über das Jahr generierte Wärmemenge von ca. 8.800 kWh.

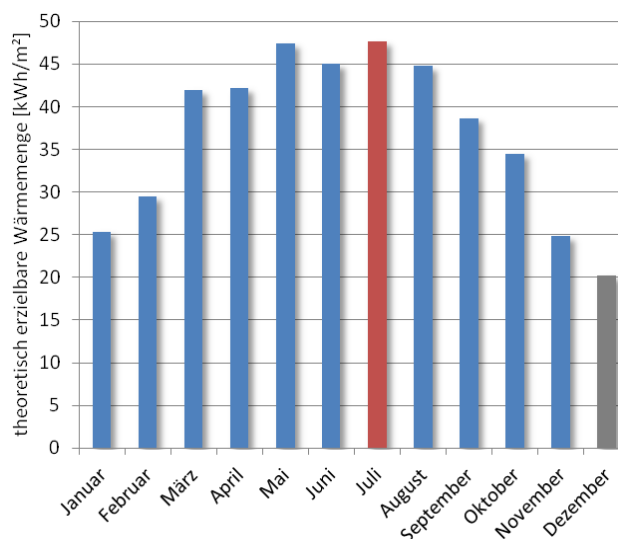


Abb. 129: Solarthermie Thaur / Rum

3.4.4.4 Solarthermie am Standort Pulkautal

Für den Modellfall Pulkautal errechnet sich unter den definierten Bedingungen und einer jährlichen Globalstrahlung von 1134 kWh/m² auf die Horizontale eine nutzbare Wärmemenge von ca. 426 kWh/m² im Jahr.

Im Fall eines Einfamilienhauses mit 20m² Solarfläche ergibt dies eine theoretisch nutzbare Wärmeenergie von ca. 8.500 kWh pro Jahr. Dieser Wert liegt ungefähr sechs Prozent unterhalb der in Wiener Neustadt mit derselben Kollektorfläche erzielbaren Wärmemenge.

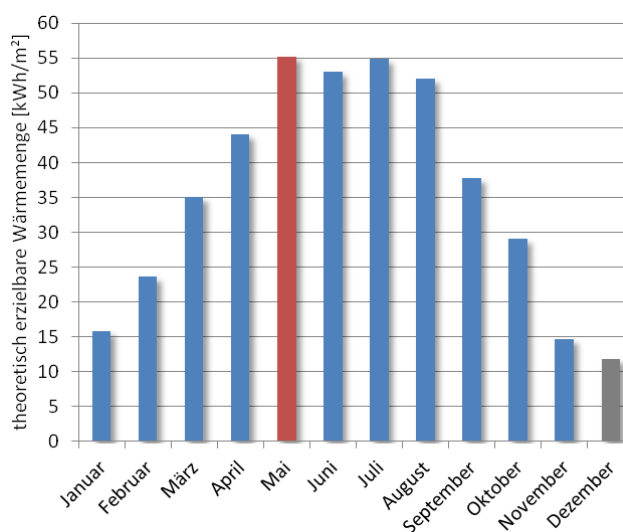


Abb. 130: Solarthermie Pulkautal

3.4.4.5 Solarthermie Standort Donauzentrum

Die jährlich im Modellfall Donauzentrum durch Solarthermie nutzbare Wärmemenge liegt bei ca. 431 kWh und verteilt sich wie in Abb. 131 dargestellt auf die einzelnen Monate.

Das bereits für die anderen Modellfälle angewendete Beispiel eines Einfamilienhauses mit 20m² Sonnenkollektorfläche liefert eine jährlich entnehmbare Wärmemenge von 8.600 kWh.

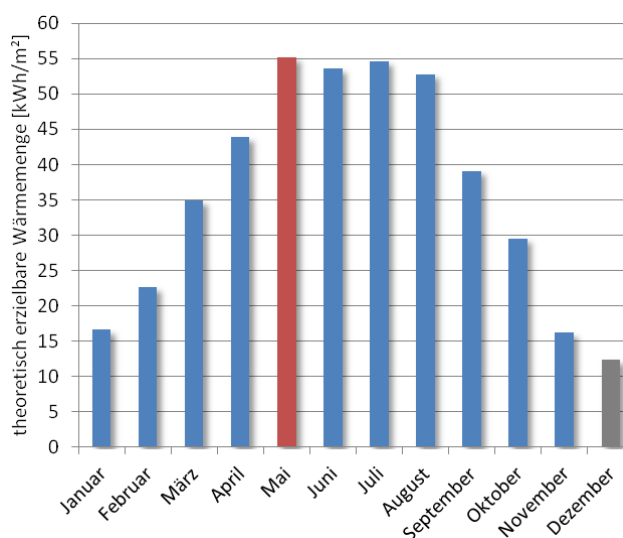


Abb. 131: Solarthermie Donauzentrum

3.4.5 Potenzialanalyse Biomasse

Der Begriff Biomasse bezeichnet die gesamte durch Pflanzen oder Tiere anfallende bzw. erzeugte Substanz. Beim Einsatz von Biomasse zur energetischen Nutzung (Strom, Wärme - und Treibstoffherzeugung) wird zwischen nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Energiepflanzen) und organischen Reststoffen unterschieden.

Als nachwachsende Rohstoffe werden beispielsweise schnell wachsende Baumarten und einjährige Energiepflanzen mit hohem Trockenmasse-Ertrag bezeichnet. Weiters werden zucker- und stärkehaltige Ackerfrüchte sowie Ölfrüchte den nachwachsenden Rohstoffen zugerechnet.

Organische Reststoffe fallen in der Land- und Forstwirtschaft, der Industrie sowie in den Haushalten an. Zu ihnen zählen beispielsweise Abfall- und Restholz, Stroh, Gras, Laub, Dung, Klärschlamm sowie organischer Hausmüll. [Umweltlexikon 2011]

Die Biomasse-Potenzialanalyse der verschiedenen Modellfälle ist stark geprägt von der verfügbaren Nutzfläche für Biomasse. Die verschiedenen betrachteten Modellfälle unterscheiden sich vor allem nach topografischen Gegebenheiten, Siedlungsstruktur und Kompaktheit und räumlicher Organisation der Raumfunktionen und Raumnutzungen. In der vorliegende technische Machbarkeitsstudie wurde nicht zwischen landwirtschaftlich genutzter bzw. Brachfläche differenziert.

Abb. 132 zeigt einen Vergleich zwischen der betrachteten Gesamtfläche (Gemeinde- bzw. Stadtgebiet) und der theoretisch für Biomasseanbau zur Verfügung stehenden Fläche. Als theoretisch verfügbare Nutzflächen wurden die gesamten Acker- und Waldflächen definiert. Eine Ausnahme bildet dabei die als Schutzwald definierte Fläche im Norden von Thaur / Rum sowie ein Teil der Waldfläche nordwestlich von Pulkau. Garten- bzw. Dachflächen wurden im Rahmen der Berechnungen nicht als theoretisch nutzbare Flächen für den Biomasseanbau deklariert.

Die Fragestellungen einer Konkurrenz zwischen dem landwirtschaftlichen Anbau von Lebensmitteln bzw. der Nutzung der Agrarflächen für den Anbau von Energiepflanzen zur Energiegewinnung wurden in dieser theoretischen Machbarkeitsstudie ausgeklammert.

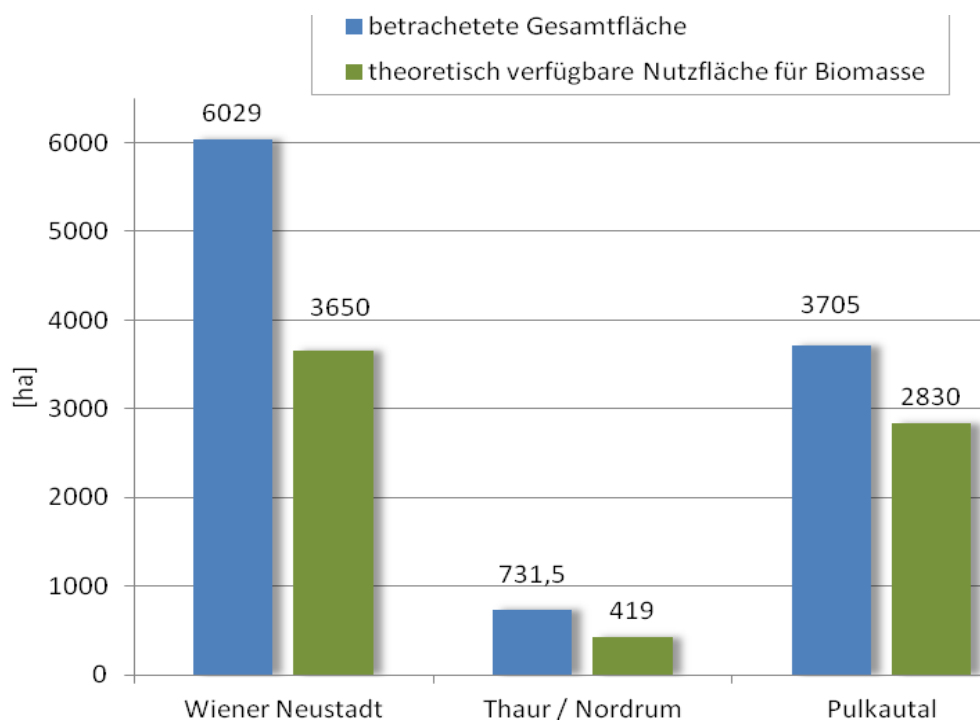


Abb. 132: Nutzfläche für Biomasse

Wie aus Abb. 133 hervorgeht, unterscheiden sich die verschiedenen Modellfälle in Bezug auf das Verhältnis von verbauter Fläche (Gebäude, Gärten, Verkehrswege...) zu theoretisch für den Biomasseanbau nutzbarer Fläche (Ackerland und Waldfläche). Der größte Anteil an nicht verbauter und somit für den Anbau von Biomasse zur Verfügung stehenden Fläche weist das Pulkautal auf. Das Donauzentrum wurde aufgrund seiner Bebauungsdichte und Struktur nicht anhand dieser Kriterien betrachtet.

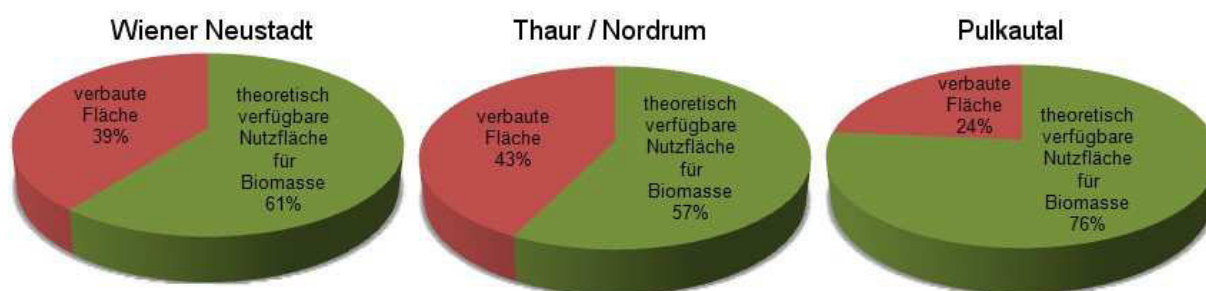


Abb. 133: theoretisch verfügbare Nutzfläche für Biomasse

Als entscheidender Faktor muss das Verhältnis zwischen der Einwohnerzahl und der theoretisch für den Anbau von Biomasse verfügbaren Raum betrachtet werden. Dahingehend unterscheiden sich die verschiedenen Modellfälle stark.

3.4.5.1 Raps – BHKW – Biogas – ORC- Kombianlage

Eine Möglichkeit, die Effizienz der Energieerzeugung zu steigern und gleichzeitig die Treibhausgas-Emission zu verringern, stellt die verstärkte Nutzung von der gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung durch KWK-Anlagen (Kraft Wärme Kopplung) dar. Die Koppelung von Strom und Wärmeerzeugung bietet zahlreiche Vorteile, beispielsweise einen verringerten Brennstoffbedarf sowie eine bessere Ausnutzung der eingesetzten Ressourcen.

Raps ist eine wirtschaftlich bedeutende Nutzpflanze und wird in Europa verstärkt zur Gewinnung von Rapsöl und dem Koppelprodukt Rapskuchen genutzt. Rapsöl zählt zu den Pflanzenölen und besteht aus Triacylglyceriden, in denen 3 Fettsäurereste gemeinsam über Esterbindungen an einen Glycerinrest gebunden sind. Die verschiedenen Pflanzenöle unterscheiden sich durch die Art sowie Anteile der Fettsäuren.

Rapsöl besteht zu 51-70% aus Ölsäure, 15-30% Linolsäure und 5-14% Linolensäure. Der Bedarf an Pflanzenölen nimmt weltweit stark zu. Die weltweite Rapsernte betrug beispielsweise im Wirtschaftsjahr 2008/09 über 54,1 Millionen Tonnen.

Rapsöl wird hauptsächlich durch Pressung von Rapskorn in Ölmöhlen gewonnen. Der Ölgehalt beträgt ca. 40 - 50%. Für eine maximale Ausbeute an Rapsöl wird in Großanlagen mit Wasserdampf und chemischer Extraktion gearbeitet, wodurch sich ein geringer Rapsölgehalt im Pressrückstand erreichen lässt. Durch die Ölpressung entsteht aus einem Kilogramm Rapskorn ca. 0,4kg Rapsöl und 0,6kg Rapskuchen. Die verbleibende Protein- und energiereiche Rapssaatmasse (Rapskuchen) ist ein wichtiges Koppelprodukt und wird meist als Futtermittel oder zur Biogasherstellung genutzt.



Abb. 134: Rapsfeld [gsgoehl 2010]

Der Prozess der BHKW-Biogas-ORC Kombianlage basiert auf Raps als eingesetztem Rohstoff. Der Ernteertrag von Winterraps liegt in Mitteleuropa zwischen 2,9 und 4,2 Tonnen/Hektar und Jahr.

Aus Raps kann sowohl in industriellen Ölmöhlen mit Verarbeitungskapazitäten bis zu 4000 Tonnen pro Tag, als auch in dezentralen Kleinanlagen mit Kapazitäten zwischen 0,5 und 25 Tagedonnen Pflanzenöl produziert werden. Die beiden Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Komplexität, dem Aufwand an Lösungsmitteln, Chemikalien und Wasser deutlich. Durch die Ölpresung entsteht aus einem Kilogramm Rapskorn ca. 0,4kg Rapsöl und 0,6kg Rapskuchen.

Der für die Verbrennung relevante Heizwert von Rapsöl liegt bei 37,6 MJ/kg (10,4 kWh/kg). Als Heizwert wird die Wärme (Energie) bezeichnet, die bei der vollständigen Verbrennung eines Stoffes pro Volumen oder Masse freigesetzt werden kann. Aufgrund der höheren Dichte liegt der Heizwert von Rapsöl nur etwa 3% unter dem Heizwert von Dieselmotorkraftstoff.

Das gepresste Rapsöl wird im nachfolgenden Prozessschritt einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zugeführt und dient der Verbrennungskraftmaschine als Kraftstoff. Die Verbrennungskraftmaschine treibt dabei den Generator zur Stromerzeugung an. Der mittlere elektrische Wirkungsgrad von BHKW's kann mit 37% angegeben werden. Die anfallende Abwärme des Verbrennungsprozesses wird über Wärmetauscher zur Heizwassererwärmung verwendet, wobei der mittlere thermische Wirkungsgrad bei ca. 45% liegt. Aufgrund der gekoppelten Erzeugung von elektrischer Energie und Bereitstellung von Wärme können höhere Gesamtwirkungsgrade gegenüber der herkömmlichen Kombination von lokaler Heizung und zentralem Kraftwerk erreicht werden. Die eingesetzte Primärenergie wird somit optimal ausgenutzt.

Der feste Pressrückstand der Ölpresung (Rapskuchen) besitzt je nach Restölgehalt einen Heizwert von mindestens 18 MJ/kg und wird als Substrat in eine Biogasanlage eingebacht. Biogas ist dabei das Produkt eines anaeroben Abbauprozesses von organischen Substanzen. Der Methangehalt von Biogas liegt typischerweise bei 50-75%. Der Methanertrag bei der Fermentation von Rapskuchen kann mit 350 bis 420 Liter Methan/kg Trockensubstanz angegeben werden. Das erzeugte Biogas wird einem zweiten Blockheizkraftwerk zugeführt und in einer Verbrennungskraftmaschine verfeuert. Analog zum mit Pflanzenöl betriebenen BHKW wird Strom und Wärme erzeugt. Der feste Rückstand der Biomassevergärung wird in eine Anlage zur thermischen Verwertung von Ersatzbrennstoffen eingebracht und dient hierbei als Brennstoff.

Abb. 135 zeigt schematisch den Prozess der Kombianlage. Die Anlagengröße kann dabei auf die zur Verfügung stehenden Ressourcen angepasst werden.

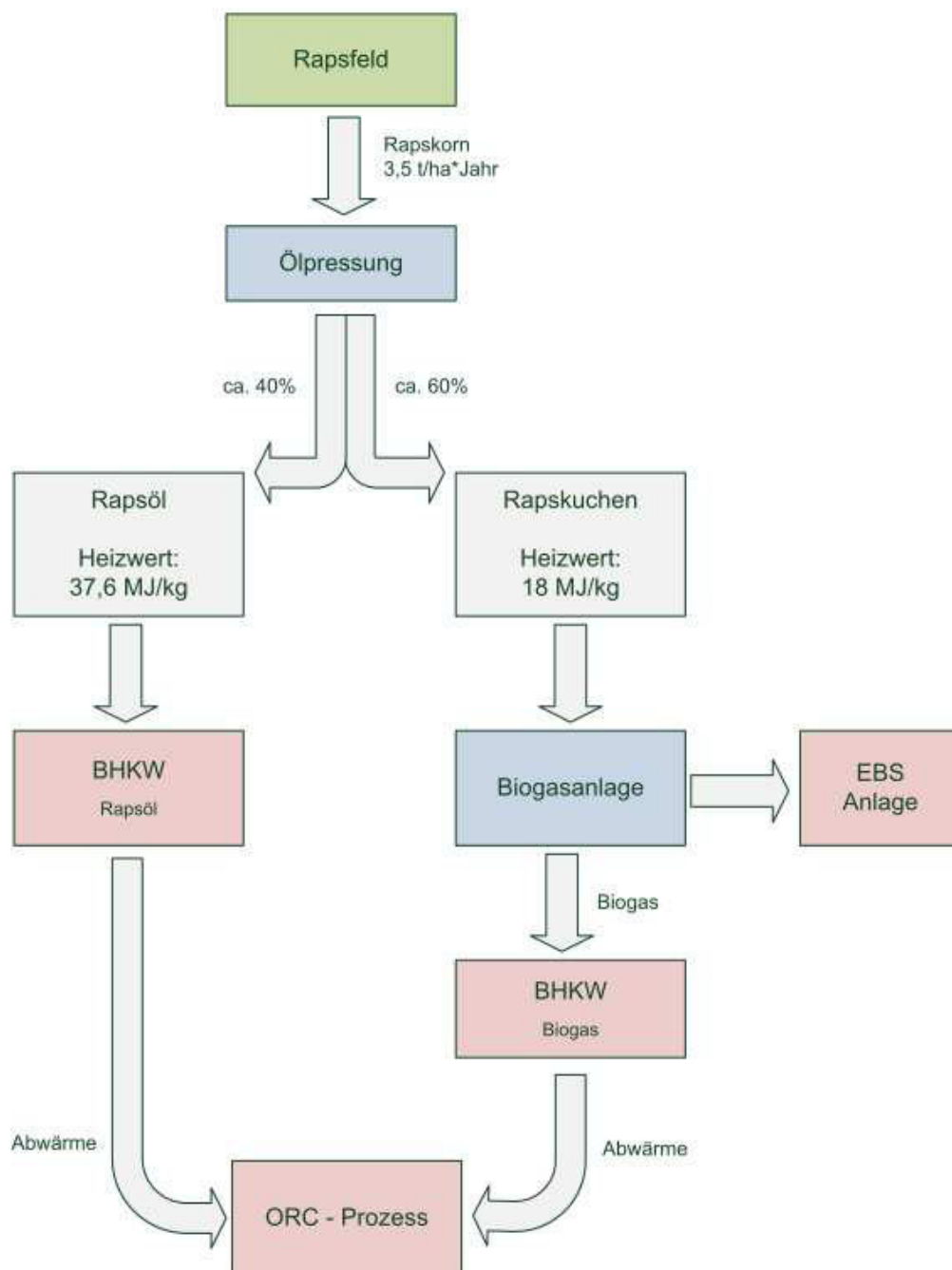


Abb. 135: Blockdiagramm - Kombianlage

In Abb. 136 werden die Daten einer Raps – BHKW – Biogas – ORC – Kombianlage mit einer elektrischen Gesamtleistung von 1 MW dargestellt. Es ist ersichtlich, dass dafür eine Anbaufläche von ca. 914 ha für das Rapskorn benötigt wird. Durch das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung liefert die Kombianlage zusätzlich zur elektrischen Energie eine Wärmeleistung von ca. 1,1 MW, die für heiztechnische Zwecke genutzt werden können.

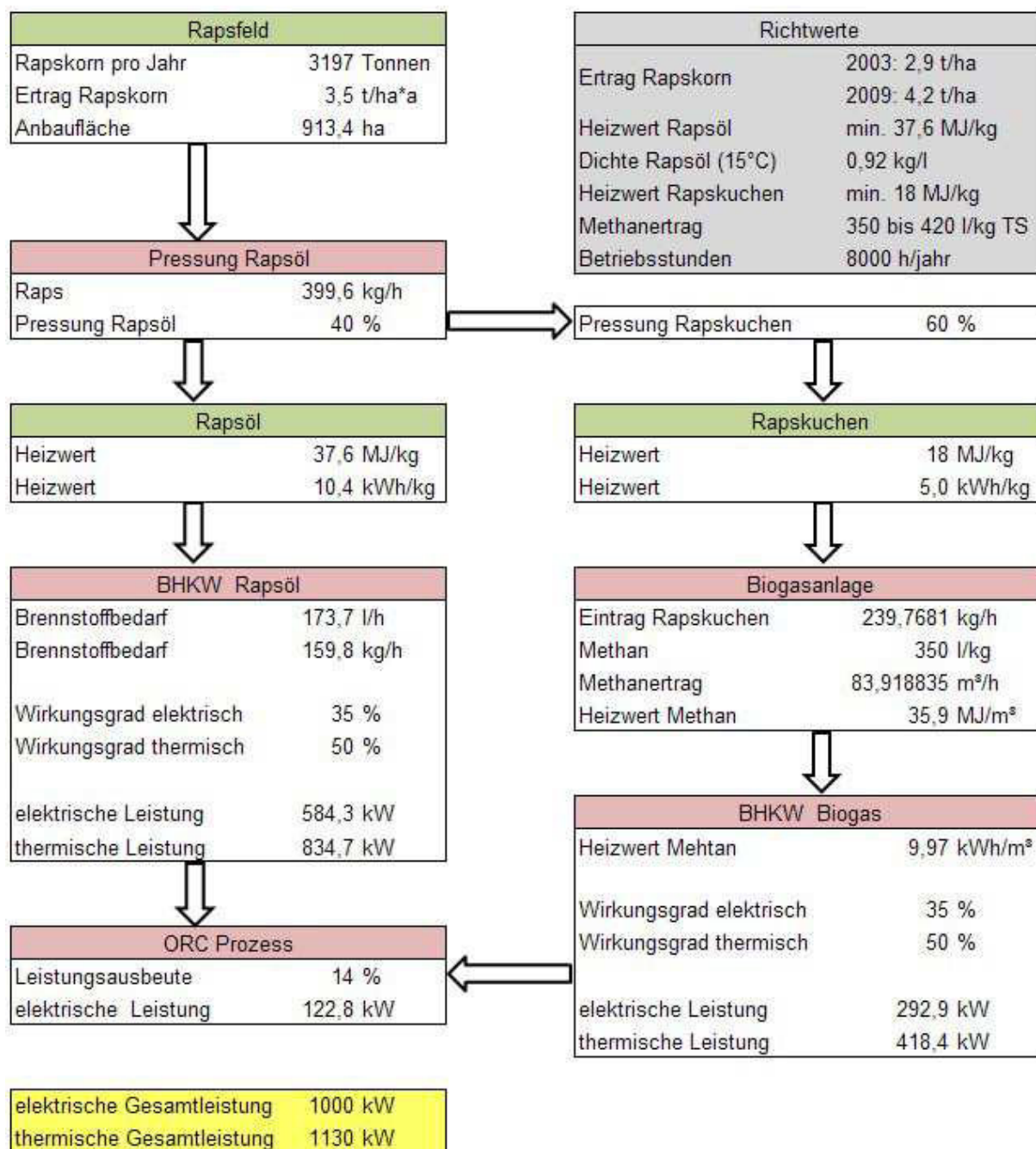


Abb. 136: Kombianlage mit einer elektrischen Gesamtleistung von 1 MW

Beschreibung der Prozesskomponenten

Ölmühle

Abb. 137 zeigt die vereinfachte schematische Darstellung einer dezentralen Ölmühle. Sie setzt sich grundsätzlich aus folgenden Anlagenkomponenten zusammen: Saatlager, Fördereinrichtungen, Zwischenlagerbehälter, eventuell einer Saatvorwärmung, Schneckenpresse, Lager für Presskuchen, Truböltank, Hauptfiltereinrichtung (bzw. Kammerfilterpresse), Sicherheitsfilter, Feinfilter und Reinöltank.

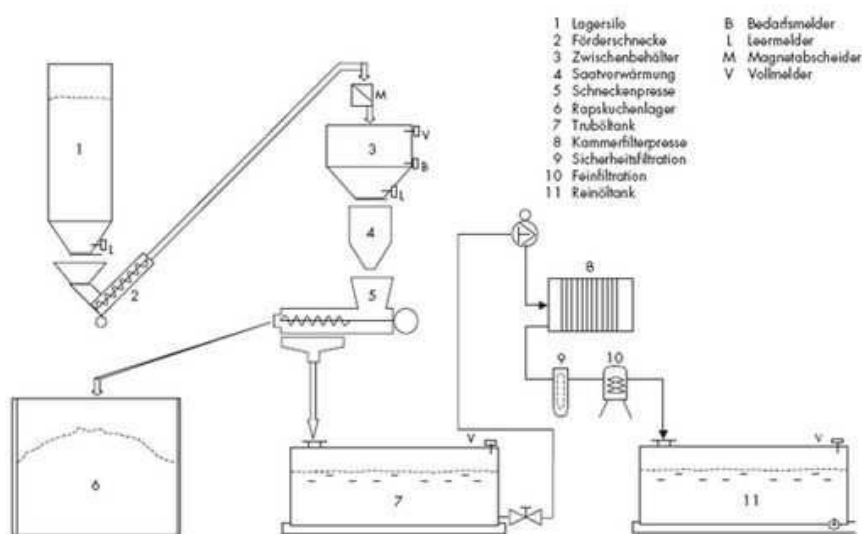


Abb. 137: Vereinfachte schematische Darstellung einer dezentralen Ölmühle [Meyer 2006]

Schneckenpressen für die Verarbeitung von Ölsaaten werden in verschiedenen Bauformen gefertigt. Der wesentliche Unterschied liegt dabei in der Gestaltung des Seiher, in dem sich die Schnecke dreht. Die Abb. 138 zeigt die verschiedenen Stoffflüsse bei der Verarbeitung von Ölsaaten mittels einer Schneckenpresse. Der Ölaustritt erfolgt dabei über die Länge des Seiherkorbs in unterschiedlicher Intensität. Ein Teil der im Raps enthaltenen Feuchte entweicht als Wasserdampf. [UFOP 2007]

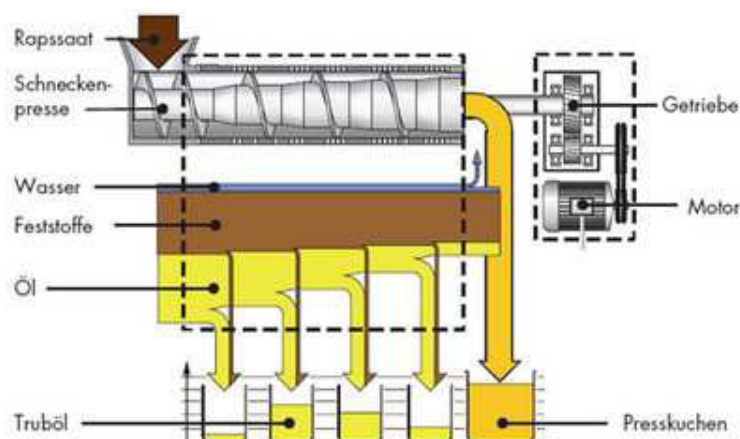


Abb. 138: Stoffflüsse bei der Ölpresseung mittels Schneckenpresse [UFOP 2007]

Kammerfilterpressen bestehen aus parallel aufgehängten Filterplatten mit einem dazwischen eingespannten Filtermittel (Filtertücher). Die Filterpakete werden zwischen einer festen und einer beweglichen Druckplatte meist hydraulisch zusammengespant. Abb. 139 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Kammerfilterpresse.

Um möglichst viel Öl aus dem Filterkuchen, welcher in der Kammerfilterpresse entsteht auszutreiben, wird häufig ein Gasdruckgefälle, beispielsweise mittels Druckluft angelegt. Der Entfeuchtung des Filterkuchens sind dabei jedoch Grenzen gesetzt. [UFOP 2007]

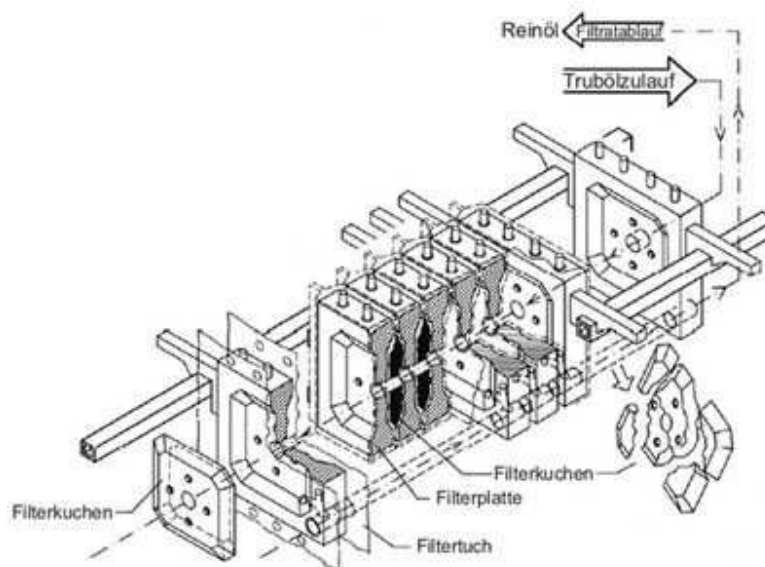


Abb. 139: Kammerfilterpresse [UFOP 2007]

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Blockheizkraftwerke sind modular aufgebaute Anlagen zur Gewinnung von elektrischer Energie und Wärme. Dazu arbeiten sie nach dem Prinzip der Kraft - Wärme - Kopplung. In Abb. 140 wird das grundsätzliche Prinzip eines Motor- BHKW's dargestellt. Der Generator zur Stromerzeugung wird dabei durch eine Verbrennungskraftmaschine (Motor, Gasturbine) angetrieben. Die im Motorraum anfallende Abwärme des Verbrennungsprozesses wird über einen Wärmetauscher zur Heizwassererwärmung verwendet. Im Abgas enthaltene Wärmeenergie kann zur Dampferzeugung und/oder mittels Wärmetauscher zur Brauchwassererwärmung genutzt werden. [Pflanzenöl 2010]

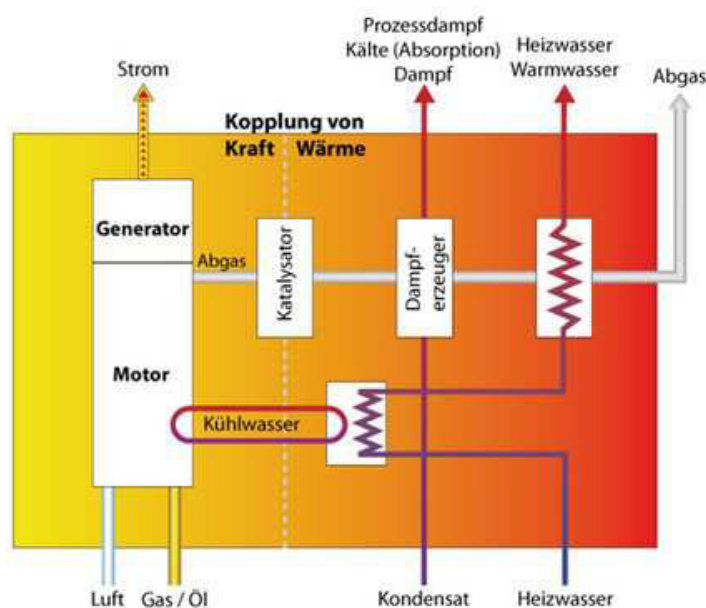


Abb. 140: grundsätzliches Prinzip eines Motor - BHKW's [Pflanzenöl 2010]

Als Kraftstoffe werden vorwiegend fossile oder regenerative Kohlenwasserstoffe wie Heizöl, Pflanzenöl (Rapsöl), Biodiesel oder Erdgas bzw. Biogas eingesetzt. Die Verbrennungskraftmaschinen (Motor bzw. Gasturbine) unterscheiden sich im Bezug auf die Art der entstehenden Abwärme. Bei Verbrennungsmotoren wird der größte Teil der Abwärme durch den Kühlkreislauf gewonnen, wohingegen die Wärme beim Gasturbinenprozess in einem höheren Temperaturbereich durch das Abgas abgegeben wird. Dementsprechend werden die beiden Verbrennungskonzepte in unterschiedlichen Anwendungsgebieten eingesetzt. Gasturbinen werden hauptsächlich in der Industrie zur Bereitstellung von Niedertemperatur-Prozesswärme (bis 500°C) eingesetzt. Motoranlagen werden vor allem im Bereich der Raumwärme-Bereitstellung eingesetzt.

BHKW - Anlagen setzen sich aus folgenden Hauptkomponenten zusammen [Pflanzenöl 2010]:

- Verbrennungskraftmaschine (z.B. Motor, Gasturbine, Stirlingmotor)
- Generator
- Wärmetauschersysteme zur Rückgewinnung der Wärmeenergie aus Abgas, Motorabwärme und Ölkreislauf
- elektrische Schalt- und Steuereinrichtungen zur Stromverteilung bzw. zum Kraftmaschinenmanagement
- hydraulische Einrichtungen zur Wärmeverteilung

Biogasanlagen

Aus dem bei der Raps-Pressung anfallenden Koppelprodukt Rapskuchen wird in einem weiteren Verfahrensschritt in einer Biogasanlage Biogas erzeugt, welches dem zweiten BHKW zugeführt wird. Biogas wird in anaeroben Atmosphäre (ohne Sauerstoff) und unter Abwesenheit von Licht von Mikroorganismen gebildet. Die Fermentation der organischen Substanz (Rapskuchen) erfolgt in vier Schritten, wobei hydrolytische, acidogene und acetogene Bakterien sowie methanogene Archaea am Abbau beteiligt sind.

Der Prozess des anaeroben Abbaus zur Biogaserzeugung ist in Abb. 141 dargestellt. In der Hydrolyse, welche die erste Phase des Abbaus darstellt, werden hochmolekulare organische Substanzen wie Proteine, Kohlehydrate, Fette und Zellulose durch fakultativ anaerobe hydrolytische Bakterien zersetzt und in niedermolekulare Verbindungen wie Einfachzucker, Aminosäuren, Fettsäuren und Wasser umgewandelt. Diese Spaltprodukte werden in der zweiten Phase, der sogenannten Acidogenese, zu reduzierten Verbindungen wie Carbonsäuren, Alkoholen und Gasen (Kohlendioxid und Wasserstoff) abgebaut. Acetogene Bakterien wandeln in der dritten Phase (Acetogenese) die Carbonsäuren und Alkohole in Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid um. Die Bildung von Methan erfolgt in der sogenannten Methanogenese, welche die vierte und letzte Phase darstellt. Kohlendioxid und Wasser werden in alkalischem Milieu durch Methanbakterien zu Methan umgewandelt. [Mähnert 2007]

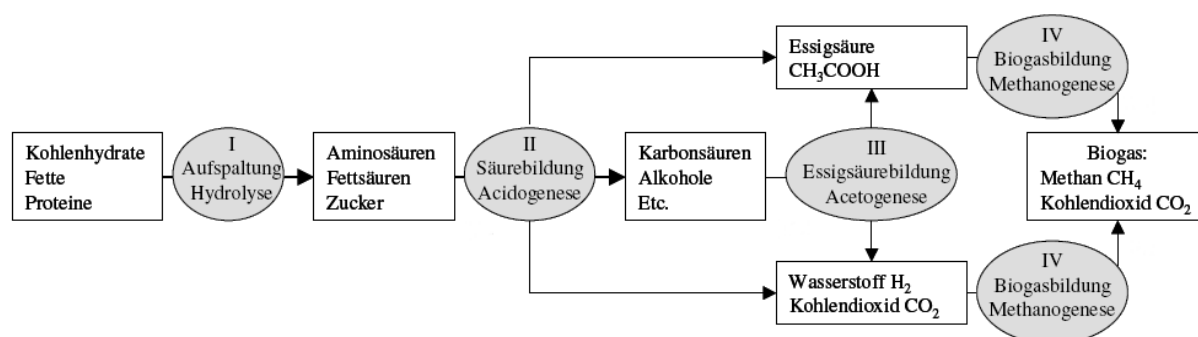


Abb. 141: schematische Darstellung des anaeroben Abbaus [Schattauer 2004]

In einer Biogasanlage laufen die vier Phasen des anaeroben Abbaus gleichzeitig ab, wobei zwischen den verschiedenen Stufen deutliche Geschwindigkeitsunterschiede auftreten können.

Für eine optimale Prozessführung sollte zwischen den unterschiedlich schnell ablaufenden Abbauphasen ein Fließgleichgewicht der Stoffkonzentrationen eingestellt werden.

Der gesamte Gärprozess hängt entscheidend von der Bewahrung der Lebensbedingungen für die Mikroorganismen, den eingesetzten Substraten sowie der Prozessführung ab. Günstige Lebensbedingungen der Mikroorganismen charakterisieren sich beispielsweise durch ein feuchtes Milieu, Luft- und Lichtabschluss, dem richtigen Temperaturbereich sowie durch den richtigen pH-Wert. Dieser liegt bei der Hydrolyse und Acidogenese zwischen 5,2 und 6,3. Für die Acetogenese und Methanogenese beträgt der optimale pH-Wert 6,7 bis 7,5. Aus diesem Grund werden die verschiedenen Prozessschritte häufig räumlich voneinander getrennt. Findet keine räumliche Trennung der Prozessstufen statt, sollte der Gesamtprozess in einem neutralen Bereich ablaufen. [Mähnert 2007]

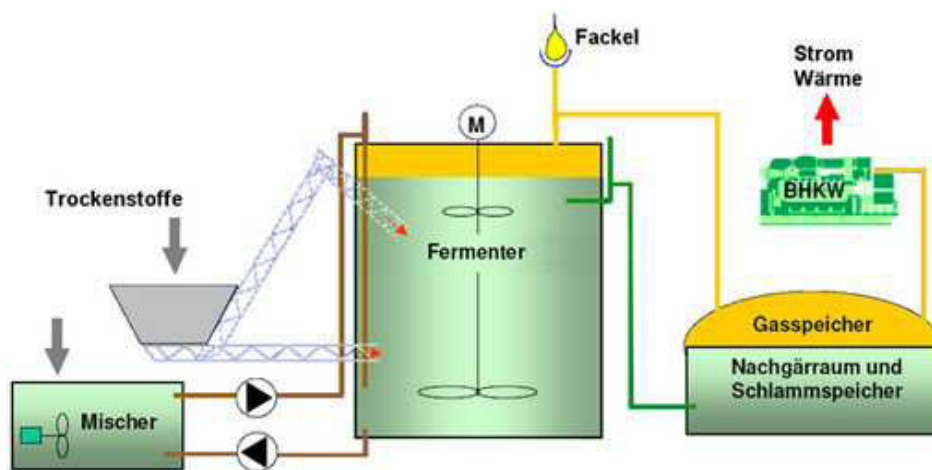


Abb. 142: Schema einer NAWARO - Biogasanlage [Biogas 2010]

Für die Qualität des erzeugten Biogases und somit den Biogasprozess ist die Zusammensetzung an Methan, Kohlendioxid und Spurengasen von entscheidender Bedeutung. Diese hängt im Wesentlichen von den eingesetzten Substraten und der Prozessführung ab, kann jedoch deutlichen Schwankungen unterliegen. Tabelle 51 zeigt für Biogas typische Werte der verschiedenen Gaskomponenten.

Gaskomponente	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	H ₂	NH ₃	H ₂ S
Vol. %	50-75	25-50	1-10	0-5	0-2	0-1	0-1	0-0,6

Tabelle 51: Zusammensetzung von Biogas [Weiland 2000]

In Abb. 143 werden die Verwertungsmöglichkeiten von Biogas dargestellt. Es kann für die Erzeugung von Wärme, Strom und als Treibstoff genutzt werden. Je nach Verwendungszweck sind verschiedenen Prozessschritte wie beispielsweise eine Entwässerung oder Entschwefelung notwendig. Die Erzeugung von Wärme und Strom aus Biogas erfolgt über die Verbrennung in einem Motor-BHKW.

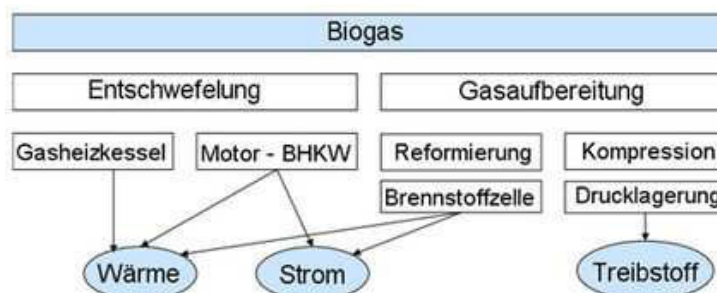


Abb. 143: Biogas - Verwertungsmöglichkeiten [Weiland 2000]

Organic Rankine Cycle (ORC – Prozess)

Der ORC-Prozess ermöglicht es, aus Wärmeenergie auf niedrigem Temperaturniveau elektrische Energie zu erzeugen. Das Verfahren wird hauptsächlich dann eingesetzt, wenn das zu Verfügung stehende Temperaturniveau für den Betrieb einer Wasserdampfturbine zu gering ist. Die ORC-Anlage kann dabei als thermodynamischer Kreisprozess aufgefasst werden. Als Arbeitsmedium wird anstelle von Wasser jedoch ein organisches Fluid eingesetzt. Das eingesetzte Arbeitsmedium ist ungiftig, nicht brennbar und nicht explosiv.

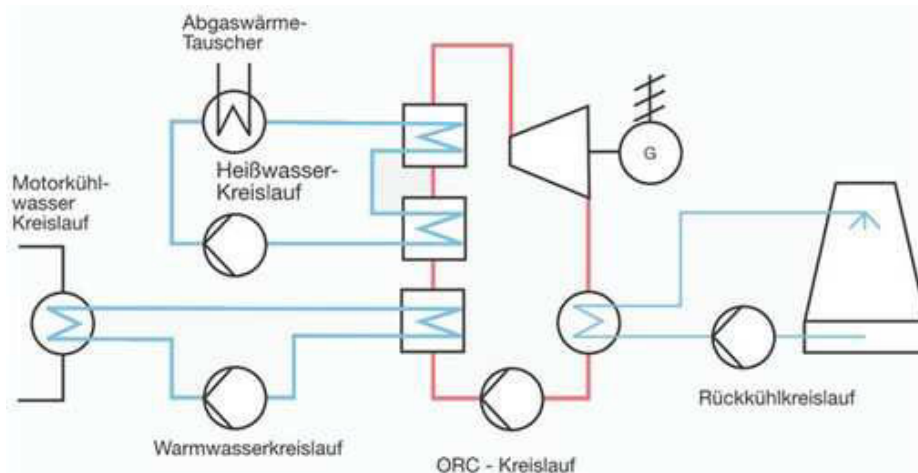


Abb. 144: ORC - Prozess nach Köhler & Ziegler [Köhler 2010]

Abb. 144 zeigt die Funktionsweise des von der Firma Köhler & Ziegler entwickelten ORC – Prozesses. Je nach Temperaturniveau wird dabei ein elektrischer Nettowirkungsgrad von 14 bis 17% erreicht.

Im Ausgangszustand befindet sich das Arbeitsmedium in der flüssigen Phase. Mittels einer Pumpe wird das Druckniveau erhöht und das Medium anschließend auf Verdampfungstemperatur vorgewärmt. Dazu werden die Wärme aus dem Kühlkreis des Brenngasgemisches, ein Teil der Wärme aus dem Motorkühlwasser und die Abgaswärme des

vorgeschalteten BHKW's genutzt. Das Arbeitsmedium wird anschließend bei einer konstanten Temperatur mit dem Rest der Wärme aus dem Motorkühlwasser und dem Abgas verdampft. Die im Dampf enthaltene Energie wird während der Expansion in einem Expander (Turbine bzw. Dampfschraubenmotor) in mechanische Energie umgewandelt. Damit wird der Generator angetrieben und elektrischer Strom erzeugt. Das Medium wird anschließend unter Abgabe von Wärme kondensiert und in seinen flüssigen Ausgangszustand überführt, womit der Kreislauf geschlossen ist.

3.4.5.2 Biogas

Der prinzipielle Abbauprozess bei der Biogasproduktion wurde bereit in Abb. 141 dargestellt und beschrieben. Theoretisch eignet sich jede Art von Biomasse, die unter anaeroben Bedingungen abgebaut (vergärt) wird für die Biogaserzeugung. Aufgrund der jeweiligen chemischen Zusammensetzung der verwendeten Stoffe (beispielsweise Kohlenhydrate, Proteine oder Fett) entsteht pro eingesetzter Menge Substrat eine unterschiedliche Menge an Biogas mit verschiedenem Methangehalt. In der Praxis entscheiden Anbaukosten, Ernteerträge und erreichbarer Methangehalt über die Eignung eines bestimmten Stoffes als Substrat zur Biogaserzeugung.



Abb. 145: Biogasgewinnung [KTBL 2006]

Wie aus Abb. 145 hervorgeht, eignet sich Maissilage aufgrund eines hohen spezifischen Gasertrages sehr gut für die Erzeugung von Biogas. In der Biogasanlage ergibt Maissilage als Substrat einen Biogasertrag von ca. 202 m³ pro eingesetzter Tonne Frischmasse. Mehr als 90% der Biogasanlagen in Deutschland, in denen nachwachsende Rohstoffe als Substrat eingesetzt werden nutzen Maissilage als Gärsubstrat [Weiland 2009]. Als Gründe dafür können die hohen Ernteerträge pro Hektar auch auf schlechteren Böden, die Verfügbarkeit bewährter Anbau- und Erntetechniken sowie der hohe Biogasertrag angeführt werden.

Abb. 146 zeigt die Berechnung einer Biogasanlage mit einer elektrischen Gesamtleistung von 1 MW. Das erzeugte Gas wird in einem BHKW verstromt, die entstehende Abwärme mittels ORC-Prozess bestmöglich genutzt. Die restliche Wärmemenge steht für Heizzwecke zur Verfügung. Im direkten Vergleich zur auf Raps basierenden Anlage ist der Bedarf an Ackerfläche um mehr als die Hälfte auf 432 ha gesunken.

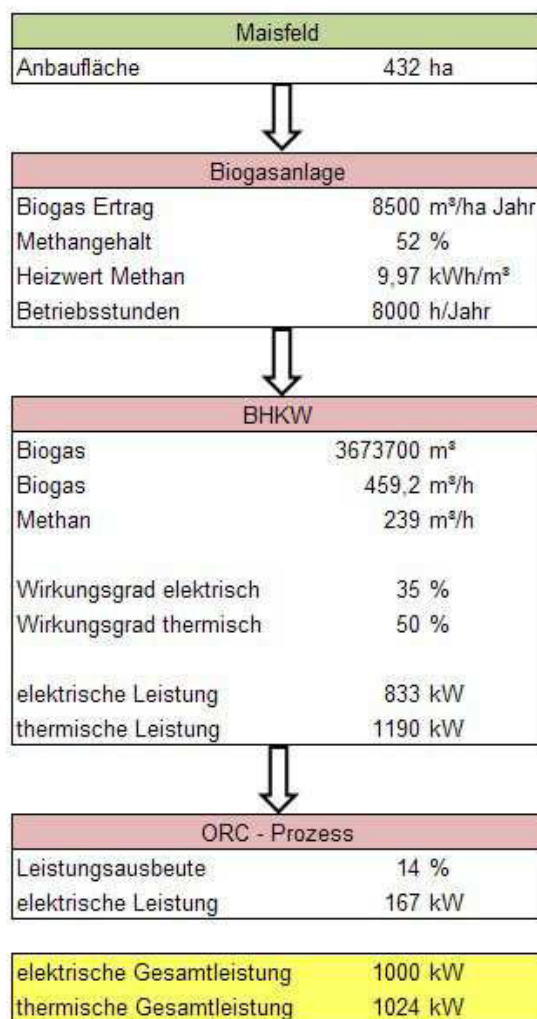


Abb. 146: Biogasanlage mit elektrischer Gesamtleistung von 1 MW

3.4.5.3 Holz

Aufgrund ihrer schnellen Wachstumsraten rücken Kurzumtriebshölzer immer stärker in den Fokus bei der thermischen Verwertung von Holz. Kurzumtriebshölzer sind landwirtschaftlich genutzte Dauerkulturen, die durch ihre Schnellwüchsigkeit und hohen Biomasseerträge

zunehmend an Interesse gewinnen. Andere Bezeichnungen für sie sind Feldholz, Energieholz, Plantagenholz oder Short Rotation Coppice.

In der Praxis werden derzeit fast ausschließlich speziell gezüchtete und extrem leistungsfähige Pappeln und Weiden für die Energieholzproduktion verwendet. Die Bewirtschaftung erfolgt dabei auf herkömmlich landwirtschaftlich genutzten Flächen. Im direkten Vergleich zur traditionellen Forstwirtschaft spielt bei der Energieholzproduktion die Qualität des Rohstoffs nur eine untergeordnete Rolle. Der Fokus liegt auf darauf, in kurzer Zeit möglichst viel Biomasse zu produzieren. Die Bewirtschaftung erfolgt daher in forstwirtschaftlich kurzen Ernteintervallen, sogenannten Umtriebszeiten. Der Begriff Umtriebszeit beschreibt dabei die Anzahl der Jahre, die zwischen den einzelnen Erntevorgängen liegen. Derzeit liegt sie in der Regel zwischen zwei und fünf Jahren.

Das Hackgut aus den Kurzumtriebsplantagen wird in der Regel für die Wärme- und Stromproduktion in Heiz(kraft)werken und Biomassefeuerungsanlagen verwendet. Für die energetische Verwertung liegt der Fokus auf der Biomasseleistung, weshalb möglichst kurze Umtriebszeiten mit höheren Pflanzendichten gewählt werden.

Kultur	Grenzertragsstandort [atro]	günstiger Standort [atro]	optimaler Standort [atro]
Pappel	7 - 10	10 - 15	16 - 25
Weide	7 - 10	10 - 14	15 - 20

Tabelle 52: Ertragsdaten von Pappeln und Weiden [LLFS 2009]

Je nach Standort und angepflanzter Sorte unterscheiden sich die Erträge, wobei mit Pappeln tendenziell höhere Erträge erzielt werden können. Das Ertragsniveau wird dabei maßgeblich von der Sorte, der Bodenbeschaffenheit und den Pflegemaßnahmen bestimmt. Im Vergleich zu Waldholz besitzt Kurzumtriebsholz in der Regel einen höheren Rindenanteil und somit einen höheren Anteil an mineralischen Bestandteilen. Dadurch wird der Heizwert vermindert und führt zu einem höheren Aschegehalt bei der thermischen Verwertung. Der Heizwert für lufttrockenes Hackgut aus Energiehölzern liegt bei ca. 3,8 – 4,1 kWh/kg. Im Vergleich dazu besitzt Waldhackgut einen Heizwert von ca. 4,2 kWh/kg.

Kurzumtriebshölzer können als CO₂ neutraler Brennstoff betrachtet werden. Bei der Verbrennung des Hackguts wird jene Menge an CO₂ in die Atmosphäre abgegeben die beim Heranwachsen gebunden worden ist. Für eine vollständige Ökobilanz müssen jedoch die Emissionen für die Ernte, den Hackvorgang sowie den Transport zum Heiz(kraft)werk

berücksichtigt werden. Die CO₂-Bilanz verschlechtert sich somit mit zunehmenden Transportwegen. [LLFS 2009]

3.4.6 Potenzialanalyse Ersatzbrennstoffe

Als Ersatzbrennstoff bzw. Sekundärbrennstoff wird ein Brennstoff definiert, der aus Abfällen (Gewerbe, Industrie oder Haushalte) gewonnen wird. Dabei kann es sich sowohl um gering aufbereitete, abgetrennte Fraktionen mit hohem Heizwert, als auch um aus Abfall hergestellten Sekundärbrennstoff mit hohem Aufbereitungsaufwand handeln. Die Aufbereitungstiefe wird maßgeblich durch den Einsatzzweck des Ersatzbrennstoffes bestimmt. Mögliche Aufbereitungsschritte sind eine Vorsortierung, Grobzerkleinerung, Siebklassierung, Windsichtung sowie die Metallabscheidung. Als bedeutendste Brennstoffparameter gelten der Heizwert, Glührückstand und Chlorgehalt.

Die Verwertung von Ersatzbrennstoffen findet hauptsächlich zusammen mit konventionellen Brennstoffen (beispielsweise Holz) in einer sogenannten Mitverbrennung statt. Durch den Einsatz von Ersatzbrennstoffen kann somit der Bedarf traditionellen Brennstoffen reduziert werden. Verbrennungsanlagen die Ersatzbrennstoffe einsetzen müssen gesetzlichen Anforderungen bezüglich der Schadstoffemissionen erfüllen.

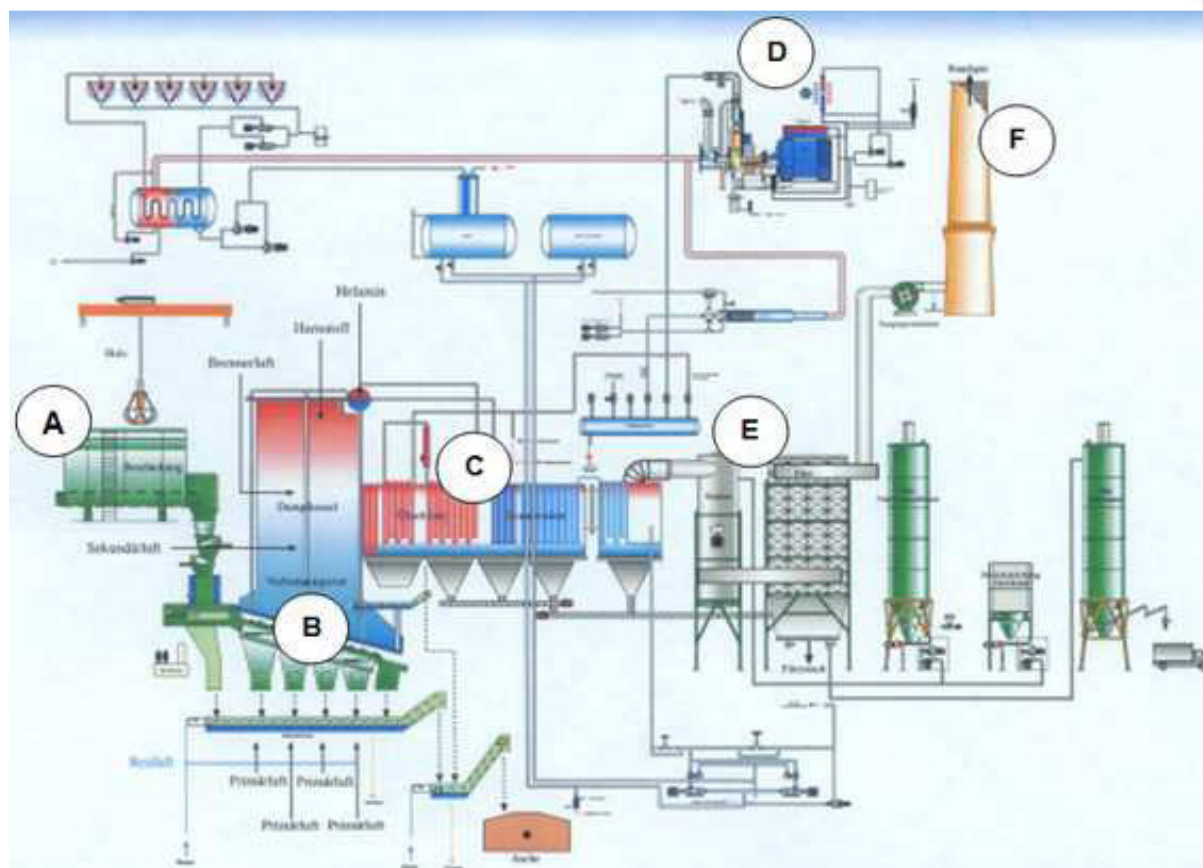


Abb. 147: thermische Behandlungsanlage [Hafner 2011]

Abb. 147 zeigt das Fließbild einer thermischen Behandlungsanlage zur Verwertung von Ersatzbrennstoffen und/oder Biomasse (Holz). Entsprechend den gesetzlichen Anforderungen wird dem Verbrennungsprozess eine Rauchgasreinigung nachgeschaltet.

A: Abfallbeschickung

Die benötigten Brennstoffe werden mit Transportfahrzeugen meistens mit Hakengeräten angeliefert und im Bunker gelagert. Aus logistischen Gründen ist das Zwischenlager mit der Aufbereitungsanlage kombiniert. Die Beschickung des Ofens erfolgt über ein Dosiersystem, bestehend aus Rutschen und Schleusen und einem hydraulischen Beschickungszylinder. Durch diesen Zylinder wird der Feuerungsraum weitgehend gegen die Umgebung abgeschlossen und die Dampfproduktion geregelt. Der aus dem Zwischenspeicher kommende Brennstoff gleitet durch einen wassergekühlten Fallschacht mit hydraulischer Verschlusskappe gravimetrisch zur Beschickungseinrichtung.

B: Rostfeuerung, Drehrohrföfen, Nachbrennkammer

Ein Rostofen besteht aus einem statischen Mantel und ist somit hermetisch dicht. Staub, Geruch oder Rauchgase können nicht aus dem Feuerungsraum entweichen. Der Rost weist einen luftdurchlässigen Belag aus temperaturbeständigen, beweglichen und wassergekühlten Roststäben auf. Diese Stäbe sind zu Stabreihen zusammengefasst und transportieren den Brennstoff durch die verschiedenen Verbrennungszonen bis zum Schlackenabwurf. Um eine optimale Turbulenzbewegung der Luft für den Verbrennungsvorgang zu schaffen wird die Primärluft im Gleichstrom mit dem Brennstoff, tangential und unter dem Rost zugeführt. Durch einen geschlossenen Kühlkreislauf wird die Energie aus den wassergekühlten Roststäben abgeführt und über einen Wärmetauscher für die Aufwärmung der Verbrennungsluft verwendet. Beim Drehrohrföfen erfolgt der Brennstofftransport durch die Rotation des geneigten Drehrohres. In der Nachbrennkammer werden die vertikal einströmenden, 850-1100°C heißen Rauchgase zur Nachverbrennung mit Sekundärluft gemischt. Die Nachverbrennung garantiert einen vollständigen Gasausbrand und die Vernichtung der organischen Bestandteile. Die ausgebrannte und teilweise noch glühende Schlacke, der inerte Rückstand aus der Verbrennung fällt am Ende des Rostes bzw. Drehrohres durch Fallschächte in einen Nassentschlacker und wird durch das darin befindliche Wasser abgeschreckt. Ein Plattenförderband übernimmt die Schlacke und fördert sie in den Schlackebehälter.

C: Wärmenutzung

Die am Feuerungsrost bzw. im Drehrohrföfen produzierten Rauchgase strömen durch einen Abhitzekeßel und geben die Wärme an die mit demineralisiertem Wasser gefüllten Rohre ab. Im Kessel verwandelt sich das Wasser in Dampf. Das Kesselspeisewasser strömt im Gegenstrom zum Rauchgas über einen Economizer in die Kesseltrommel. Mit Hilfe des Economizer und eines Trommelvorwärmers wird die Rauchgastemperatur am Kesselaustritt auf einen konstanten Wert reguliert. In der Kesseltrommel wird das Wasser- Dampfgemisch schwerkraftbedingt in den Dampfzustand bzw. in den Wasserzustand aufgeteilt. Die Kesselkonstruktion und die Reinigungseinrichtungen (Wasserabreinigung, pneumatische Klopfvorrichtungen) ermöglichen eine hohe Verfügbarkeit und Kesselreisezeiten von mindestens 8.000 Stunden ohne Stillstand.

D: Verstromung

Aus dem Dampfraum der Kesseltrommel wird Sattedampf zur weiteren Erhitzung zum Frischdampfverteiler geleitet. Der überhitzte Dampf wird im Anschluss direkt über spezielle Düsen in eine zweistufige Dampfturbine geleitet. An den Turbinenschaufeln wird die Energie des Dampfes in eine Drehbewegung umgewandelt. Über einen Untersetzer wird die mechanische Kraft der Turbinenräder an einen Generator übertragen, der letztendlich elektrischen Strom erzeugt. Der produzierte Strom wird zur Deckung des Eigenbedarfs verwendet, der Rest wird ins

Netz eingespeist. Der Abdampf der Turbine wird durch eine Kühlung mit einem Luftkondensator wieder in den flüssigen Zustand überführt.

E: Rauchgasreinigung

Die trockene Rauchgasreinigung stellt ein stabiles und leistungsfähiges Verfahren zur Aufbereitung der Abgase dar. Basierend auf einem zweistufigen System, den adsorptiven Vorgängen im Reaktor und der mechanischen Staubabscheidung am Filter, kann diese Methode an die verschiedenen Rauchgascharakteristika angepasst werden. Das Rauchgas wird nach dem Kessel und den Wärmetauschern in die Reaktoren geleitet, wo es durch Einblasen von Aktivkohle und Natriumhydrogencarbonat von Schadstoffen gereinigt wird. Im Anschluss daran gelangt das Rauchgas mit den Adsorbentien in die Schlauchfiltereinheit. Diese werden dort durch eine Oberflächenfiltration abgeschieden. Zusätzlich dient der Schlauchfilter auch als Adsorptionsfläche der Rauchgase. Die Schlauchfilter werden mit Druckstößen abgereinigt. Die so abgeschiedenen Staubmengen sammeln sich im Filterkastenboden und werden mit Schneckenförderern ausgetragen. Eine Stufe des gesamten Rauchgasreinigungsprozesses bildet die Katalysatoranlage zur Reduktion der Stickoxide NO_x . Bei dem als SCR (selektive katalytische Reduktion) bekannten Verfahren werden die Stickoxide durch Zugabe von Harnstoff als Reduktionsmittel zu Stickstoff und Wasserdampf umgewandelt.

F: Emissionsmessung

Die Messung der Rauchgasqualität erfolgt an mehreren Positionen kontinuierlich durch autonome Messgeräte unabhängig von der prozesstechnischen Anlage um zu gewährleisten, dass nationale und internationale Vorschriften bezüglich der Grenzwerte nicht überschritten werden. Am Kamin werden die Rauchgasmenge, die Rauchgastemperatur und der Rauchgasdruck gemessen. Zusätzlich werden chemische Erhebungen durchgeführt und weitere Messgrößen wie TOC, Staub und Dioxine erfasst.

3.4.6.1 Abfallaufkommen

Das spezifische Abfallaufkommen von privaten Haushalten in Österreich liegt wie aus Abb. 148 hervorgeht, bei ca. 430 kg/Einwohner und Jahr. Eine genaue Analyse der stofflichen und chemischen Zusammensetzung der Abfälle gestaltet sich als schwierig und aufwändig, da manuelle

Sortieranaysen durchgeführt werden müssen. Wichtige chemische und physikalische Größen der Abfälle ist beispielsweise Wassergehalt, Heizwert, Aschegehalt oder Glühverlust.

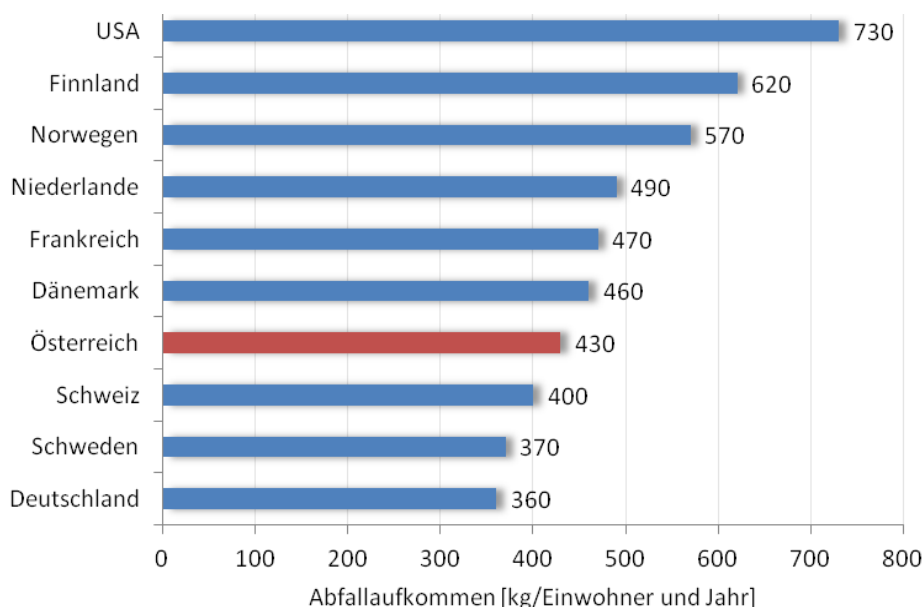


Abb. 148: spezifisches Abfallaufkommen in Haushalten [Landwehr 2002]

Um eine Aussage bezüglich des Potenzials an Ersatzbrennstoffen für die verschiedenen Modellregionen treffen zu können, wurde ein Wert von 300 kg/EW*a thermisch verwertbaren Abfalls festgelegt. Der mittlere Heizwert dieser Fraktion wurde auf 18.500 kJ/kg definiert.

Ort	Einwohner	Ersatzbrennstoff [Tonnen]	theoretische Wärmemenge [MWh]
Wiener Neustadt	40.000	12.000	61.716
Thaur / Rum	7.000	2.100	10.800
Pulkautal	4.000	1.200	6.172

Tabelle 53: Abfallaufkommen für Verwertung als Ersatzbrennstoff

4 Wärme Smart Grid Entwicklung

Die Entwicklung eines Wärme-Smart Grids muss unabhängig von der Energieautarkie betrachtet werden, da bei der Realisierung eines energieautarken Siedlungsgefüges der elektrische Strom

der ausschlaggebende Parameter ist. Der Bedarf an elektrischer Energie schwankt in der Jahresganglinie relativ gering. Die Auslegung des Wärme-Smart Grids ist im Vergleich dazu als stark jahreszeitenabhängig zu betrachten.

Das grundlegende Konzept des Wärme-Smart Grids besteht aus einer intelligenten Verschaltung von Wärmeverbraucher- und Erzeuger mittels Verbraucherpuffer und dezentralen Puffersystemen. Während die einzelnen Verbraucherpuffer direkt in den Gebäuden installiert werden, sind die dezentralen Puffer in das Siedlungsgefüge eingebettet.

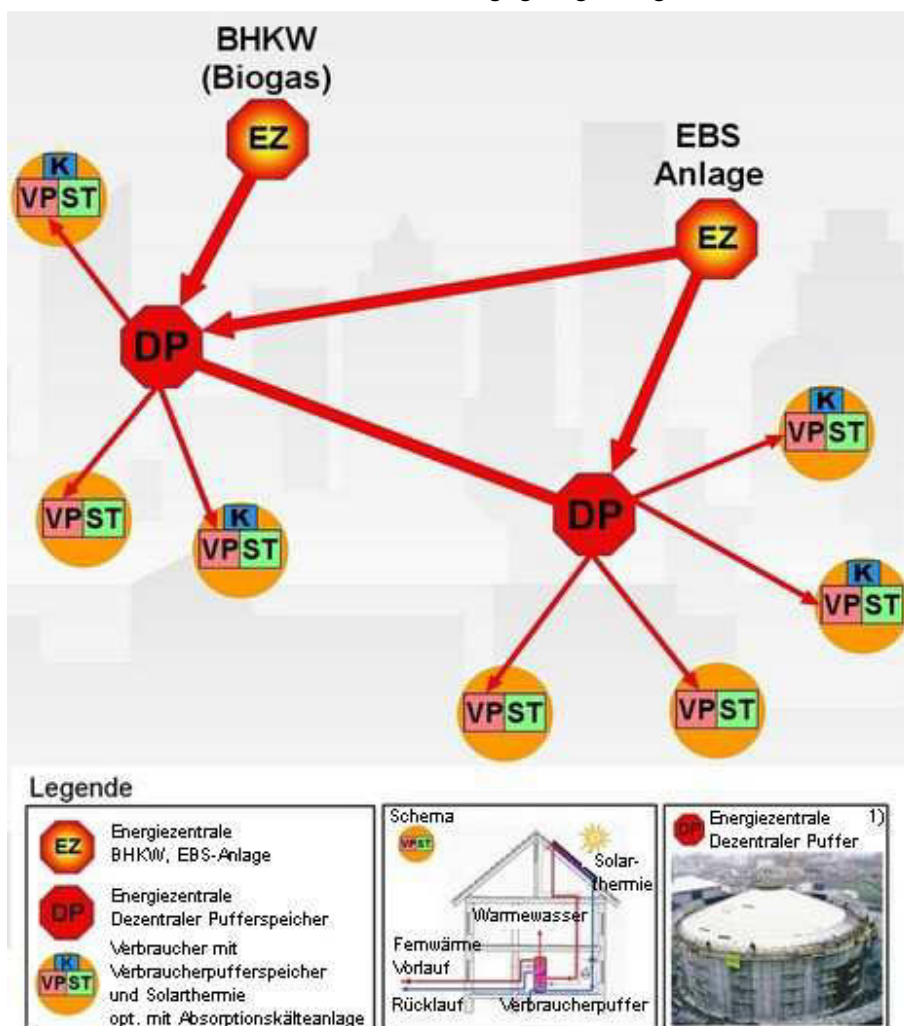


Abb. 149: schematische Darstellung Wärme-Smart Grid, Quelle: 1) [Fisch 1999]

Das Wärme-Smart Grid ist ein intelligentes Gesamtsystem, welches die Schwankungen des Wärmebedarfs (Tages-, Monats-, Jahresganglinien) durch den Einsatz von verschiedenen Wärmepuffersystemen ausgleicht und so eine optimale Anlagen- bzw. Energieausnutzung ermöglicht. Dabei wurden einzelne Szenarien durchgespielt und die ökologisch sinnvollsten Lösungen dargestellt.

Abb. 149 zeigt die schematische Darstellung eines Wärme-Smart Grids. Um die eingesetzten Ressourcen bestmöglich zu nutzen, werden verschiedene Wärmespeichersysteme in das Wärmenetz integriert und intelligent miteinander verknüpft. Zur Dämpfung der Bedarfsschwankungen während eines Monats werden je nach Größe des betrachteten Siedlungsgefüges ein oder mehrere dezentrale Puffersysteme eingebaut. Diese Heißwasserspeicher werden von den Energiezentralen (BHKW und/oder EBS-Anlage) gespeist.

Auf der Verbraucherseite werden Pufferspeicher installiert, die sowohl Wärmeenergie aus den Sonnenkollektoren, als auch durch das Wärmenetz zugeführte Energie speichern können. Dadurch werden die täglich auftretenden, verbraucherseitigen Bedarfsspitzen am Morgen, der Mittagszeit und abends gedämpft.

Mittels einer intelligenten Vernetzung können die Verbraucherpuffer in Zeiten mit geringem Wärmebedarf aufgeladen werden. Der Vorteil dieser Konfiguration liegt in einem möglichst entkoppelten Betrieb der thermischen Anlagen (BHKW, EBS-Anlage....) von dem verbraucherdefinierten Bedarfsprofil.

Das Prinzip eines Wärme Smart Grid konnte prinzipiell bei allen vier untersuchten Siedlungstypen am Beispiel der konkreten Modellfälle realisiert werden. Zur Sicherstellung einer effizienten Wärmebereitstellung können verschiedene Ansätze herangezogen werden:

- Durch eine räumlich sinnvolle Anordnung komplementärer Raumnutzungen und damit verbundener Energiebedarfe (Wohnen, Gewerbe, Industrie usw.) erfolgt eine Glättung der Tages- bzw. Monatsganglinien des Energie bzw. Wärmebedarfs. Damit entsteht ein Gesamtbedarf der nur geringen Schwankungen unterliegt, was zu einem konstanten Anlagenbetrieb führt. Aufgrund dieser Bedarfsglättung wird kein intelligentes Wärmenetzwerk benötigt.
- Mittels eines lastbezogenen Anlagenbetriebs wird die Leistung der verschiedenen wärmeerzeugenden Anlagen (BHKW, Ersatzbrennstoff – Anlage) an den vorliegenden Wärmebedarf angepasst. Diese Form der Wärmebereitstellung beinhaltet intelligente Wärmeerzeuger, die sich dem Verbrauch anpassen, jedoch kann das Wärmenetzwerk als Gesamteinheit nicht als intelligentes Netz (Smart Grid) bezeichnet werden.
- Weist der Wärmebedarf starke Schwankungen in den Tages-, Monats- bzw. Jahresganglinien auf, bieten sich durch den Einsatz eines intelligenten Wärmenetzes Vorteile gegenüber der konventionellen Wärmebereitstellung.

Als entscheidender Punkt in der Entwicklung und realen Umsetzung von Wärme-Smart Grid Systemen gilt die Speicherung von Wärmeenergie. Isolierte Pufferspeicher auf Verbraucherseite

sind mittlerweile seit Jahren Stand der Technik. Das Augenmerk muss dementsprechend auf eine möglichst effiziente dezentrale Speicherung von Wärmeenergie gelegt werden.

4.1 Wärmespeicherung

Die Speicherung von thermischer Energie stellt im Bereich der optimalen Energieverwendung sowie bei der Nutzung von erneuerbaren Energien, beispielsweise der Sonnenenergie, eine Schlüsseltechnologie dar. Durch eine saisonale Wärmespeicherung kann die zeitliche Verschiebung zwischen solarer Verfügbarkeit und dem Energiebedarf überbrückt werden. Im Fall der Solarenergie handelt es sich dabei, wie Abb. 150 zeigt, um den Zeitraum vom Sommer in den Winter. Die solare Einstrahlung übersteigt den Wärmebedarf im Sommer um ein Vielfaches, sinkt jedoch in den Monaten mit hohem Wärmebedarf deutlich ab.

Die solare Strahlung der Monate Mai bis September beträgt rund zwei Drittel der in einem Jahr auf Österreich eingestrahltene Solarenergie. Die Heizperiode für Wohngebäude liegt hingegen zwischen Oktober und April. Für die Steigerung der solaren Deckungsrate muss die Solarenergie bis in den Winter gespeichert werden. Saisonale Speicher können dabei in den Sommermonaten von den Kollektoren beladen werden, um die angeschlossenen Gebäude im Winter mit Wärme zu versorgen.

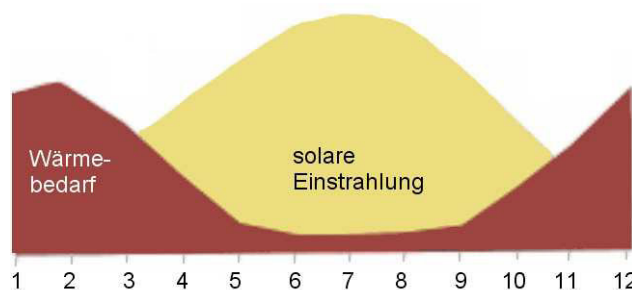


Abb. 150: Vergleich Wärmebedarf - solare Strahlung

Solarwärme wurde vor 25 Jahren erstmals in Schweden saisonal gespeichert. In Mitteleuropa wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Speichertechnologien entwickelt mit denen es möglich ist die Wärmeversorgung von großen Gebäudekomplexen und ganzen Siedlungen zu gewährleisten.

Über die Speicherung von solarer Energie hinaus gibt es noch weitere Anwendungsmöglichkeiten von saisonalen Wärmespeichern [Saisonalspeicher 2010]:

- verstärkter Einsatz von Biomasse zur Stromerzeugung
- Ausbau der Nutzung geothermischer Energie
- verstärkte Nutzung von Abwärme in der Industrie

- verstärkte Nutzung der Abwärme, die bei der Stromerzeugung in Kraftwerken entsteht

Wärmespeicher können Schwankungen des Wärmebedarfs ausgleichen und die Strom- von der Wärmebereitstellung entkoppeln.

Für die Speicherung von großen Wärmemengen sind große Speichervolumen erforderlich. Das liegt darin begründet, dass in einem m^3 Wasser nur 1,16 kWh Energie je Grad Kelvin Temperaturunterschied gespeichert werden kann. Wärmespeicher besitzen daher meist ein großes Volumen, sie müssen zuverlässig arbeiten, kostengünstig errichtet werden und auch in bestehende Siedlungsstrukturen integriert werden können. Aufgrund des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen sinken bei zunehmenden Speicherinhalten die spezifischen Wärmeverluste. Zusätzlich nehmen die spezifischen Investitionskosten bei größeren Speichern ab.

4.2 Speichertypen

Abb. 151 zeigt verschiedene Konzepte zur saisonalen Wärmespeicherung. Die Eignung der unterschiedlichen Speichertypen hängt dabei entscheidend von den geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten des jeweiligen Standortes ab.

Behälter- und Erdbecken Wärmespeicher sind nahezu standortunabhängig. Sie weisen jedoch auch die höchsten spezifischen Baukosten auf. In ihren Dimensionen variieren Behälter- und Beckenspeicher zwischen 100 m^3 bis über 12.000 m^3 . Als größte bereits durchgeführte Projekte können der 12.000 m^3 fassende Beton-Heißwasserspeicher in Friedrichshafen (Deutschland), sowie der Erdbeckenwärmespeicher mit 10.000 m^3 Fassungsvermögen in Marstal (Dänemark) angeführt werden. [Ochs 2008]

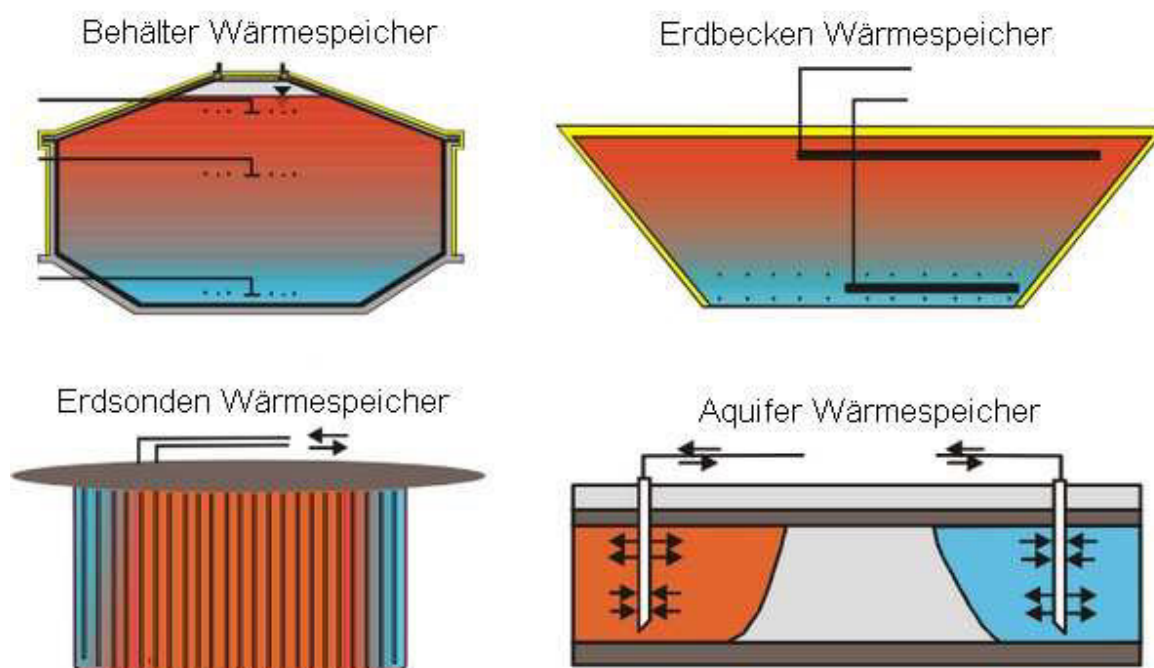


Abb. 151: Speicherkonzepte [Ochs 2008]

Bis auf den Aquifer Wärmespeicher werden bei allen in Abb. 151 dargestellten Speichertypen Maßnahmen zur Wärmedämmung getroffen, um die Wärmeverluste auf ein Minimum zu reduzieren. Beim Erdsondenspeicher ist es jedoch nur möglich den Deckelbereich wärmetechnisch zu dämmen. Bei Behälter- und Erdbeckenspeicher werden der Deckel, die Seitenwände sowie der Boden gedämmt. In den Speichern der ersten Generation wurde jedoch noch keine Bodendämmung eingesetzt. Für den Wandaufbau muss eine hohe Qualität sichergestellt werden, um die geforderte Wärmedämmung aufgrund von Durchfeuchtung über einen längeren Zeitraum gewährleisten zu können.

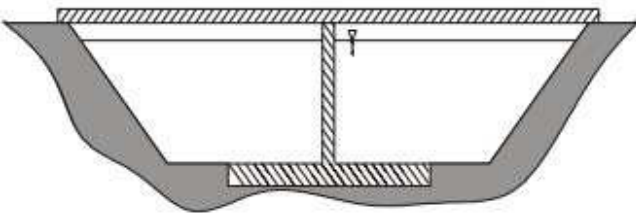
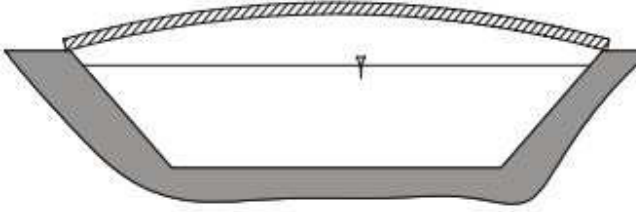
4.2.1 Behälter-Wärmespeicher

Behälter-Wärmespeicher bestehen aus einem großen Wassertank, der an einen Be- und Entladekreislauf angeschlossen wird. Dabei handelt es sich meist aus unterirdischen Stahlbetonbehältern, die als Ortbeton gegossen werden. Bei Speichern neuester Generation werden auch Beton-Fertigteilkonstruktion, die vor Ort vorgespannt werden um höhere Lasten tragen können, eingesetzt. Die Behälterinnenseite wird mittels Edelstahl oder Schwarzsstahlblechen abgedichtet. Zur Reduzierung der Wärmeverluste werden Behälter Wärmespeicher am Boden, den Wänden sowie dem Deckel gedämmt. Bei einer drucklosen Behälterausführung können Fülltemperaturen bis 95°C erreicht werden. Konstruktionen die unter Druck stehen und dampfdicht sind, können deutlich höhere Speichertemperaturen erreichen.

Für die Beladung des Tanks wird eine Schichtbeladeeinrichtung genutzt. Das heiße Wasser wird dabei in den oberen Teil des Speichers, gemäß seiner Temperatur eingespeist. Im Bedarfsfall wird das Wasser aus dem oberen, heißesten Teil des Speichers entnommen. Der Wärmespeicher weist eine geringe Trägheit auf. So kann die gespeicherte Wärme bei kurzen Zugriffszeiten auch mit hohen Volumenströmen entnommen werden.

Saisonale Wärmespeicherung beginnt erst ab einer Größe von 1000 m³ Wasservolumen energetisch sinnvoll zu sein. Von allen Speicherkonstruktionen weisen Behälter Wärmespeicher die günstigsten Voraussetzungen für eine Optimierung der Volumen / Oberfläche Verhältnisse und somit zur Wärmeverlustminimierung auf. Aufgrund der größtenteils unterirdischen Bauweise sollte der Untergrund stabil stehend sein und in der Bautiefe von 5 bis 15 Meter möglichst kein Grundwasser aufweisen.

Die Abdeckungen von Heißwasser Behälter- und Erdbeckenspeicher können entweder als schwimmende Abdeckung, abgestützte Abdeckung oder als freitragende Abdeckung ausgeführt werden. Tabelle 54 zeigt die verschiedenen Varianten mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen.

	abgestützte Abdeckung <u>Vorteile:</u> ✓ Abdeckung frei begehbar/befahrbar ✓ Speicher ist zugänglich/wartbar ✓ Nahezu beliebige Speichergröße <u>Nachteile:</u> ▪ Wärmebrücke ▪ Aufwändiges Fundament nötig ▪ Durchführung der Abstützung
	selbsttragende Abdeckung <u>Vorteile:</u> ✓ Abdeckung frei begehbar/befahrbar ✓ Speicher ist zugänglich/wartbar <u>Nachteile:</u> ▪ aufwändige Konstruktion ▪ relativ hoher Aufbau ▪ begrenztes Speichervolumen
	schwimmende Abdeckung

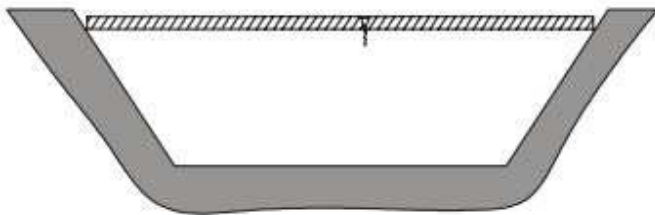
	<u>Vorteile:</u> ✓ einfache Konstruktion ✓ nahezu beliebige Speichergröße <u>Nachteile:</u> ▪ keine Befahrbarkeit ▪ begrenzte Begehrbarkeit ▪ limitierter Zugang für Wartung ▪ komplizierte Konstruktion des Be- und Entladesystems
---	---

Tabelle 54: Abdeckungen für Behälter Wärmespeicher [Ochs 2007]

	1. Generation	2. Generation	3. Generation
Konstruktion	Ortbetonbehälter	Ortbetonbehälter	Ortbetonbehälter oder vorgespannte Fertigteilkonstruktion, ggf. unter Innendruck
Wärmedämmung	Wand und Dach gedämmt, Mineralfaserdämmung	Wand und Dach gedämmt, Blähglasgranulat in Gewebesäcken	Boden, Wand und Dach gedämmt, Boden: Schauglasschotter, Wand und Dach: Blähglasgranulat in Membranschalung
Abdichtung	Edelstahlblech, verschweißt	Hochleistungsbeton	Edelstahl- oder Schwarzstahlblech, auf Fertigteilen montiert und verschweißt
Schutz der Wärmedämmung	Mineralfaser und Abdichtbahn	Dampfsperre, Wärmedämmung und diffusionsoffene Dichtbahn	Dampfdiffusionsoffene Dachdämmkonstruktion im Erdreich, havariesicher
Be- und Entladesystem	Obere und untere Tasse	Zusätzlich mittlere Tasse	Schichtbeladesystem, Tassen mit automatischer Höhenregulierung

Tabelle 55: Entwicklung Behälter Wärmespeicher [Mangold 2006]

Abb. 152 zeigt den Wandaufbau des 12.000 m³ Wasservolumen fassenden Beton-Heißwasserspeichers in Friedrichshafen. Die solare Nahwärmanlage mit saisonalem Speicher in Friedrichshafen wurde 1996 errichtet und versorgt ein Wohngebiet mit 570 Wohneinheiten in

8 Mehrfamilienhäusern. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt dabei in dezentralen Wasserspeichern mit externem Plattenwärmetauscher. Die Solaranlage besteht aus 5600m² Flachkollektoren und dem Heißwasserspeicher. Der Speicher entstammt dabei der 1. Generation von saisonalen Behälter Wärmespeichern.

Wie aus Tabelle 55 hervorgeht, wurden die Behälterspeicher seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Besonders Augenmerk liegt dabei auf einer Optimierung der Wärmedämmung und daraus resultierenden geringeren Wärmeverlusten.

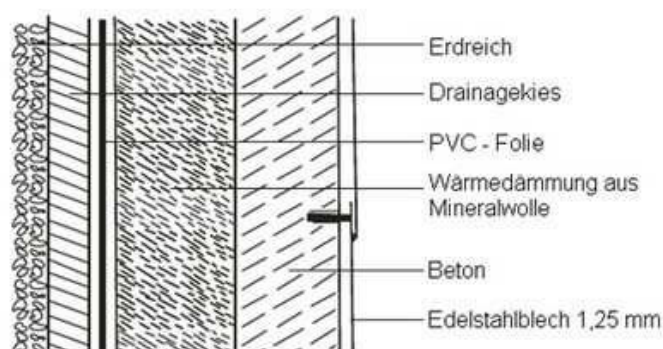


Abb. 152: Wandaufbau - Heißwasserspeicher Friedrichshafen [Kerskes 2008]

Abb. 153 zeigt den Querschnitt durch den 5700 m³ Wasservolumen fassenden Speicherbehälter in München. Aufgrund der Weiterentwicklung bisher errichteter Systeme wurde eine Wärmedämmung des unteren Speicherbereichs aus Schaumglasschotter errichtet. Die Speicherform ist dem Volumen/Oberfläche Optimum einer Kugel angenähert. Im direkten Vergleich mit Speichern der ersten und zweiten Generation konnte bei dem Wärmespeicher in München eine verbesserte Wärmedämmung bei um 20% geringeren Kosten erreicht werden. [Mangold 2006]

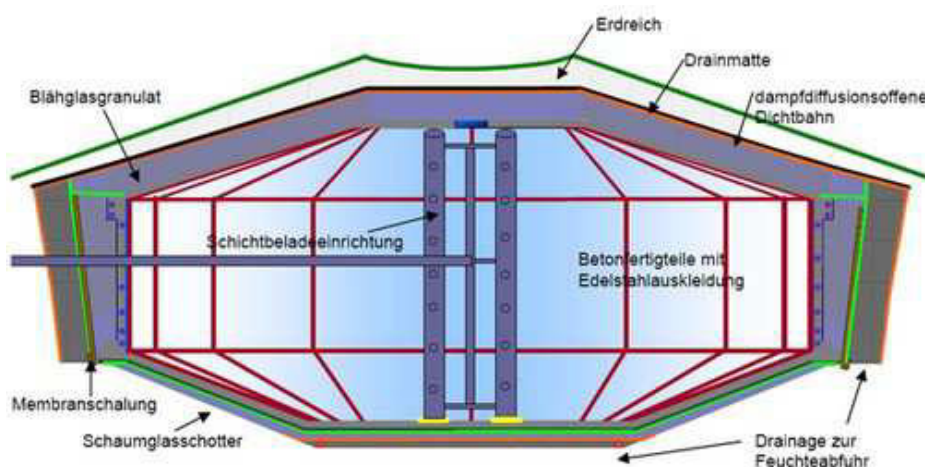


Abb. 153: Behälter Wärmespeicher SNAB München [Mangold 2006]

4.2.2 Erdbecken-Wärmespeicher

Erdbecken-Wärmespeicher werden ungefähr 5 bis 15 Meter in den Untergrund eingegraben und durch Spritzbeton gestützt, bzw. sind natürlich geböscht. Der Wärmespeicher ist auf der gesamten Oberfläche gegen das Erdreich gedämmt. Die Oberseite des Speichers wird durch einen schwimmenden, freitragenden oder aufliegenden, ebenfalls gedämmten Deckel abgeschlossen. Im Vergleich mit Behälter Wärmespeichern sind sie eher flach und besitzen eine größere Oberfläche. Die Beschaffenheit des Erdreichs spielt bei der Konstruktion sowie der maximalen Eingrabetiefe eine entscheidende Rolle.

Nach ihrem Speichermedium werden Erdbecken-Wärmespeicher in Kies-Wasser-Wärmespeicher, Sand-Wasser-Wärmespeicher und Heißwasser-Wärmespeicher unterteilt. Wasser besitzt von den diesen Speichermedien die höchste Wärmespeicherfähigkeit. Aus diesem Grund muss der Speicher bei gleichhoher geforderter Wärmespeicherkapazität bei einer Füllung mit Kies bzw. Sand ein größeres Volumen aufweisen. Das hat zur Folge, dass ein Erdbecken Wärmespeicher ca. 1,3- bis 2-mal so groß sein muss wie ein Behälterspeicher, um dieselbe Wärmespeicherleistung zu erbringen. In Erdbecken Speichern können normalerweise Maximaltemperaturen bis zu 80°C gespeichert werden. [Saisonalspeicher 2010]

	1. Generation	2. Generation	3. Generation
Konstruktion	mit Kies gefüllte Grube mit Spritzbeton	mit Kies gefüllte Grube, natürlich geböscht	Wassergefüllte Grube mit schwimmendem oder freitragendem Dach
Wärmedämmung	XPS – Dämmplatten	Blähglasgranulat in Gewebesäcken	Blähglasgranulat in Membranschalung
Abdichtung	einlagige Kunststoffolie, verschweißt	Zwei Lagen PP-Kunststoffolie mit Vakuumkontrolle, verschweißt	Verbundfolie Alu-Kunststoff, verschweißt
Schutz der Wärmedämmung	Konventionelle Abdichtbahn	Konventionelle Abdichtbahn	Dampfdiffusionsoffene Dachdämmkonstruktion im Erdreich havariesicher
Be- und Entladesystem	Direkt	Rohrregister in mehreren Ebenen	Schichtbeladesystem

Tabelle 56: Entwicklung Erdbecken Wärmespeicher [Mangold 2006]

4.2.3 Erdsonden Wärmespeicher

Erdsonden Wärmespeicher nutzen das Erdreich im Untergrund zur Wärmespeicherung. Dazu werden Erdwärmesonden in vertikalen oder schräg verlaufenden, bis zu 100 Meter tiefen Bohrungen eingegossen. Der Bohrlochabstand beträgt ungefähr 1,5 bis 3 Meter. Die Bohrlöcher werden mit Füllmaterial mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit aufgefüllt. An der Erdoberfläche werden die Sonden und Verrohrungen gedämmt. Während der Heizphase wird das erhitzte Wasser in den Untergrund geleitet, wo es das umgebende Gestein erwärmt. Im Bedarfsfall wird diese Wärme dem Gestein wieder entzogen. In der Heizphase werden die Erdsonden mit kühlerem Wasser beschickt und entnehmen dem Untergrund die gespeicherte Wärme.

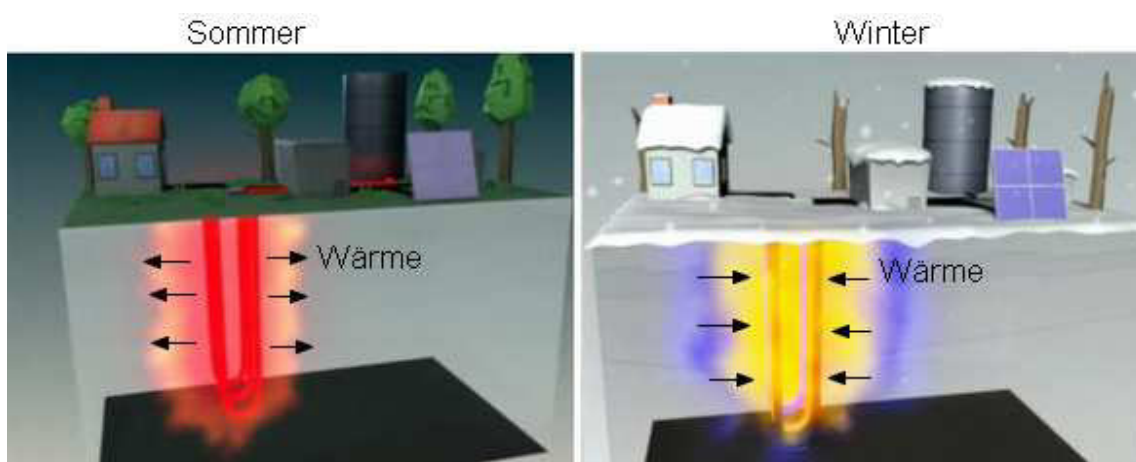


Abb. 154: Prinzip einer Erdsonden Wärmespeicherung [Saisonalspeicher 2010]

Je nach Zusammensetzung besitzt der Untergrund verschiedene Wärmekapazitäten und kann auf bis zu 80°C erwärmt werden. Aufgrund einer relativ langsamen Wärmeleitung vom Wasser ins Erdreich gelten Erdsondenspeicher als träge. Es ist deshalb nicht möglich Leistungsspitzen abzuf puffern. Erdsondenspeicher besitzen relativ hohe Fixkosten, jedoch nur geringe Betriebskosten. Deshalb sind sie für eine effiziente Langzeitspeicherung ab 20.000 m³ energetisch und finanziell sinnvoll. [Saisonalspeicher 2010]

	1. Generation	2. Generation
Konstruktion	Doppel U-Rohr Erdwärmesonde aus Polybuten in rechteckigem Grundriss, parallel erweiterbar	Doppel U-Rohr Erdwärmesonde aus PEX in kreisförmigen Grundriss, konzentrisch erweiterbar
Wärmedämmung	XPS – Dämmplatten	Schauglasschotter
Schutz der Wärmedämmung	Konventionelle Abdichtbahn	Dampfdiffusionsoffene Dichtbahn
Hydraulische Verbindung	Sonden mit Horizontalverrohrung verschweißt, 10 Schächte mit Verteilern	Sonden mit unterschiedlichen Schenkellängen, 1 zentraler Schacht, minimierte Verbindungen mit Pressfittingen

Tabelle 57: Entwicklung Erdsonden Wärmespeicher [Mangold 2006]

4.2.4 Aquifer Wärmespeicher

Bei Aquifer Wärmespeichern werden natürlich vorkommende, in sich geschlossene Grundwasserreservoirs zur Wärmespeicherung genutzt. Als Speichermedium fungiert dabei sowohl die Gesteinsmatrix, als auch das darin eingeschlossene Wasser, welches zusätzlich noch als Wärmeträgermedium genutzt wird. Es werden mindestens zwei Brunnen für die Be- und Entladung des Speichers benötigt. Entscheidend für den Bau dieses Speichertyps sind geeignete hydrogeologische und hydrochemische Verhältnisse. So wird das System maßgeblich von der Wasserqualität beeinflusst. Eisen- und manganhaltige Wässer können beispielsweise durch Luftsauerstoff zu Verockerungen führen.

Durch den "kalten Brunnen" wird Wasser aus dem Aquifer hochgepumpt und mit den zur Verfügung stehenden Wärmequellen erwärmt. Das warme Wasser wird anschließend über die zweite Bohrung wieder in den Untergrund eingeleitet. Während der Heizperiode wird warmes Aquiferwasser entnommen und dessen Wärme über einen Wärmeübertrager in den Verbraucherkreislauf eingespeist. [Saisonalspeicher 2010]

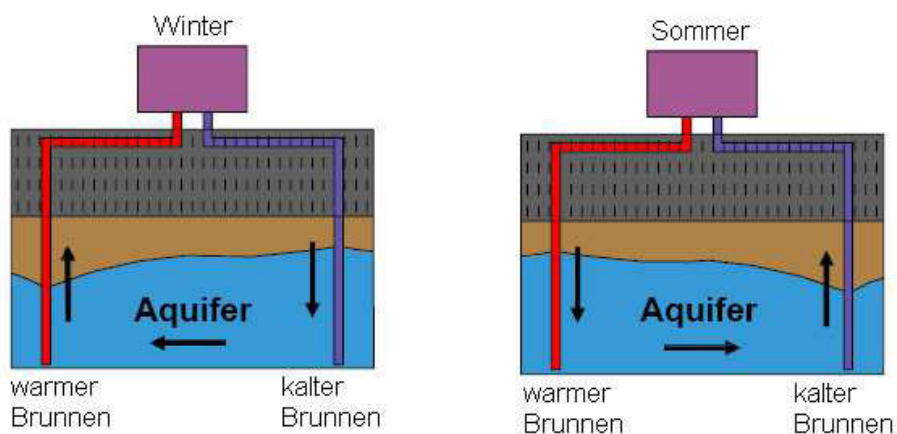


Abb. 155: Prinzip eines Aquifer Wärmespeichers [Sanner 2004]

4.3 Wärmespeicher

Die verstärkte Nutzung von regenerativen Energiequellen führte zur Entwicklung von auf diese Anwendungen abgestimmten Speichern. Die diskontinuierliche und mit unterschiedlicher Temperatur anfallende Energie aus regenerativen Energiequellen, beispielsweise der Sonne, wird durch Wärmelieferungen aus Verbrennungsanlagen (z.B. EBS-Anlage oder BHKW)

ergänzt. Durch dieses Zusammenwirken verschiedener Quellen entstehen höhere Anforderungen an Konstruktion, Auslegung, Betriebsführung sowie Steuerung der Speicher.

Ein entscheidender Faktor beim Betreiben von Wärmespeichern ist eine ausgeprägte thermische Schichtung im Speicher. Die Mischzone sollte dabei möglich schmal sein und die im entladenen Bereich sind niedrige Temperaturen anzustreben. Dadurch werden positive Effekte auf den Wirkungsgrad von Solarkollektoren und Brennkesseln sowie die Leistungszahl von Wärmepumpen erreicht. Bei nicht optimal ausgelegten und betriebenen Speichern treten erhöhte Rücklauftemperaturen und Wärmeverluste sowie mehr Pumparbeit auf.

Die benötigte thermische Energie unterliegt meist einer nicht genau vorhersehbaren zeitlichen Schwankung. Das Angebot an thermischer Energie ist speziell beim Einsatz von regenerativen Energiequellen wie der Sonnenenergie zeitlich nicht konstant, da die Bereitstellung an eine diskontinuierlich anfallende Energieform gebunden ist. Die Abnehmerseite kennzeichnet sich oft durch das Auftreten von kurzen jedoch hohen Bedarfsspitzen. Diese hohen Energieabnahmen können durch Wärmespeicher abgedeckt werden. [Huhn 2006]

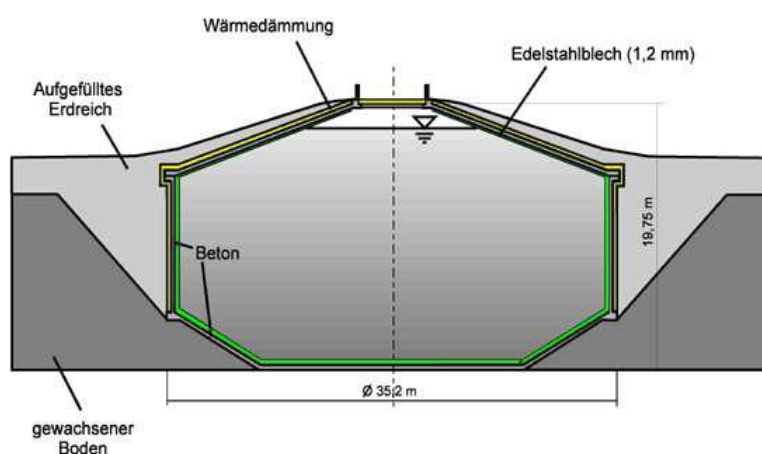


Abb. 156: Abmessungen Behälter-Wärmespeicher Friedrichshafen [Fisch 1999]

Bereits realisierte Projekte mit saisonalen Heißwasserspeichern haben gezeigt, dass Baugrößen mit 12.000 m^3 Wasservolumen bei einem Durchmesser von 35 Meter technisch realisierbar sind. Abb. 156 zeigt die Außenabmessungen des Behälter-Heißwasserspeichers in Friedrichshafen (Deutschland). Der Behälter besitzt einen maximalen Durchmesser von 35,2 Meter und eine Höhe von 19,75 Meter.

5 Energieautarkie

Mittels der angewendeten Methodik ist es möglich, quantitative und qualitative Aussagen bezüglich einer möglichen Energieautarkie in einem definierten Siedlungsgebiet zu treffen. Als entscheidende Faktoren gelten dabei das Siedlungsgefüge – Größe (Fläche und Volumen), Dichte und Kompaktheit, räumlich funktionale Nutzungsstruktur des betrachteten Siedlungsraums, Verkehrsorganisation und Mobilität, sowie die maximal für erneuerbare Energieträger zur Verfügung stehende freie Nutzfläche (Ackerfläche, Waldfläche). Dabei wird das Augenmerk auf das Erreichen einer Ganglinien-bezogenen Energieautarkie gelegt. Dies bedeutet, dass der Energiebedarf nicht nur in der Jahresgesamtbilanz, sondern auch in jedem einzelnen Monat positiv gedeckt werden kann. Eine Bilanzierung über das Gesamtjahr erscheint zudem als kontraproduktiv, weil im Sommer überschüssige Wärme, nach dem derzeitigen Stand der Technik, nur sehr bedingt über einen längeren Zeitraum gespeichert werden kann. Der Energiebedarf für die Mobilität (Szenario 100% Elektromobilität) darf nicht vernachlässigt werden und beträgt in den betrachteten Modellfällen zwischen zwei und sieben Prozent des Gesamtenergiebedarfs (Wärme-, Kälte- und elektrische Energie).

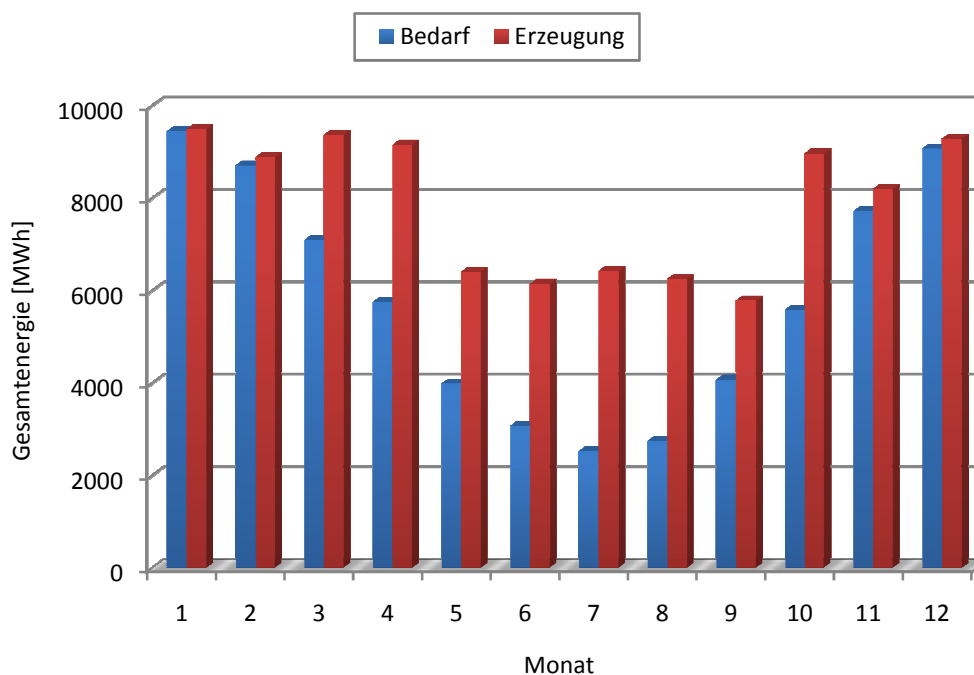


Abb. 157: Beispiel Energieautarkie

Abb. 157 zeigt das Beispiel einer autarken Energieversorgung. Der Gesamtenergiebedarf kann in jedem Monat des Jahres gedeckt werden. Energieautarkie wird nur dann erreicht, wenn sowohl der Wärme- als auch Strombedarf anhand dieses Kriteriums abgedeckt werden kann.

6 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

6.1 Siedlungstyp 1 - „Stadt“: Wiener Neustadt

Beim Siedlungstyp 1 „Stadt“, für welchen die Stadt Wiener Neustadt als Referenz diente, kann durch die Nutzung der verfügbaren Acker- bzw. Waldflächen, sowie sonstigen lokalen Quellen (Solarenergie, Geothermie, Windenergie) nur eine Deckung des Gesamtwärmebedarfs von ca. 31% und ca. 14% der benötigten Menge an elektrischer Energie erreicht werden. Die verschiedenen Anteile am Gesamtenergiebedarf werden in Abb. 158 dargestellt.

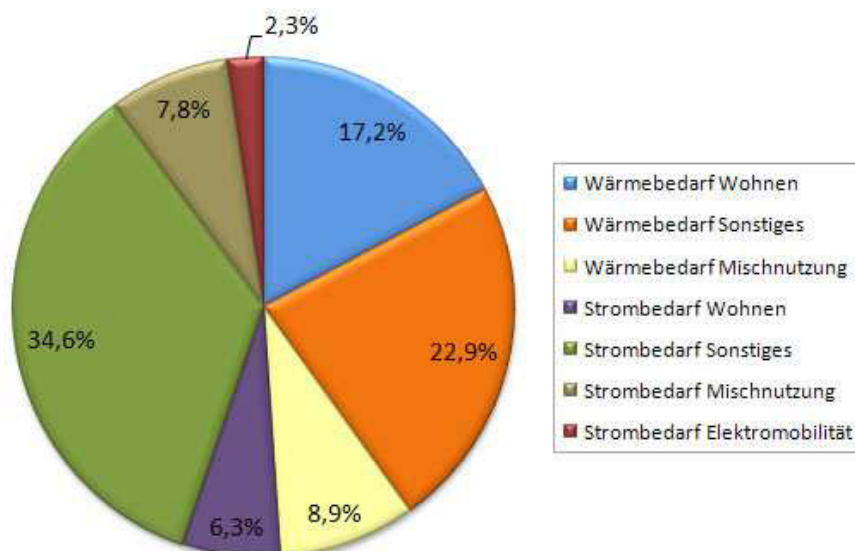


Abb. 158: Gesamtenergiebedarf Wiener Neustadt: 1167 GWh

Um eine Energieversorgung, basierend auf erneuerbaren Quellen gewährleisten zu können, müssen entsprechend des erarbeiteten Konzepts ca. 88.500 Tonnen Kurzumtriebsholz (Anbaufläche von ca. 5.500 Hektar) sowie ca. 1.357.000 Tonnen Maissilage (Anbaufläche von ca. 30.000 Hektar) aus dem regionalen Umland zugeführt werden. Der Gesamtenergiebedarf von ca. 1.167.000 MWh setzt sich für Wiener Neustadt aus ca. 571.000 MWh Wärmeenergieverbrauch und ca. 596.000 MWh elektrischer Energie zusammen.

Abb. 159 zeigt die der Stadt Wiener Neustadt derzeit zur Verfügung stehende freie Nutzfläche. Aufgrund des Siedlungstyps „Stadt“ wird dabei ein verhältnismäßig geringer Wert für die freie Nutzfläche pro Einwohner erreicht.

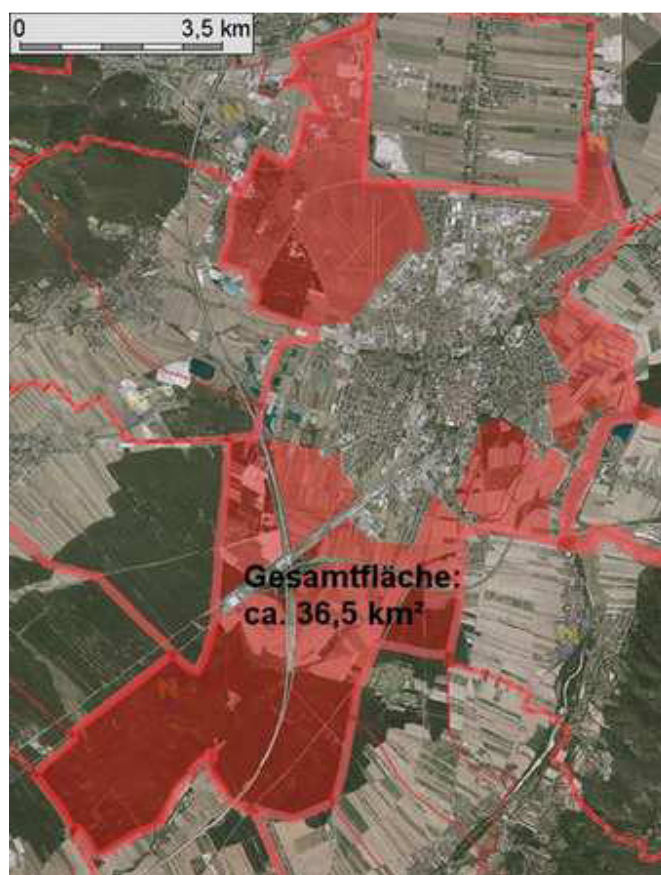


Abb. 159: derzeit verfügbare Nutzfläche Wiener Neustadt, Luftbild Nö-Atlas

Das schematische Prinzip eines Wärme Smart Grids für Wiener Neustadt wird in Abb. 160 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass mehrere dezentrale Pufferspeicher über das gesamte Stadtgebiet verteilt sind und von verschiedenen Energiezentralen angesteuert werden können. Die Verbraucherpuffer sind dabei intelligent mit den dezentralen Puffern verbunden. Als Energiezentralen werden zwei EBS-Anlagen mit jeweils 25 MW Nennleistung und BHKW's mit einer thermischen Gesamtleistung von 80 MW eingesetzt. Zusätzlich wird eine Gesamtfläche von 240.600 m² durch Solarthermie zur Wärmeerzeugung genutzt. Diese Fläche entspricht einer Kollektorfläche von 30 m² pro Gebäude in Wiener Neustadt. Aufgrund der kompakten Siedlungsstruktur und der daraus resultierenden hohen Wärmebelegungsichte, können die Wärmetransportverluste auf unter 10% begrenzt werden.

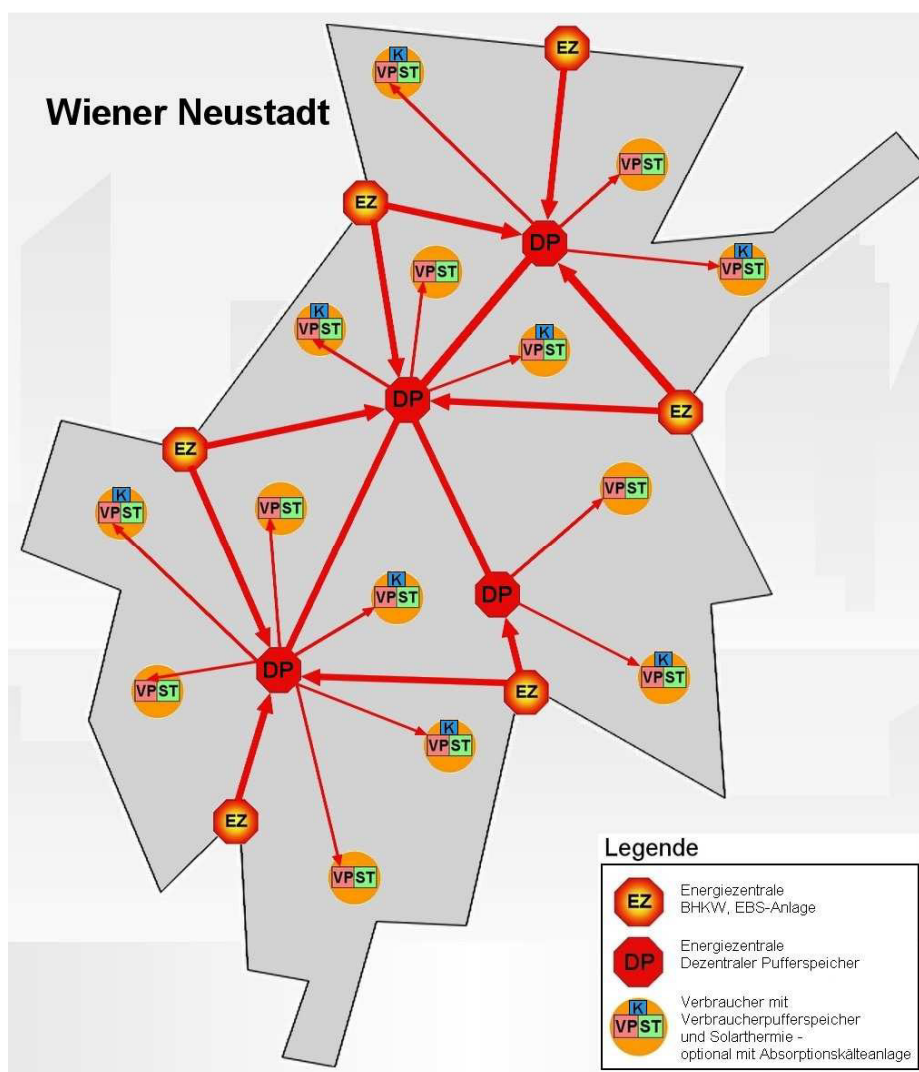


Abb. 160: schematische Abbildung Wärme-Smart Grid Wiener Neustadt

Wie aus Tabelle 58 hervorgeht, können durch den Einsatz eines auf erneuerbaren Energien basierenden Wärme Smart Grids die CO₂ und CO-Emissionen stark reduziert werden. Diese Einsparungen sind möglich, weil die Verbrennung von Holz und Biogas im Vergleich zu fossilen Brennstoffen wie Öl oder Erdgas, eine deutlich bessere Klimabilanz aufweist.

Wiener Neustadt						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	CH ₄ [kg]	PM ₁₀ [kg]
Ist - Zustand	106.813.441	3.458.150	86.649	128.947	245.103	72.831
Wärme Smart Grid	18.425.502	1.249.034	1.180.264	133.426	k.A.	43.227
Differenz	-88.387.939	-2.209.115	1.093.615	4.479	k.A.	-29.604
Veränderung	-82,7%	-63,9%	+1262,1%	+3,5%	k.A.	-40,6%
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 58: Emissionen bei der Wärmeerzeugung für Wiener Neustadt

In Tabelle 59 werden die Emissionen, welche täglich durch die PKW-Nutzung entstehen dargestellt. Das Szenario fossile Brennstoffe beinhaltet dabei eine Verteilung von Diesel- und Benzinmotoren im Verhältnis 60:40. Die durchschnittlich zurückgelegte Strecke beträgt 20,13 km pro Tag (*in Anlehnung an eine Mobilitätsanalyse 2004 der Stadt Salzburg*) wobei 89% der Einwohner in die Mobilitätsanalyse mit eingerechnet werden.

Emissionen durch PKW Nutzung pro Tag in der Region Wiener Neustadt						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Partikel [kg]	HC [kg]
fossile Brennstoffe	102.836,1	514,2	133,7	k.A.	11,0	63,2
Strommix Energieautarkie	1.977,8	132,5	133,0	16,1	4,8	k.A.
Differenz	-100.858,4	-381,7	-0,7	k.A.	-6,2	k.A.
Veränderung	-98,1%	-74,2%	-0,5%	k.A.	-56,1%	k.A.
Strommix Verbund 2002	7.789,8	k.A.	5,0	4,5	0,4	k.A.
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 59: Emissionen durch PKW Nutzung (konventionell/Elektromobilität) pro Tag für Wiener Neustadt

Die Szenarien Strommix Energieautarkie und Strommix Verbund 2002 beinhalten dieselben Wegstrecken pro Tag, setzen jedoch einen vollständigen Umstieg auf Fahrzeuge mit elektrischen Antrieb voraus. Dementsprechend werden keine fossilen Treibstoffe mehr eingesetzt und die Emissionen resultieren aus den pro kWh emittierten Schadstoffen bei der Stromerzeugung.

Es wird deutlich, dass durch den Einsatz von regenerativen Energiequellen im Szenario Energieautarkie große Mengen an CO₂ eingespart werden können. Im direkten Vergleich zum derzeitigen Stand kann bei einem Umstieg auf Elektrofahrzeuge verbunden mit Stromerzeugung aus regenerativen Quellen der CO₂-Ausstoß um bis zu 98,1% verringert werden. Die Emissionen im Fall einer konventionellen Stromerzeugung (beispielsweise deutscher Strommix mit großem Anteil an Kohlestrom) sind dementsprechend höher.

6.2 Siedlungstyp 2 – „urbane Siedlung“: Thaur / Rum

Der zweite Siedlungstyp „urbane Siedlung“ für welchen die Gemeinden Thaur und Nordrum im Tiroler Unterinntal (Bevölkerungsdichte ca. 180 Einwohner / km²) als Referenzen verwendet wurden, zeichnet sich ebenfalls dadurch aus, dass aufgrund der klimatisch, topografisch und landschaftsräumlich begrenzten freien Nutzfläche für Biomasse der Gesamtenergiebedarf nicht vollständig aus lokalen Ressourcen gedeckt werden kann.

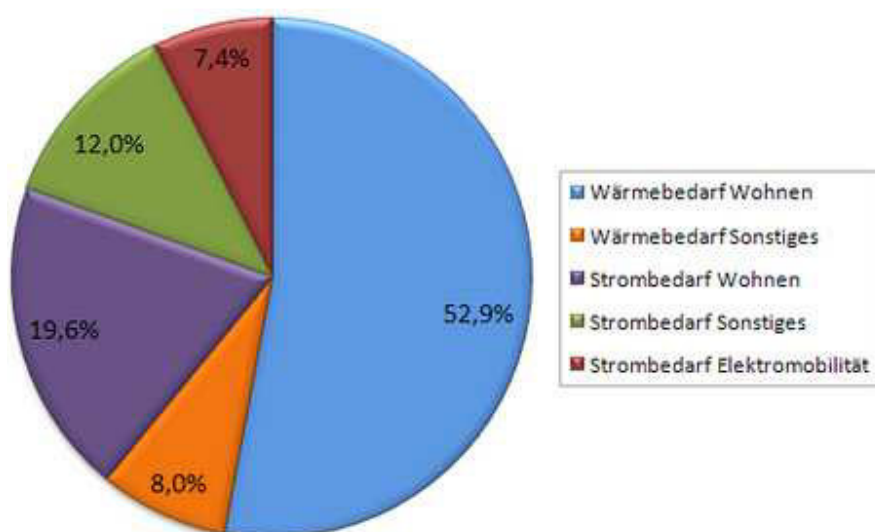


Abb. 161: Gesamtenergiebedarf Thaur / Rum: 71 GWh

Abb. 161 zeigt die Verteilung des Gesamtenergiebedarfs für den Modellfall Thaur / Rum. Es ist ersichtlich, dass rund 53% des jährlichen Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung für Wohnfläche aufgewendet werden muss. In Summe entfallen über 60% der verbrauchten Energie auf die Bereitstellung von Wärme.

Wie in Abb. 162 ersichtlich, unterscheidet sich der Gesamtwärmebedarf von Thaur / Rum in den verschiedenen Jahreszeiten sehr deutlich. Das Maximum erreicht der Wärmebedarf im Januar mit einem Monatsverbrauch von ca. 7.000 MWh. Im Vergleich dazu sinkt der Wärmebedarf im Hochsommer auf Werte unter 500 MWh pro Monat. Entscheidend für die Auslegung und Dimensionierung eines Wärme-Smart Grids sind dementsprechend die Maximalwerte der Wintermonate. Aufgrund fehlender Speichertechnologien bzw. Speicherkapazitäten ist eine saisonale Speicherung des Wärmeüberschusses aus den Sommermonaten derzeit nicht realistisch.

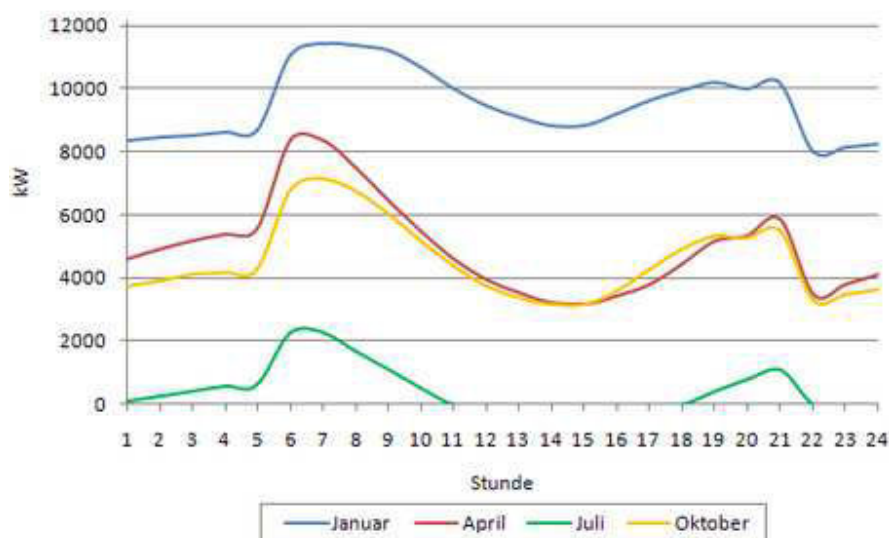


Abb. 162: Tagesganglinien – Wärmebedarf - Thaur / Rum

Der Strombedarf unterscheidet sich wie aus Abb. 163 hervorgeht nur geringfügig in den betrachteten repräsentativen Monaten.

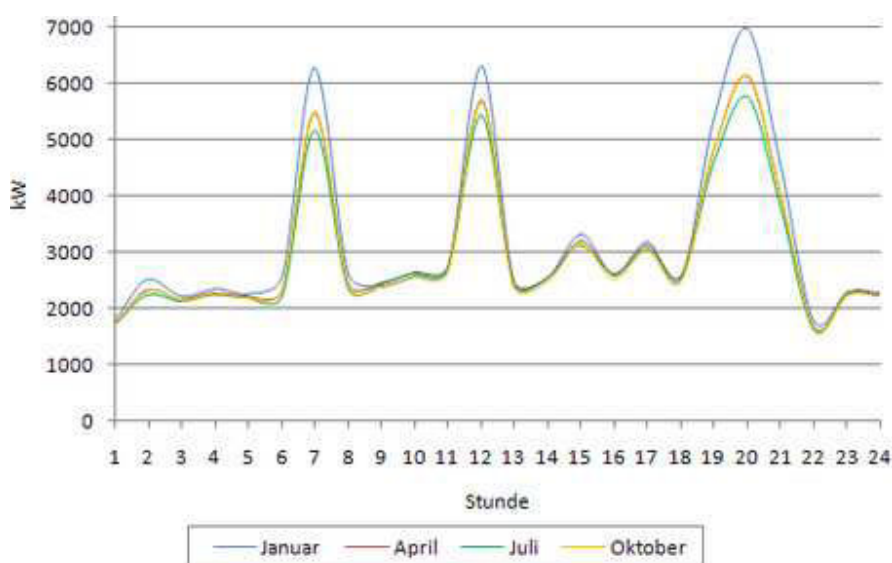


Abb. 163: Tagesganglinien - Strombedarf - Thaur / Rum

Darauf abgeleitet ergibt sich eine in Abb. 164 dargestellte Jahresganglinie für den Gesamtenergiebedarf. Der maximale Verbrauch wird gemäß dem Wärmebedarf in den Wintermonaten erreicht.

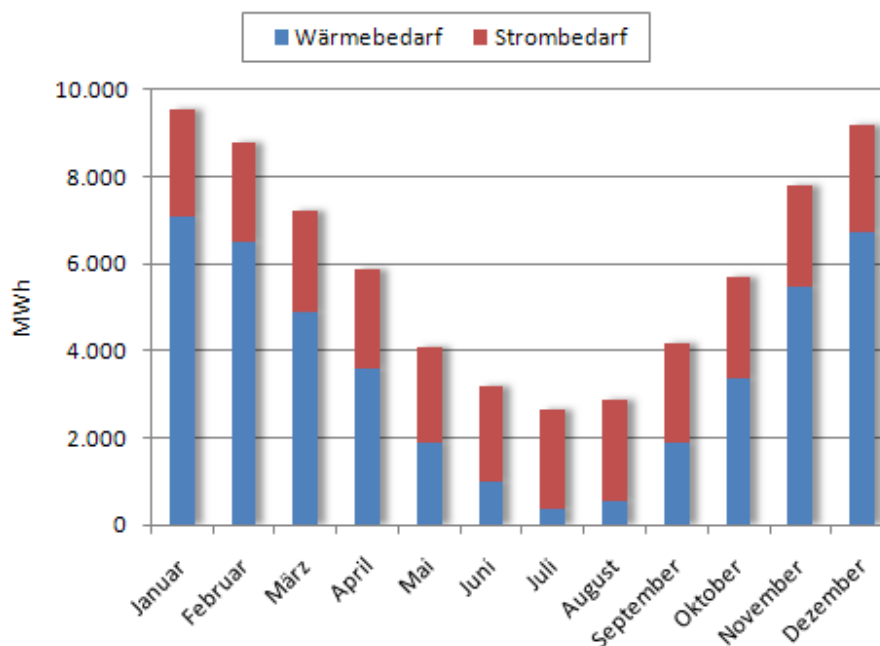


Abb. 164: Jahresganglinien - Gesamtenergiebedarf - Thaur / Rum

6.2.1 Energieversorgung mittels lokaler Ressourcen

Für eine autarke Energieversorgung müssen die Anlagen derart ausgelegt werden, dass sowohl der Wärme- also auch elektrischer Energiebedarf in jedem Monat gedeckt werden kann. Die durchgeführten Berechnungen haben ergeben, dass unter Ausnutzung der gesamten für Biomasseanbau verfügbaren Fläche der Wärmebedarf zu ca. 60% bzw. die benötigte Strommenge zu ca. 41% abgedeckt werden können. Die derzeit verfügbare theoretische Nutzfläche wird in Abb. 165 dargestellt und beträgt ca. 419 Hektar.

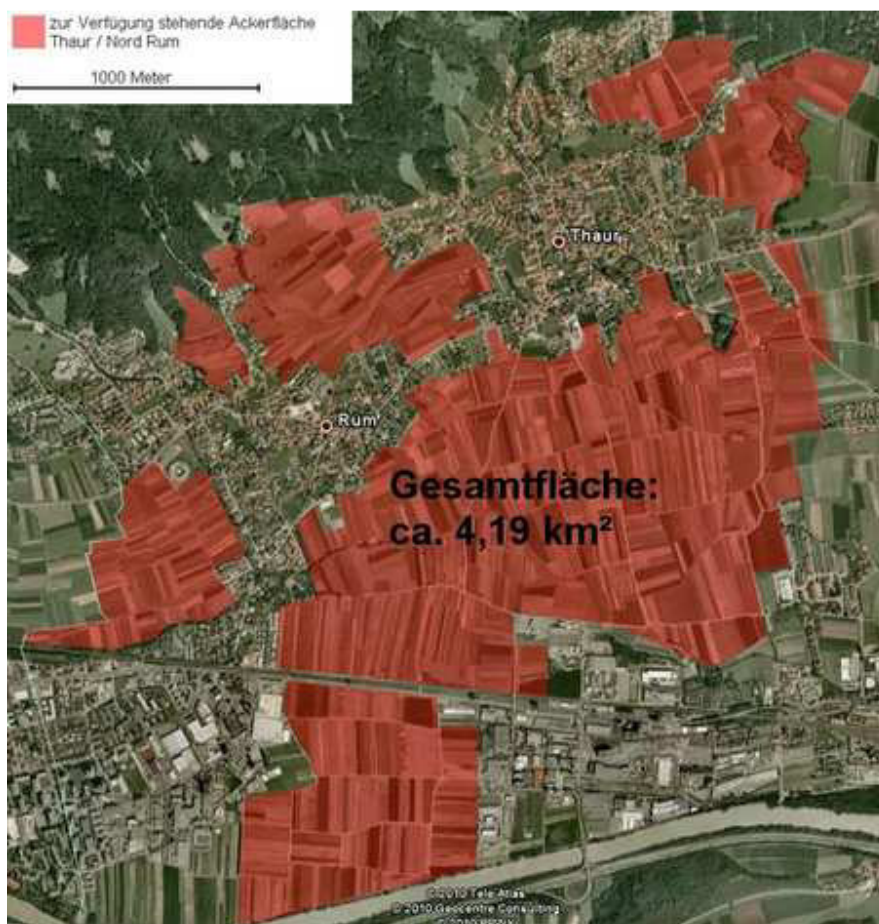


Abb. 165: derzeit theoretisch verfügbare Nutzfläche Thaur / Nordrum, Luftbild Google

Zusätzlich zum freien Ackerland wurde mit einer Solarthermiefläche von 30 m² pro Gebäude gerechnet. Um eine ganzjährige Versorgung mit Wärme- und elektrischer Energie gewährleisten zu können, müssen ca. 34.000 Tonnen Maissilage (entspricht einer Anbaufläche von 753 Hektar) zur Biogaserzeugung, sowie 9.800 Tonnen Kurzumtriebsholz (611 Hektar Anbaufläche) zur thermischen Verwertung aus dem regionalen Umland zugeführt werden. Mittels dieser zusätzlichen Ressourcen kann der Strom- und Wärmebedarf ganzjährig abgedeckt werden (**Szenario Wärme-Smart Grid**).

Die Energieversorgung durch lokal verfügbare Ressourcen der Modellregion Thaur / Rum wurde wie folgt ausgelegt:

- ✓ 415 Hektar Maisanbau zur Biogasproduktion
- ✓ 4 Hektar Photovoltaik
- ✓ 30 m² Solarthermie pro Gebäude
- ✓ thermische Verwertung von 300 kg EBS/Einwohner * Jahr

Abb. 166 zeigt die erzielbare Leistung eines mit Biogas betriebenen BHKW, das mittels einer Anbaufläche von 415 Hektar Mais versorgt wird. Die Gesamtleistung beträgt 0,96 MW thermisch und 0,983 elektrisch.

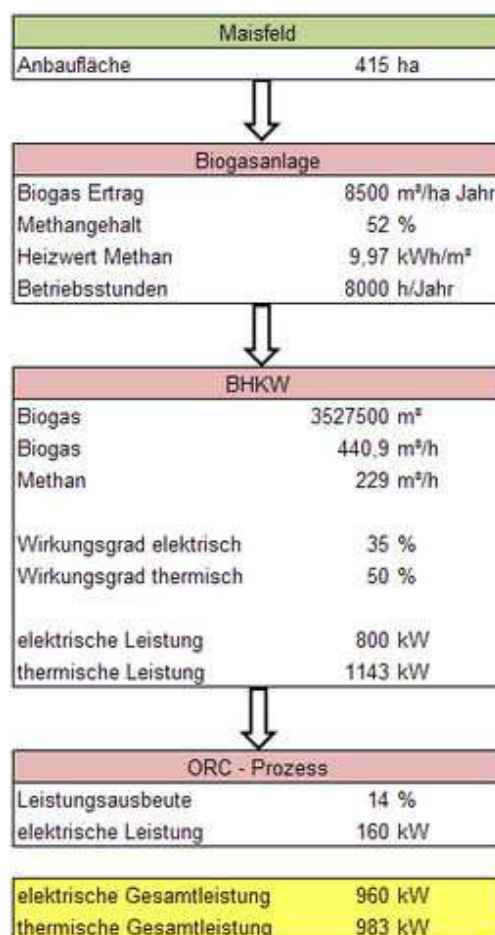


Abb. 166: BHKW (Biogas) mit 415 Hektar Maisanbaufläche

6.2.1.1 Wärmeversorgung durch lokale Ressourcen

Abb. 167 zeigt die Versorgung von Thaur / Rum mit lokal verfügbaren Ressourcen. Der erzielt Deckungsgrad liegt bei ca. 60%. In den Monaten Mai bis September wird die EBS-Anlage stromgeführt betrieben. Das bedeutet, dass der Dampf im Niederdruckbereich auf ca. 45°C abgekühlt wird, wodurch der Wirkungsgrad an thermisch verwertbarer Energie auf 0% sinkt. Aufgrund der maximalen solaren Einstrahlung kann die Versorgung mit Wärme im Sommer mittels Solarthermie und dem BHKW gewährleistet werden. In den Wintermonaten wird die EBS-Anlage wärmegeführt betrieben um den Bedarf an Wärmeenergie bestmöglich zu decken.

energierelevante Fläche Wohnen	312.447 m ²
energierelevante Fläche Sonstiges	58.939 m ²

Solarthermie - Kollektoren	
Anzahl der Gebäude	1.500
Kollektorfläche pro Gebäude	30 m ²
Kollektorfläche gesamt	45.000 m ²

BHKW (Biogas): 0,98 MW thermisch, Biogas aus Maissilage (415 ha Anbaufläche), 8000 Betriebsstunden pro Jahr
EBS-Anlage: 1,4 MW Nennleistung (resultierend aus Ersatzbrennstoffmenge), 8000 Betriebsstunden pro Jahr
Stromgeführt: Wirkungsgrad thermisch = 0%, Wärmegeführt: Wirkungsgrad thermisch = 90%
Solarthermie: Vakuumröhrenkollektoren mit 30° Neigungswinkel, Ausrichtung Süden

Monat	Bedarf Wohn- fläche [kWh/m ²]	Bedarf sonstige Fläche [kWh/m ²]	Wärmebedarf [MWh]	Wärmequellen			Differenz [MWh]
				BHKW (Biogas) [MWh]	EBS Anlage [MWh]	Solarthermie [MWh]	
Januar	19,7	15,8	7.086	672	862	1.138	4.414
Februar	18,1	14,5	6.510	602	771	1.326	3.811
März	13,6	10,9	4.892	672	862	1.887	1.471
April	10	8	3.596	649	832	1.897	219
Mai	5,2	4,2	1.872	672	0	2.132	0
Juni	2,8	2,2	1.005	649	0	2.025	0
Juli	1	0,8	360	672	0	2.143	0
August	1,5	1,2	539	672	0	2.013	0
September	5,2	4,2	1.872	649	0	1.739	0
Oktober	9,4	7,6	3.385	672	862	1.550	301
November	15,2	12,2	5.468	649	832	1.116	2.872
Dezember	18,7	15	6.727	672	862	910	4.282

Gesamtwärmebedarf	43.312 MWh
Deckung durch externe Quellen	17.370 MWh
Deckungsgrad durch lokale Quellen	59,9%

Abb. 167: Wärmebereitstellung durch lokale Ressourcen

6.2.1.2 Stromversorgung durch lokale Ressourcen

Die Versorgung mit elektrischer Energie durch lokale Ressourcen wird in Abb. 168 dargestellt. Der elektrische Wirkungsgrad der EBS-Anlage ist abhängig von der gewählten Steuerung. Im

wärmegeführten Betrieb steht der Turbine weniger Dampf zur Verfügung wodurch sich der elektrische Wirkungsgrad gegenüber 20% im stromgeführten Betrieb auf 10% reduziert. Zusätzlich zur EBS-Anlage und dem mit Biogas aus Maissilage betriebenen BHKW werden drei Photovoltaikfelder eingesetzt. Dadurch ist es möglich die Bedarfsspitze am Mittag (maximaler Photovoltaikertrag) abzufedern. Aufgrund der tageszeit- und wetterabhängigen Photovoltaikerträge erscheint eine höhere Anzahl an PV-Felder als nicht sinnvoll bzw.

energierelevante Fläche Wohnen	312.447 m ²
energierelevante Fläche Sonstiges	58.939 m ²

BHKW (Biogas): 0,96 MW elektrisch, Biogas aus Maissilage (415 ha Anbaufläche), 8000 Betriebsstunden pro Jahr
EBS-Anlage: 1,4 MW Nennleistung (resultierend aus Ersatzbrennstoffmenge), 8000 Betriebsstunden pro Jahr
Stromgeführt: Wirkungsgrad elektrisch = 20%, Wärmegeführt: Wirkungsgrad elektrisch = 10%
Photovoltaik: 3x PV-Feld mit 3640 Modulen des Typs SW-220 poly mit 15° Neigungswinkel, Gesamtfläche: 6103 m ² pro Feld

	Bedarf Wohnfläche [kWh/m ²]	Bedarf sonstige Fläche [kWh/m ²]	Bedarf Elektromobilität [MWh]	Strombedarf [MWh]	BHKW (Biogas) [MWh]	EBS Anlage [MWh]	Photovoltaik [MWh]	Differenz [MWh]
Januar	4,3	11,5	449	2.470	657	96	97	1.621
Februar	4	10,8	405	2.292	588	86	132	1.486
März	3,8	11,4	449	2.308	657	96	210	1.346
April	3,5	12,5	434	2.265	634	92	228	1.311
Mai	3,4	12,1	449	2.224	657	192	264	1.112
Juni	3,3	12	434	2.173	634	185	253	1.101
Juli	3,4	13	449	2.277	657	192	267	1.162
August	3,5	13,1	449	2.314	657	192	239	1.227
September	3,6	12,7	434	2.308	634	185	195	1.294
Oktober	3,7	11,9	449	2.306	657	96	156	1.398
November	3,9	11,9	434	2.354	634	92	96	1.532
Dezember	4,2	11,7	449	2.451	657	96	72	1.626

Gesamtstrombedarf	27.741 MWh
Deckung durch externe Quellen	16.217 MWh
Deckungsgrad lokale Quellen	41,5%

Abb. 168: Bereitstellung von elektrischer Energie durch lokale Ressourcen

6.2.2 Wärme-Smart Grid

In Abb. 169 wird ein Wärme Smart Grid für die Gemeinden Thaur und Nordrum schematisch dargestellt. Als Energiezentralen werden dabei ein mit Biogas betriebenes BHKW und eine EBS-Anlage, in der Ersatzbrennstoffe und Holz verwertet werden, eingesetzt. Aufgrund der geografischen Lage besteht die derzeit freie Fläche zwischen den Siedlungen als bestmöglicher Standort der Energiezentralen. Die Wärmebelegungsdichte liegt im Versorgungsgebiet bei ca. 3,2, wodurch Transportverluste kleiner 10% erreicht werden können (siehe Abb. 2).

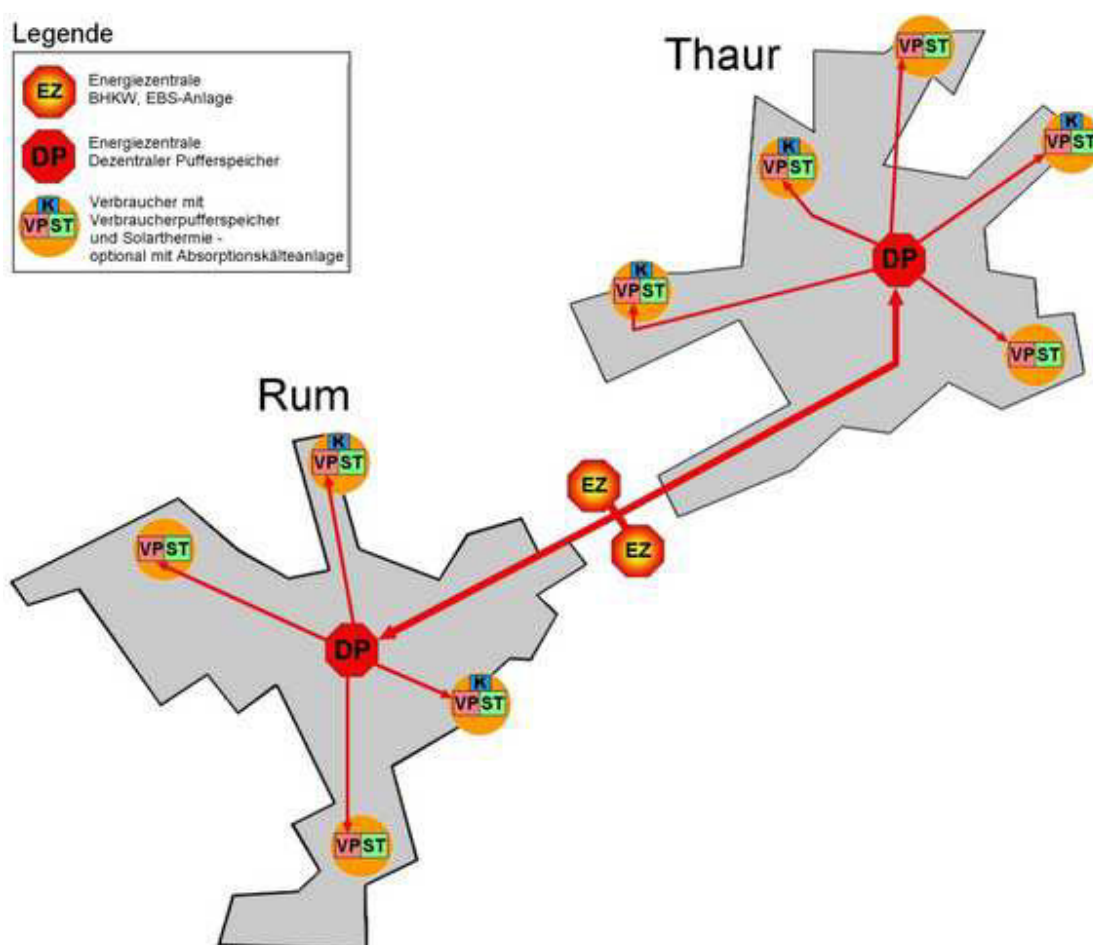


Abb. 169: schematische Abbildung Wärme-Smart Grid Thaur / Nordrum

Durch die Positionierung der beiden Energiezentralen (BHKW und EBS-Anlage) ergibt sich die kürzeste Fernwärmeverbindung zur Versorgung der Ortschaften. Das System eines Wärme-Smart Grids wird durch die Kombination von dezentralen Heißwasserspeichern, welche in den Ortszentren platziert sind, sowie den Verbraucher-Puffern bei den Endverbrauchern charakterisiert. Durch die Einbindung von Verbraucher- und dezentralen Puffern wird gewährleistet, dass Wärmeenergie aus den Energiezentralen zu Zeiten von geringem Verbrauch

abgegeben werden kann. Aufgrund dieses Wärme-Smart Grids werden die verbraucherseitigen Spitzenlasten geglättet.

6.2.2.1 Berechnung der Emissionen

Abb. 170 zeigt die derzeit in Thaur / Rum zur Gebäudebeheizung verwendeten Energieträger. Die Heizwärme wird zu rund 47% aus Heizöl und 17% Gas erzeugt. Der Rest entfällt auf Holz und Kohle.

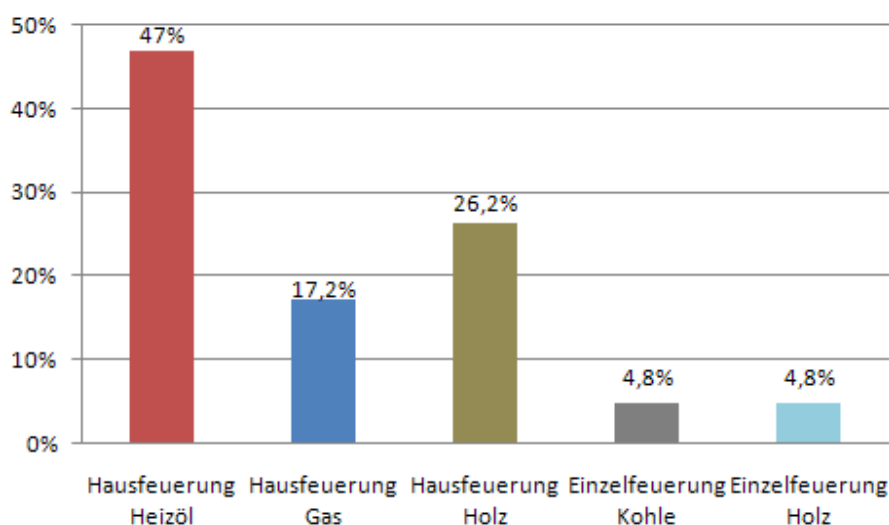


Abb. 170: Derzeitig verwendete Energieträger zur Gebäudebeheizung Thaur / Rum (Statistik Austria, eigene Berechnungen)

Die Berechnung der dadurch entstehenden Emissionen wird in Abb. 171 dargestellt. Der höchste CO₂ Ausstoß wird bei der Verbrennung von Kohle in Einzelöfen erreicht. Holz wird in dieser Berechnung nicht als CO₂ neutral betrachtet, da der gesamte Lebensweg betrachtet und bewertet wird. Im direkten Vergleich zu Kohle und Öl reduzieren sich die CO₂ Emissionen bei der Verfeuerung von Holz deutlich. Trotz der besseren CO₂ Bilanz muss bei der Verbrennung von Holz auf den Ausstoß von Partikeln und Staub (PM₁₀) hingewiesen werden. Im Zeichen steigender Feinstaubbelastungen muss für die Zukunft ein Filtersystem für private Holz- bzw. Kohle Feuerungen angedacht werden.

Modellfall	Thaur/Rum
Gesamtwärmebedarf	43.312 MWh

Energieträger zur Gebäudebeheizung			
Bezeichnung	Anteil	Energie [MWh]	Menge
Hausfeuerung Heizöl	47%	20.357	2 243.900 Liter
Hausfeuerung Gas	17,2%	7.450	827.741 m³
Hausfeuerung Holz	26,2%	11.348	3.152.155 kg
Einzelfeuerung Kohle	4,8%	2.079	289.834 kg
Einzelfeuerung Holz	4,8%	2.079	577.494 kg

Emissionen						
Energieträger	CO2 [g/kWh]	CO [mg/kWh]	NO2 [mg/kWh]	SO2 [mg/kWh]	CH4 [mg/kWh]	PM10 [mg/kWh]
Hausfeuerung Heizöl	265,32	61,2	144	169,2	3,6	0,72
Hausfeuerung Gas	198	100,8	57,6	1,8	21,6	0,72
Hausfeuerung Holz	17,5	7200	360	72	432	180
Einzelfeuerung Kohle	338,4	18000	234	1260	1080	396
Einzelfeuerung Holz	7,5	18000	360	72	1440	360
Energieträger	CO2 [kg]	CO [kg]	NO2 [kg]	SO2 [kg]	CH4 [kg]	PM10 [kg]
Hausfeuerung Heizöl	5.401.030	1.246	2.931	3.444	73	14,7
Hausfeuerung Gas	1.475.035	751	429	13	161	5,4
Hausfeuerung Holz	198.586	81.704	4.085	817	4.902	2.043
Einzelfeuerung Kohle	703.526	37.422	486	2.620	2.245	823
Einzelfeuerung Holz	15.592	37.422	748	150	2.994	748
SUMME	7.793.770	158.544	8.681	7.044	10.375	3.634

Abb. 171: Emissionen zur Wärmebereitstellung - Ist Stand, Emissionswerte aus [BUWAL 1995]

Im Szenario Wärme-Smart Grid wird eine vollständige Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen gewährleistet. Für den Modellfall Thaur / Rum müssen zu den lokal verfügbaren Ressourcen ca. ca. 34.000 Tonnen Maissilage und 9.800 Tonnen Kurzumtriebsholz aus dem regionalen Umland zugeführt werden.

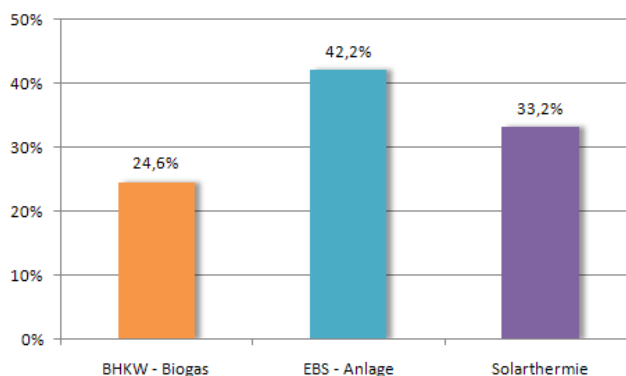


Abb. 172: verwendete Energieträger Szenario Wärme-Smart Grid

Emissionen BHKW - Biogas				
CO ₂ [g/kWh]	CO [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	SO ₂ [g/kWh]	Staub [g/kWh]
23,07	1,91	1,74	0,18	0,06

EBS - Anlage - Emissionen in g/kWh thermischer Energie				
CO ₂ [g/kWh]	CO [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	SO ₂ [g/kWh]	Staub [g/kWh]
10,24	0,096	0,383	0,096	0,019

Emissionen Solarthermie				
CO ₂ [g/kWh]	CO [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	SO ₂ [g/kWh]	Staub [g/kWh]
18,6	0,056	0,034	0,03	0,016

Abb. 173: Emissionen durch Szenario Wärme-Smart Grid, Quelle Biogas: [Völklein 2008],
Quelle Holz (EBS-Anlage): [Eltrop 2006], Quelle Solarthermie: [Wallisch 2001]

Tabelle 60 fasst die entstehenden Emissionen bei der Wärmeerzeugung für den Standort Thaur/Rum (urbane Siedlung) für das Szenario Wärme-Smart Grid zusammen. Durch den Einsatz eines auf regenerativen Energien basierenden Wärme-Smart Grids, könnten jährlich ca. 6.800 Tonnen CO₂ eingespart werden, was einer Reduktion um ca. 87% entspricht.

Thaur / Rum						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	CH ₄ [kg]	PM ₁₀ [kg]
Ist - Zustand	7.793.770	158.544	8.681	7.044	10.375	3.634
Wärme Smart Grid	967.228	31.631	35.939	5.660	k.A.	1.684
Differenz	-6.826.542	-126.913	27.259	-1.384	k.A.	-1.950
Veränderung	-87,6%	-80,0%	+314,0%	-19,6%	k.A.	-53,7%
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 60: Emissionen bei der Wärmeerzeugung für Thaur / Rum

6.2.3 Elektromobilität

In Tabelle 61 werden die Emissionen durch die PKW-Nutzung für den Standort Thaur/Rum dargestellt. Dabei wurde mit einem Verhältnis von Diesel/Benzin- betriebenen Fahrzeugen von 60:40 und einem Schadstoffausstoß gemäß der EURO 4 Norm gerechnet. Aufgrund der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (Holz, Biogas und Sonnenenergie) können durch den Strommix bei Energieautarkie, im Falle eines Umstiegs auf Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb, große Mengen an CO₂ eingespart werden. Gemäß dem für Thaur/Rum berechneten energieautarken Strommix kann der CO₂ Ausstoß um bis zu 97,2% gesenkt werden, was einem Einsparpotenzial von ca. 19,5 Tonnen CO₂ pro Tag entspricht.

Diese Einsparungen sind jedoch nur bei der Nutzung regenerativer Energiequellen erreichbar. Bei der Stromerzeugung in konventionellen Kraftwerken, beispielsweise Stein- und Braunkohlekraftwerke werden große Mengen an CO₂ freigesetzt, wodurch sich auch die indirekten Emissionen der Elektromobilität deutlich verschlechtern.

Emissionen durch PKW Nutzung pro Tag in der Region Thaur / Rum						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Partikel [kg]	HC [kg]
fossile Brennstoffe	20.065,6	100,3	26,1	k.A.	2,1	12,3
Strommix Energieautarkie	557,3	20,9	25,0	4,0	1,1	k.A.
Differenz	-19.508,3	-79,5	-1,0	k.A.	-1,0	k.A.
Veränderung	-97,2%	-79,2%	-4,0%	k.A.	-47,9%	k.A.
Strommix Verbund 2002	1.519,1	k.A.	1,0	0,9	0,1	k.A.
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 61: Emissionen durch PKW Nutzung (konventionell/Elektromobilität) pro Tag für Thaur / Rum, Quelle Strommix: [Verbund 2002]

6.3 Siedlungstyp 3 – „ländlicher Raum“: Pulkautal

Der dritte Siedlungstyp "ländlicher Raum", für welchen das Pulkautal in Niederösterreich als Referenz dient, zeichnet sich durch eine relativ geringe Besiedlungsdichte (ca. 50 Einwohner / km²) bei gleichzeitig großen zur Verfügung stehenden freien Nutzflächen für Biomasse aus. Aufgrund dieses Verhältnisses von Einwohnern zu freier Nutzfläche, kann für das Pulkautal eine autarke Energieversorgung, basierend auf lokalen und regionalen regenerativen Ressourcen erreicht werden.

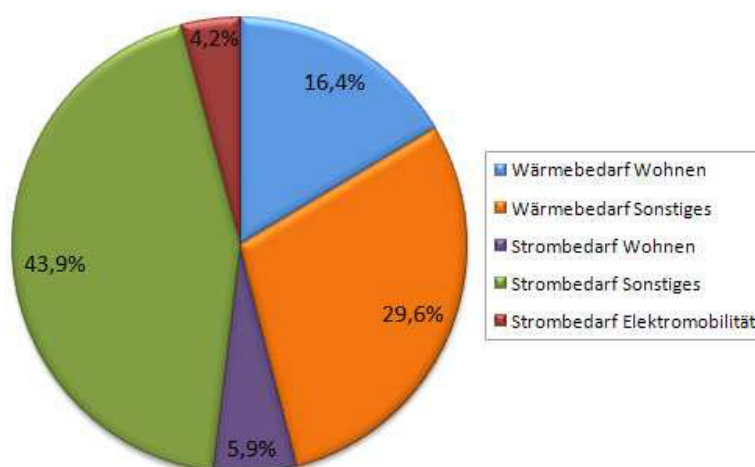


Abb. 174: Gesamtenergiebedarf Pulkautal: 63,3 GWh

Um den Gesamtenergiebedarf von ca. 63.300 MWh, welcher sich aus ca. 29.100 MWh Wärmebedarf und ca. 34.200 MWh Strombedarf zusammensetzt, mittels erneuerbaren Energiequellen (Biogas, Holz, Sonnenenergie) abdecken zu können, wird eine Fläche von ca. 2.280 Hektar benötigt. Damit beträgt der Verbrauch an zur Verfügung stehender Nutzfläche für Biomasse gemäß Abb. 175 ca. 78 Prozent.

Die Energieversorgung basiert dabei auf mit Biogas betriebenen BHKW mit 3,58 MW thermischer Leistung, einer EBS-Anlage mit 6 MW thermischer Nennleistung, fünf Photovoltaikfeldern mit einer Gesamtkollektorfläche von 30.500 m² sowie Solarthermiekollektoren mit einer Kollektorfläche von in Summe 4.000 m² (entspricht einer Fläche von 5 m² pro Gebäude).

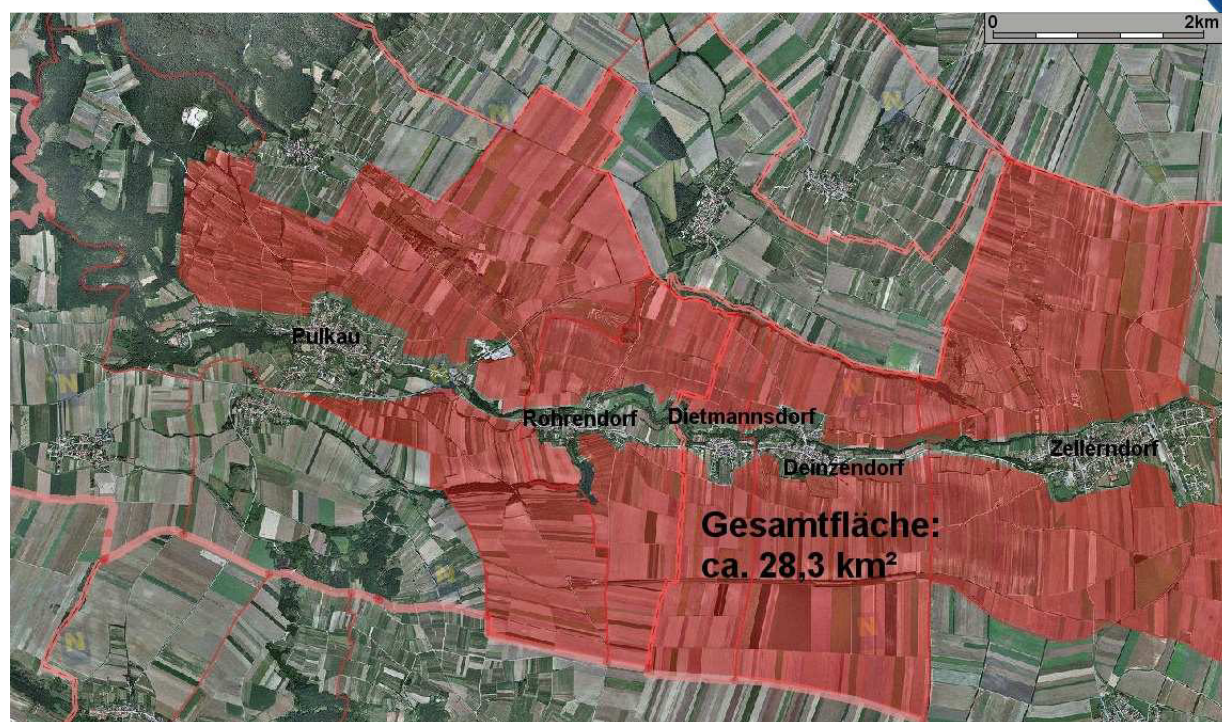


Abb. 175: derzeit verfügbare Nutzfläche Pulkautal, Luftbild Nö-Atlas

In Abb. 176 wird das erarbeitete Wärme Smart-Grid System für die Region Pulkautal dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich das Versorgungsgebiet aus fünf kleineren Teilbereichen zusammensetzt. Der Fokus des Energieverbrauchs liegt dabei in den Hauptgemeinden Pulkau und Zellerndorf. Aufgrund dieser geografischen Anordnungen und dem relativ geringen Wärmeverbrauch in den Kastralgemeinden Rohrendorf, Dietmannsdorf und Deinzendorf sinkt die Wärmebelegungsichte des Gesamtsystems auf ca. 1,8 MWh/m*a ab, wobei die Transportverluste auf unter 10% begrenzt werden können.

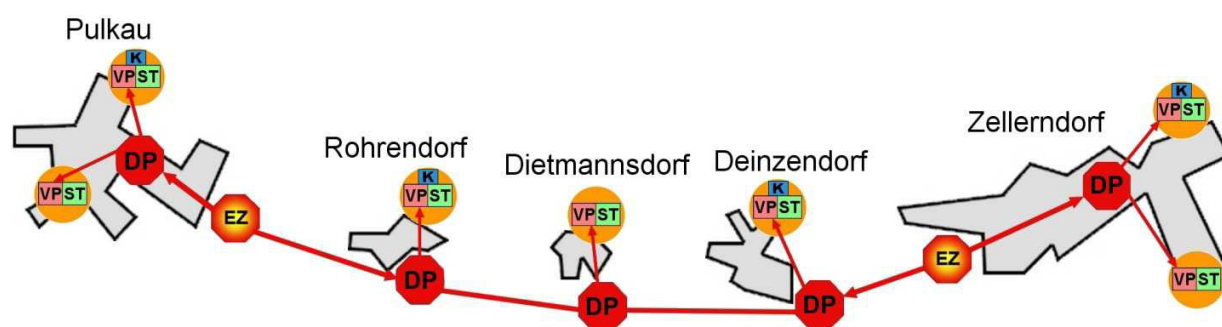


Abb. 176: schematische Abbildung Wärme-Smart Grid Pulkautal

Die Tabelle 62 zeigt die durch die Wärmeerzeugung entstehenden Emissionen für den derzeitigen Ist-Zustand und für den Fall einer Wärmeversorgung mittels eines auf regenerativen Energien basierenden Wärme-Smart Grids. Die derzeitige Wärmebereitstellung basiert zu über 60% auf fossilen Energiequellen, wodurch sich ein enormes Einsparpotenzial ergibt. Durch den Einsatz des Energiemixes zur Wärmeerzeugung aus Biogas, Holz und Solarthermie für das Wärme-Smart Grid kann die CO₂-Emission um ca. 3.800 Tonnen pro Jahr verringert werden. Dies entspricht einer Reduzierung um ca. 81%.

Pulkautal						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	CH ₄ [kg]	PM ₁₀ [kg]
Ist - Zustand	4.679.898	231.097	6.427	8.060	15.838	5.020
Wärme Smart Grid	879.573	56.792	57.021	6.952	k.A.	2.098
Differenz	-3.800.325	-174.305	50.595	-1.108	k.A.	-2.922
Veränderung	-81,2%	-75,4%	+787,3%	-13,7%	k.A.	-58,2%
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 62: Emissionen bei der Wärmeerzeugung für das Pulkautal

Die Emissionen durch PKW-Nutzung für die Region Pulkautal werden in der Tabelle 63 dargestellt. Das Einsparpotenzial für die CO₂-Emissionen beträgt im Fall einer Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen (Biogas, Holz und Photovoltaik) bis zu 97%.

Emissionen durch PKW Nutzung pro Tag in der Region Pulkautal						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Partikel [kg]	HC [kg]
fossile Brennstoffe	10.032,8	50,2	13,0	k.A.	1,1	6,2
Strommix Energieautarkie	272,1	10,7	12,4	1,9	0,6	k.A.
Differenz	-9.760,7	-39,5	-0,6	k.A.	-0,5	k.A.
Veränderung	-97,3%	-78,7%	-4,7%	k.A.	-48,7%	k.A.
Strommix Verbund 2002	760,0	k.A.	0,5	0,4	0,0	k.A.
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 63: Emissionen durch PKW Nutzung (konventionell/Elektromobilität) pro Tag für das Pulkautal

6.4 Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum

Der vierte Siedlungstyp "spezifisches Einsatzgebiet" für welchen das Donauzentrum in Wien als Referenz diente, ist stark durch das dort angesiedelte Einkaufszentrum geprägt. Wohnflächen spielen in dem betrachteten Modellfall nur eine untergeordnete Rolle.

Der Gesamtenergiebedarf für das spezifische Einsatzgebiet liegt bei ca. 46.500 MWh pro Jahr und verteilt sich mit ca. 13.500 MWh auf die den Wärmebedarf und 33.300 MWh auf den Bedarf an elektrischer Energie. Abb. 177 gibt einen genauen Aufschluss über die Anteile am Gesamtenergiebedarf des Donauzentrums.

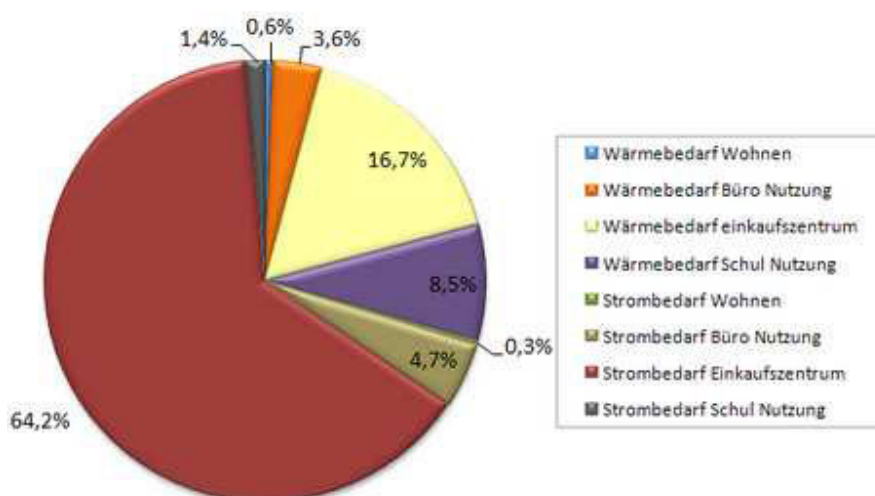


Abb. 177: Gesamtenergiebedarf Donauzentrum: 46,5 GWh

Aufgrund der verdichteten Bauweise, sowie dem städtischen Charakter, stehen keine freien Flächen für den landwirtschaftlichen Anbau von Energiepflanzen oder Holz zur Verfügung. Als erneuerbare Energiequelle kann daher einzig Sonnenenergie herangezogen werden.

(Wärmepumpen werden in dieser Studie aufgrund ihres Temperaturniveaus hauptsächlich jedoch aufgrund ihres Strombedarfs nicht betrachtet).

Die maximal nutzbare Dachfläche von 77.000 m² ist in Abb. 178 dargestellt. Für eine realistische Betrachtung muss dieser Wert jedoch aufgrund von Abschattungen reduziert werden. In den weiterführenden Berechnungen wurde mit einer real, für Solarthermie nutzbaren Dachfläche von 30% gegenüber der theoretisch nutzbaren Dachfläche gerechnet.



Abb. 178: theoretisch nutzbare Dachfläche – Donauzentrum, Luftbild bing

Abb. 179 zeigt für einen Teil des Donauzentrums eine Detailaufnahme der theoretisch für Solarthermie zur Verfügung stehenden Dachfläche.



Abb. 179: Detailaufnahme (Ausschnitt) Dachfläche – Donauzentrum, Luftbild bing

In Abb. 180 wird das derzeit (Stand 2010) bestehende Fernwärmenetz am Standort Donauzentrum dargestellt. Die elf Anschlüsse werden über das Leitungsnetz der Fernwärme Wien mit Wärme versorgt. Durch den Einbau von Verbraucherpufferspeicher in das Wärmenetzwerk ist es möglich, die Fernwärme effizienter zu nutzen und Solarthermie zu integrieren.

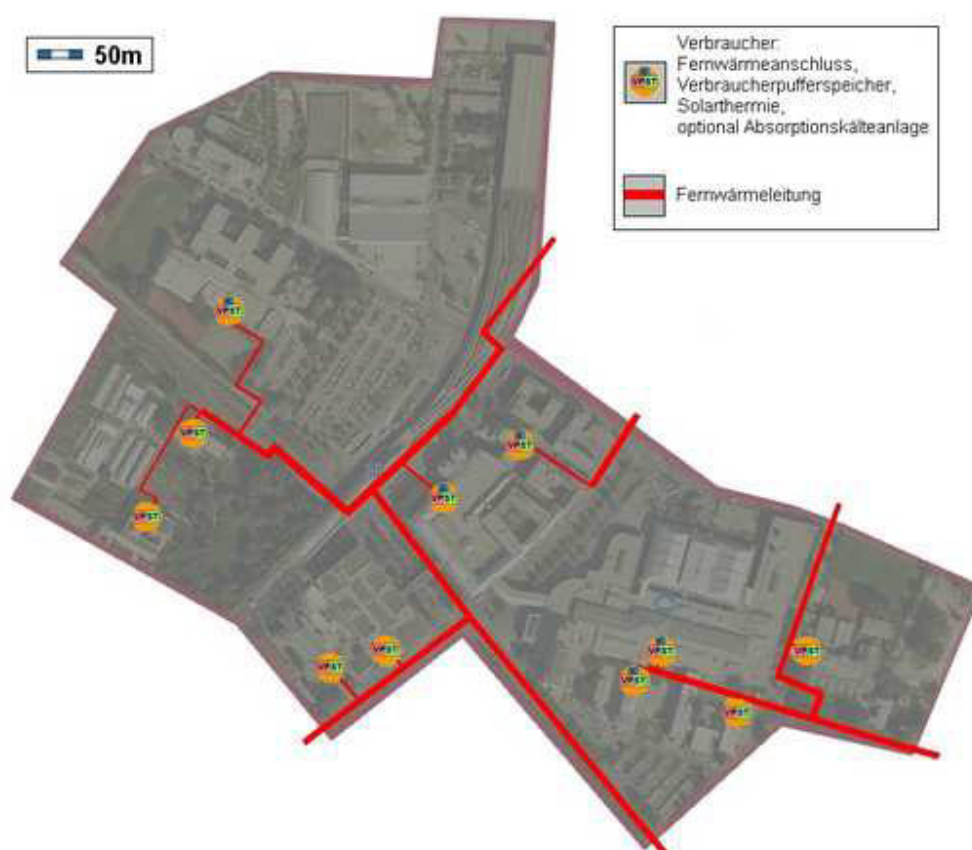


Abb. 180: Fernwärmenetz Donauzentrum

In Tabelle 64 werden die Emissionen für die Deckung des Wärmebedarfs des Modellfalles Donauzentrum dargestellt. Die wärmeeinspeisenden Anlagen des Fernwärmesystems Wien (Stand 2005) werden mit den Brennstoffen Heizöl schwer, Erdgas, Hausmüll, flüssige Rückstände (OMV), Raffinerie Mischgas, gefährliche Abfälle, Klärschlamm und Heizöl extraleicht betrieben. Durch eine zusätzliche Nutzung von 30% der theoretischen Dachfläche für Solarthermie kann der CO₂-Ausstoß um bis zu 30% reduziert werden. Der solare Deckungsgrad liegt unter den beschriebenen Bedingungen bei ca. 37% des gesamten jährlichen Wärmebedarfs. Die von der Fernwärme Wien benötigte Wärmemenge kann damit um ca. 5.000 MWh pro Jahr gesenkt werden.

Donauzentrum						
Szenario	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	CH ₄ [kg]	PM ₁₀ [kg]
Ist - Zustand (Fernwärme Wien)	2.694.719	1.326	3.076	1.135	8.613	766
Fernwärme Wien + Solarthermie	1.879.223	1.392	2.272	1.012	k.A	641
Differenz	-815.496	66	-804	-122	k.A	-125
Veränderung	-30,3%	+4,9%	-26,1%	-10,8%	k.A	-16,3%
k.A.: keine Angabe						

Tabelle 64: Emissionen bei der Wärmeerzeugung für das Donauzentrum

Aufgrund der in diesem Modellfall sehr komplexen Rahmenbedingungen im Bezug auf den personenbezogenen Individualverkehr, können keine Angaben über das Einsparpotential durch einen vollständigen Umstieg auf Elektromobilität gemacht werden.

6.5 Schlussfolgerungen

Regionsabhängigkeit

Die Fragestellung einer raumbezogenen Energieautarkie ist stark geprägt von der betrachteten Region bzw. des Siedlungstyps. Eine Standardisierung auf leicht ermittelbare Kennwerte wie beispielsweise die verfügbare Nutzfläche pro Einwohner, kann aufgrund der Komplexität der verschiedenen Siedlungsstrukturen jedoch nicht durchgeführt werden. Um die Möglichkeit einer energieautarken Versorgung für ein bestimmtes Betrachtungsgebiet treffen zu können, müssen folglich sämtliche Aspekte des Energiebedarfs sowie der lokal verfügbaren Ressourcen betrachtet werden. Die Größenordnung der für erneuerbare Energieträger benötigten Nutzfläche erreicht dabei Ausmaße, dass eine direkte Konkurrenz zur konventionellen Landwirtschaft und damit zur Nahrungsmittelproduktion auftreten kann.

Kriterium Wärmebelegungsdichte

Obwohl das Prinzip eines Wärme Smart Grids generell für alle vier untersuchten Siedlungstypen angewendet werden konnte, müssen Kriterien - wie beispielsweise die Wärmebelegungsdichte - für eine ökologische und ökonomische Sinnhaftigkeit genauso wie bei konventionellen Fernwärmenetzen berücksichtigt werden.

Leitungsnetz

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Leitungsnetz bzw. die Länge des Wärmenetzes durch das System eines Wärme Smart Grids nicht verkürzt wird. Die auftretenden Wärmeverluste können gegenüber bestehenden Fernwärmesystemen jedoch verringert werden, weil durch die dezentralen Pufferspeicher geringere Leitungsquerschnitte realisiert werden können und die Rücklauftemperatur über das Jahresmittel niedriger ist als bei konventionellen Fernwärmenetzen. Durch die intelligente Verschaltung der Verbraucherpuffer und dezentralen Puffer kann in der Folge ein im Vergleich zum Stand der Technik geringerer Pumpenenergiebedarf erreicht werden. Das Potenzial für eine Verkürzung des Leitungsnetzes liegt in einer kompakteren Siedlungsstruktur, das heißt im Vermeiden der offenen Bebauungsweise und damit in einer radikalen Änderung der Genehmigungspraxis im Neubaufall, sowie in der Nachverdichtung insbesondere von Einfamilienhausgebieten. In Vergleich zum Bestand liegt dieses Potenzial an Flächen- und damit Leitungslängeneinsparung bei Annäherung an eine Dichte der ECOCITY bei einem Faktor 2 bis 4.

Wärmeganglinie

Der Problematik der schwankenden Wärmebedarfskurven kann im Wärme Smart Grid durch den Einsatz verschiedener Systeme entgegengewirkt werden. Verbraucherpufferspeicher haben die Aufgabe, die auftretenden Tagesschwankungen auszugleichen. Die dezentralen Puffer gleichen die Monatsganglinie aus. Durch intelligente Energiezentralen (strom- bzw.

wärmegesteuerter Betrieb) sowie den Kältebedarf im Sommer ist es möglich, die Jahresgangline ebenfalls zu berücksichtigen. Dadurch können die verschiedenen Energiezentralen (BHKW's, EBS-Anlagen) ganzjährig mit hohen Auslastungs- und Wirkungsgraden betrieben werden.

Wärmedämmung

Durch eine verbesserte Wärmedämmung speziell bei Altbauten wird der Bedarf an Wärmeenergie deutlich reduziert. Aufgrund der geringeren Differenz zwischen dem Wärmebedarf im Winter und Sommer wird die Auslegung des Wärme Smart Grids unterstützt.

Wie bereits erwähnt können durch verbesserte objektbezogene Wärmedämmung Einsparungen im Bereich von Faktor 3 bis 7 im Vergleich zu den verwendeten Gebäudebeständen erreicht werden.

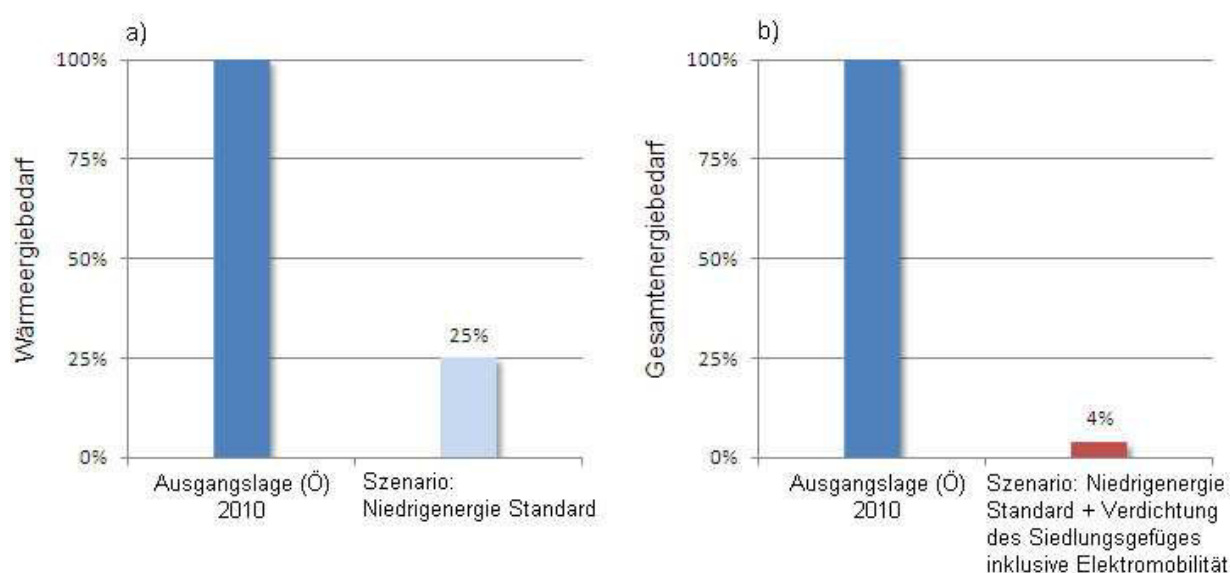


Abb. 181: Einsparpotential durch Wärmedämmung

Maximales Einsparungspotenzial

Aus der Kombination von verbesserter Wärmedämmung der Gebäude (Niedrigenergiestandard) und kompakterer Siedlungsstrukturen (geschlossene Bebauung mit „qualifizierter“ Dichte) mit deutlicher Flächen- und Leitungslängenreduktion ist ein Einsparungspotenzial von Faktor 6 (2x3) bis zum Faktor 28 (4x7) realistisch denkbar. Abb. 181 zeigt das maximale Einsparpotential, welches auf dem theoretischen Szenario Niedrigenergiebauweise mit gleichzeitiger Verdichtung des Siedlungsgefüges beruht.

Nachrüstung

Als problematisch muss die Nachrüstbarkeit bestehender Fernwärmenetze betrachtet werden, weil sowohl bei der Verortung der dezentralen Wärmespeicher im gewachsenen Siedlungsgefüge, als auch der Verbraucherpuffer direkt beim Verbraucher Platzprobleme auftreten können.

CO₂ Einsparungen

Durch den Einsatz von erneuerbaren Energien (Biogas, Holz, Sonnenenergie) können durch das System der Wärme Smart Grids CO₂-Einsparungen von bis zu 87% gegenüber der konventionellen Wärmebereitstellung mittels fossilen Brennstoffen erreicht werden.

Unschärfe bei realem Wärmeverbrauch

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die verfügbaren Daten im Bereich der Wärmenutzung (Ganglinien, Verbräuche) mit einer deutlichen Unschärfe behaftet sind. Für eine detaillierte und aussagekräftige Planung bzw. Auslegung eines effizienten Wärme Smart Grids ist speziell die Wärmeganglinie von essentieller Bedeutung. Aus diesem Grund werden für die Zukunft Messungen an verschiedenen realen Objekten angestrebt.

Elektromobilität

Die von der TU Wien – Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Raumentwicklung - Fachbereich Verkehrssystemplanung – durchgeführten Berechnungen für den Modellfall „urbane Siedlung“ haben gezeigt:

Der Energiebedarf für die personenbezogene Mobilität kann durch Einsatz von elektrisch betriebenen Bussen und PKW's, sowie der Verdichtung der Siedlungsstruktur um ca. 75% reduziert werden kann.

Der ermittelte personenbezogene Energiebedarf darf für die Gesamtenergiebetrachtung nicht vernachlässigt werden und liegt in der Größenordnung von ca. 2 bis 7% des Gesamtenergiebedarfs (Wärmeenergie und elektrischer Energie).

Verknüpfung Wärme – und Stromerzeugung

Im Rahmen der Ausarbeitung wurde festgestellt, dass die Hauptbereiche "Energieautarkie" und "Wärme Smart Grid" als zwei unterschiedliche Ansätze zu betrachten sind. Eine Verknüpfung der beiden Bereiche gestaltet sich als problematisch, weil in der Folge die Anlagen-dimensionierung hauptsächlich auf den Bedarf an elektrischer Energie ausgerichtet werden muss.

Bestehendes Siedlungsgefüge

Der Einsatz eines Wärme Smart Grids gestaltet sich speziell bei sehr nutzungshomogenen Siedlungsgefügen als schwierig. Als Beispiele dienen dabei urbane Siedlungen, welche über einen hohen Anteil an Wohnfläche, jedoch nur geringe Gewerbe- bzw. sonstige Flächen verfügen. Aufgrund dieser einseitigen Verbraucherstrukturen und der damit verbundenen Gleichmäßigkeit des Energiebedarfs innerhalb des Siedlungsgefüges können Wärme Smart Grids in diesem Fall nur durch den Einsatz eines dezentralen Pufferspeichers realisiert werden. Durch die verträgliche Mischung verschiedener Verbraucherarten wird die Realisierung eines Wärme Smart Grids erleichtert.

Dies erfordert die Konzeption einer „neuen“ Nutzungsmischung und eine korrespondierende räumlich-funktionale Organisation der Raumnutzungen unter den Gesichtspunkten einer energiebezogenen Raumplanung.

Puffersysteme

Wärme-Smart Grids werden durch den Einsatz von dezentralen Puffersystemen (Heißwasserspeicher) und direkt beim Verbraucher positionierte Verbraucherpuffer begünstigt bzw. wird ein intelligentes Wärmenetz erst durch sie ermöglicht.

Wärmedämmung

Passive Wärmedämmmaßnahmen auf Objektebene wurden in der Berechnung nicht quantitativ berücksichtigt. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass durch Wärmedämmung Einsparungen von Wärmeenergie im Bereich von Faktor 3 bis 7 im Vergleich zu den verwendeten Gebäudebeständen erreicht werden können. Der Gesamtwärmebedarf sowie die verschiedenen Ganglinien verändern sich durch geeignete Dämmmaßnahmen dramatisch. In der Folge wird das Erreichen einer Wärme-Energieautarkie begünstigt und kann beispielsweise alleine durch den Einsatz von Solarthermie in einem deutlich höheren Ausmaß erreicht werden.

Wärmebelegungsdichte

Ein entscheidender Faktor für den ökonomisch und ökologisch sinnvollen Betrieb eines Fernwärmenetzes wird durch die Wärmebelegungsdichte widerspiegelt. Unterschreitet dieser Kennwert einen empfohlenen Mindestwert (1,5 MWh/m²a) sind für die Endverbraucher Inselsysteme zu bevorzugen, weil aufgrund verschiedenster Gesichtspunkte (z.B. Verluste, Rentabilität) kein Fernwärmenetz sinnvoll erscheint. Für Inselsysteme können dabei auch Anlagen wie oberflächennahe Geothermie (z.B. Erdsonden), die aufgrund von zu geringen Vorlauftemperaturen nicht für ein Fernwärmenetz geeignet sind, eingesetzt werden.

7 Ausblick

Zusammenfassend lässt sich weiterführender Forschungsbedarf insbesondere in folgenden Bereichen formulieren:

- **„Neue“ Nutzungsmischung:** regional und siedlungstypologisch differenzierte Konzeption einer ausgewogenen Nutzungsmischung und einer korrespondierenden räumlich-funktionale Organisation der Raumnutzungen unter den Gesichtspunkten einer energiebezogenen Raumplanung;
- **Land- und Forstwirtschaft:** Ausarbeitung von Konzepten für die Abstimmung konkurrierender Bedarfe (z.B. für landschaftsökologische Schutzfunktion, Nahrungsmittelproduktion, erneuerbare Energieträger) im raum-zeitlichen Nutzungsgefüge;
- **Interkommunale und regionale Konzeption:** interkommunale wie regionale Konzeption der Energieversorgung als raumfunktionalen Partnerschaft von städtisch und ländlich geprägten Siedlungsräumen;
- **Verfügbarkeit Geodaten / Raum- und Nutzungsdaten:** flächendeckende Bereitstellung und Verfügbarkeit von raumbezogenen Geodaten und verhaltensbezogenen Nutzungsdaten für eine detaillierte Ermittlung des stadträumlich-differenzierten Ist-Zustandes (energierrelevantes Bebauungsvolumen und energierelevante Nutzflächen) und die notwendige flächendeckenden Energie-Konzeptionen für Regionen oder das gesamte Bundesgebiet.

Der Forschungsschwerpunkt soll auf Testplanungen für konkrete Demoregionen liegen, mittels derer die vorliegenden Erkenntnisse vertieft werden soll. Insbesondere sollen die quantitativen Annahmen bezogen auf Siedlungs- und Bebauungsstrukturen überprüft, die raumbezogenen Energie- und Raumnutzungskonzepte detailliert und die räumliche Implementierung in einer Machbarkeitsstudie getestet werden. Dabei ist die Zusammenarbeit mit der Planungspraxis (Gebietskörperschaften, Gemeinden) und örtlichen bzw. regionalen Energieversorgern eine wichtige Voraussetzung.

8 Anhang

8.1 Grundlagen der spezifischen Verbrauchsdaten

8.1.1 Siedlungstyp 1 – „Stadt“: Wiener Neustadt

Außentemperaturen Wiener Neustadt:

Jahresgang der Außentemperatur - Wiener Neustadt

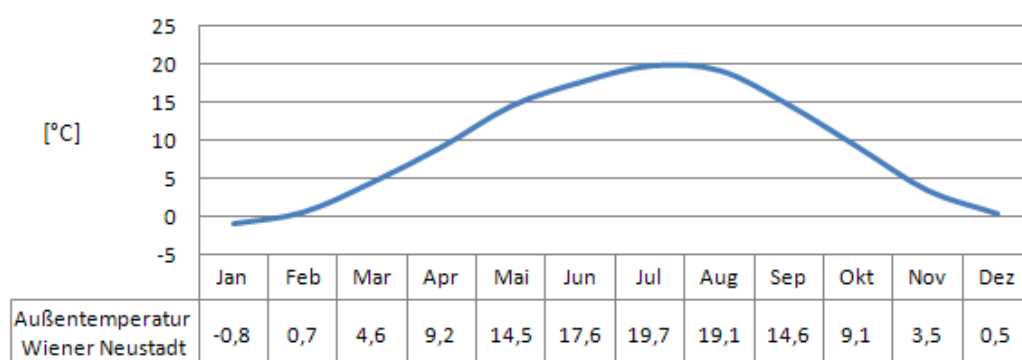


Abb. 182: Jahresgang der Außentemperatur - Wiener Neustadt

Tagesgänge der Außentemperatur - Wiener Neustadt

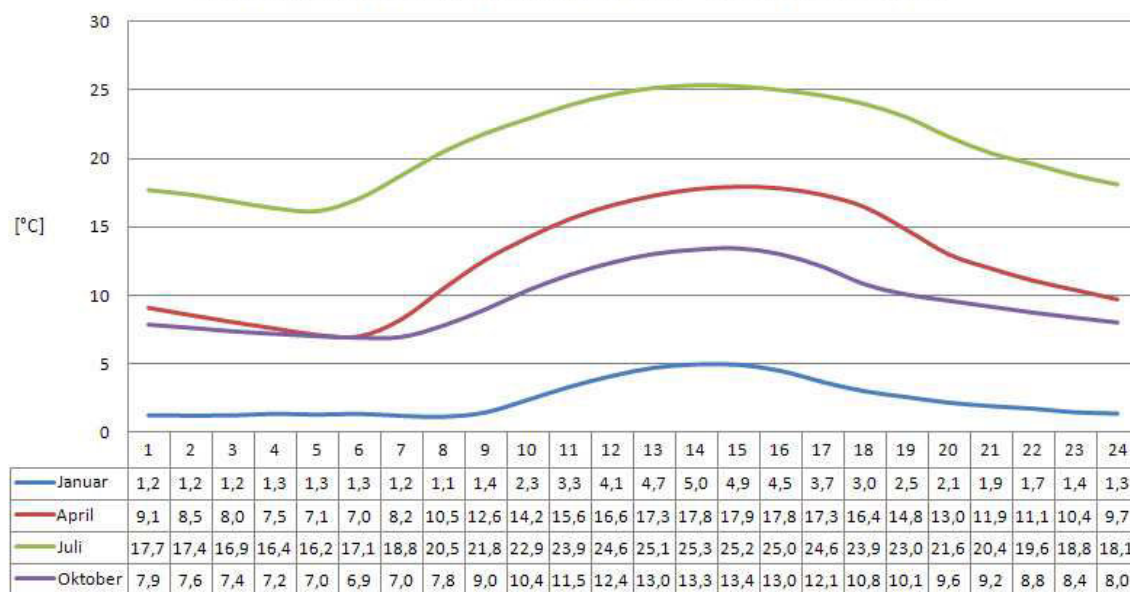


Abb. 183: Tagesgänge der Außentemperatur - Wiener Neustadt

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Wohnnutzung Wiener Neustadt:

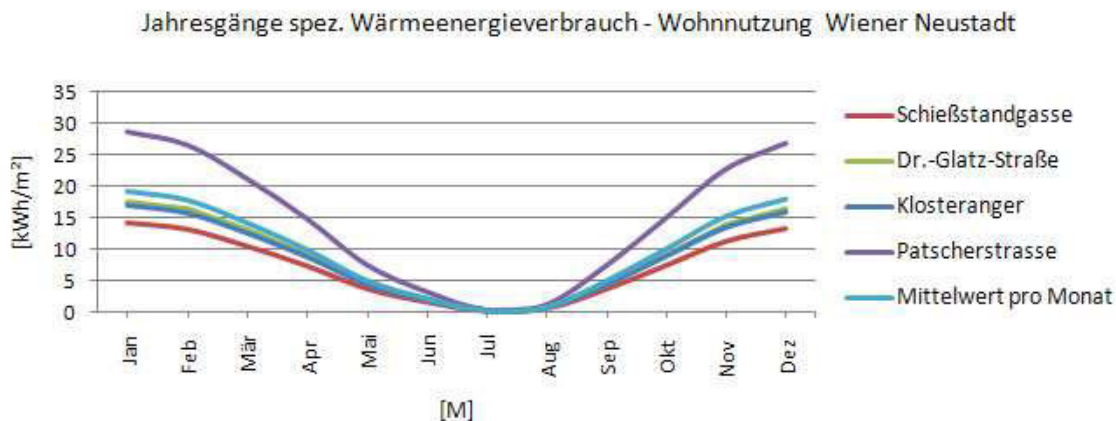


Abb. 184: Jahresgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Wiener Neustadt

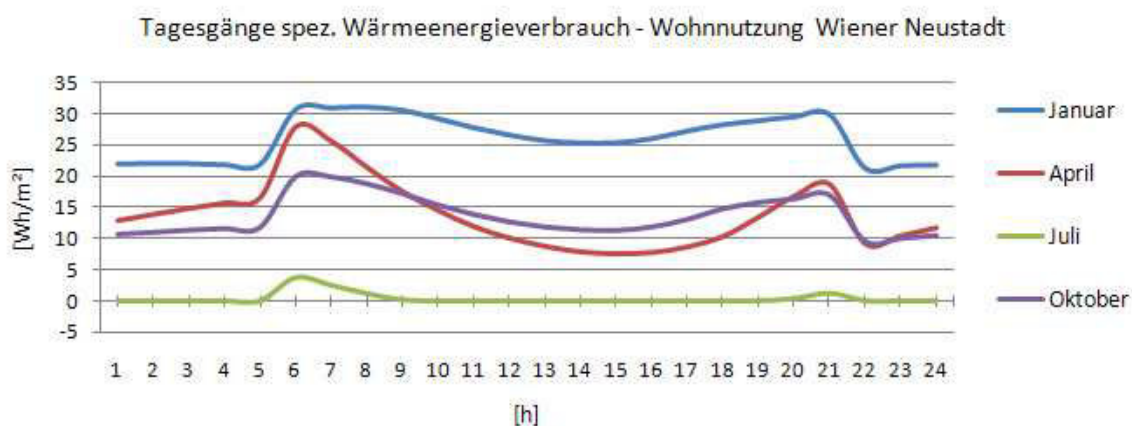


Abb. 185: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Wiener Neustadt

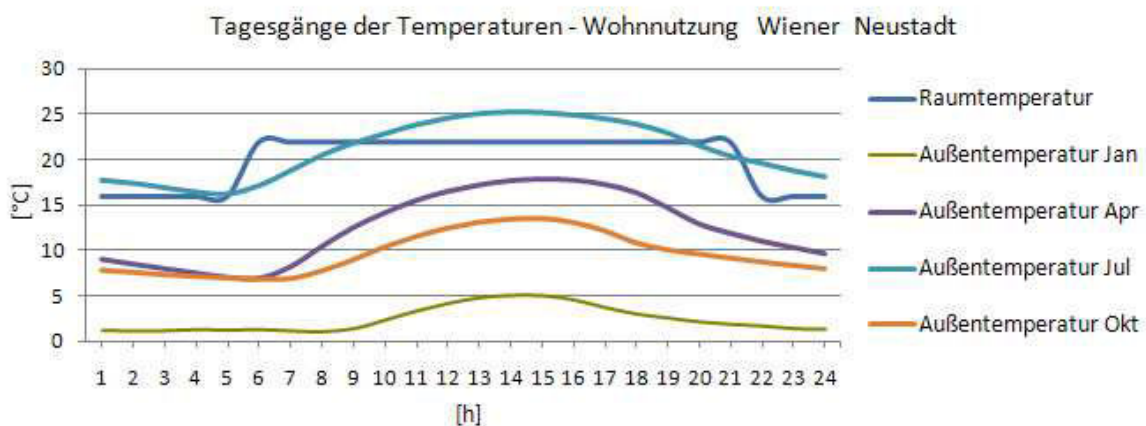


Abb. 186: Tagesgänge der Temperaturen - Wohnnutzung Wiener Neustadt

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - sonstige Nutzung Wiener Neustadt:

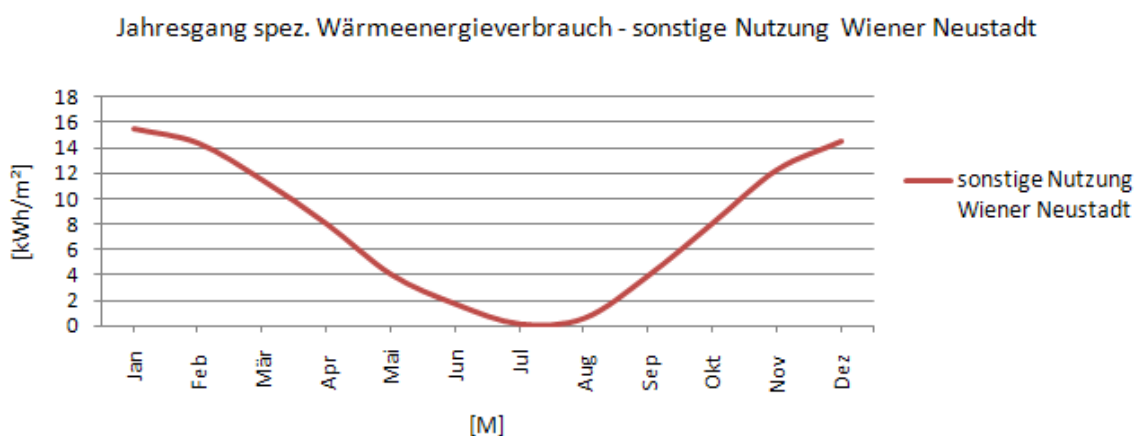


Abb. 187: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch – sonstige Nutzung Wiener Neustadt

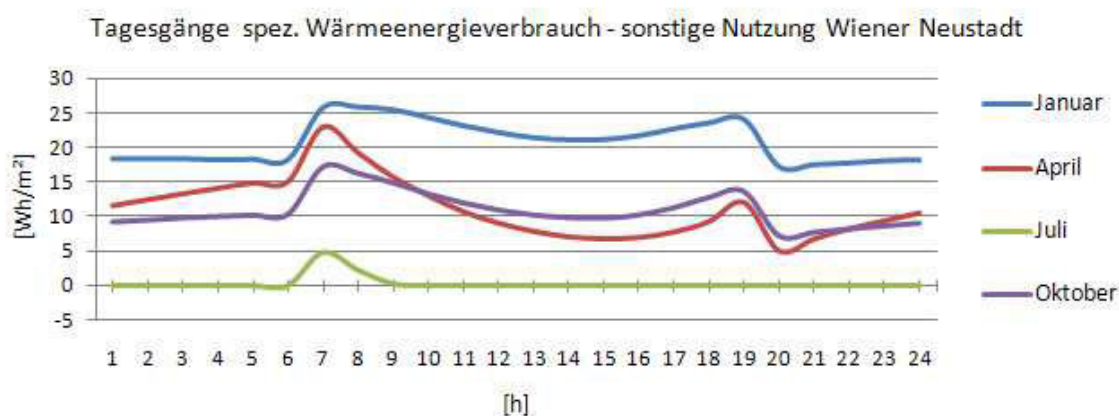


Abb. 188: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - sonstige Nutzung Wiener Neustadt

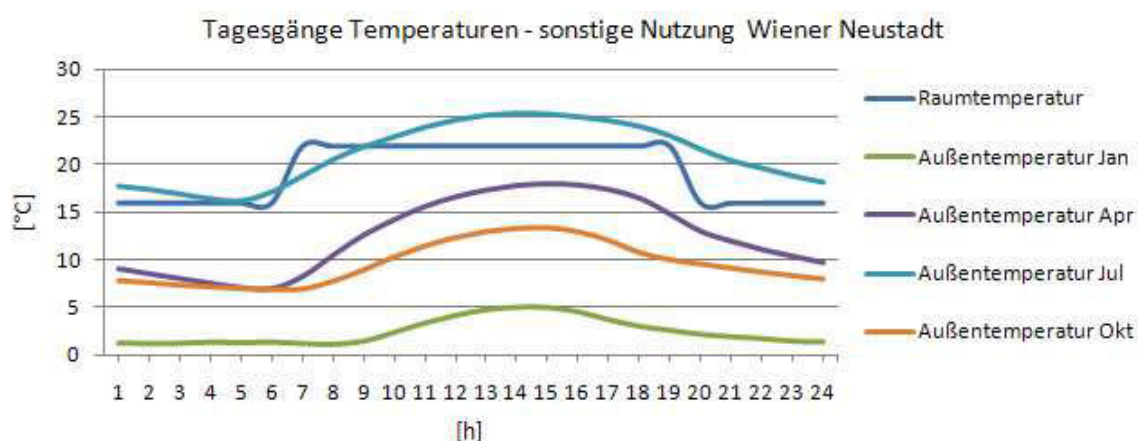


Abb. 189: Tagesgänge der Temperaturen - sonstige Nutzung Wiener Neustadt

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Mischnutzung Wiener Neustadt:

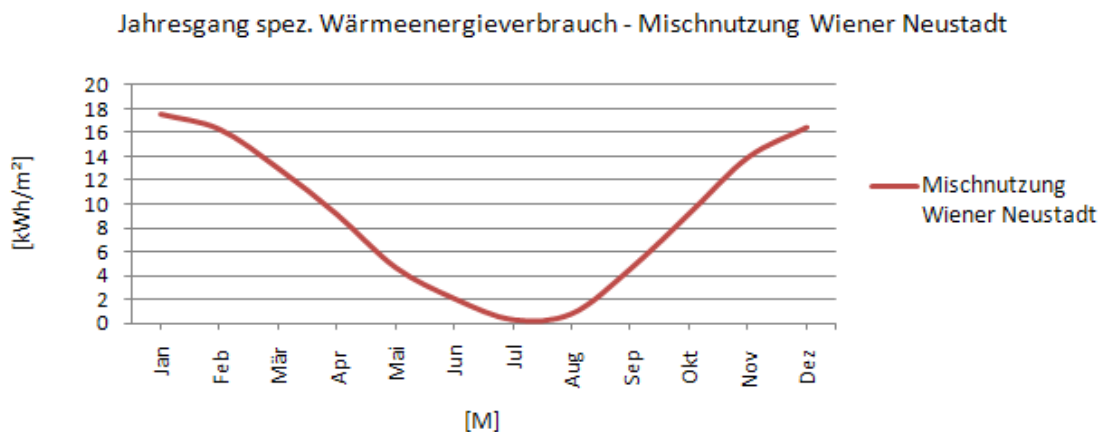


Abb. 190: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch - Mischnutzung Wiener Neustadt

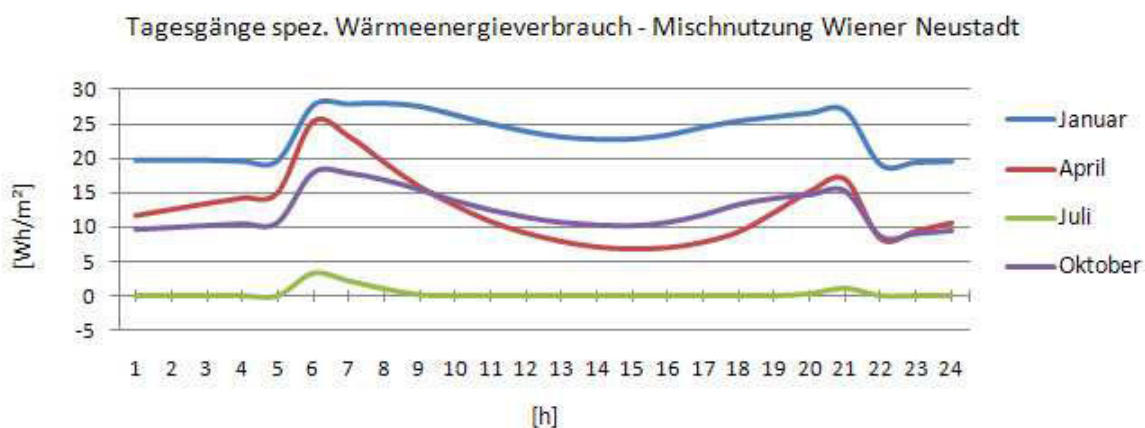


Abb. 191: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Mischnutzung Wiener Neustadt

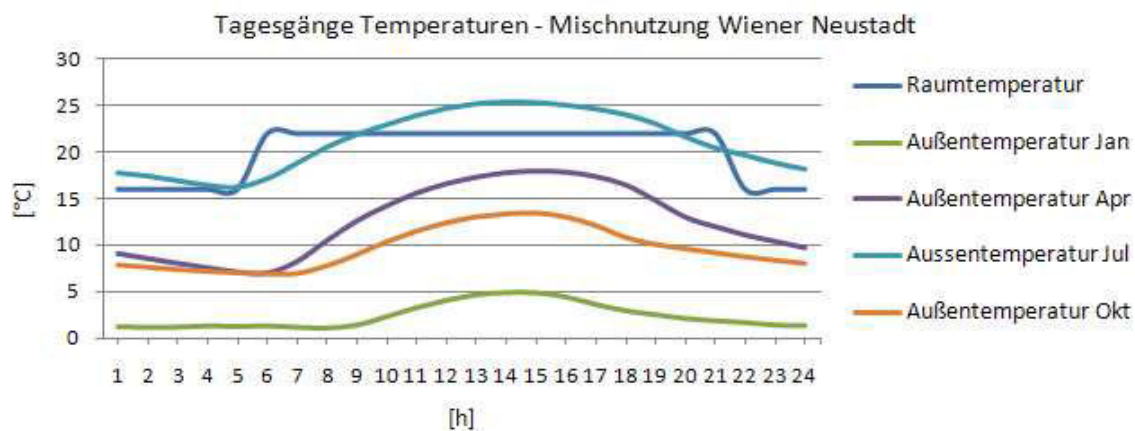


Abb. 192: Tagesgänge der Temperaturen - Mischnutzung Wiener Neustadt

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches - Wohnnutzung Wiener Neustadt:

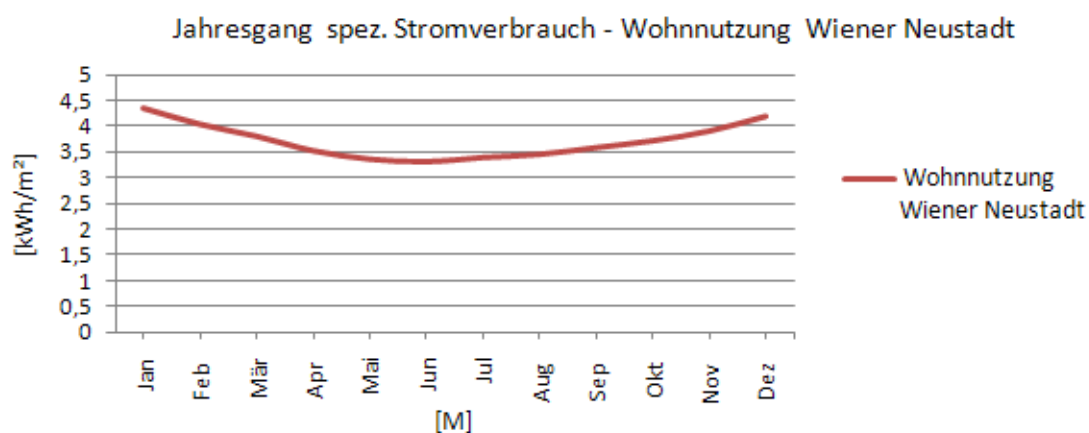


Abb. 193: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung Wiener Neustadt

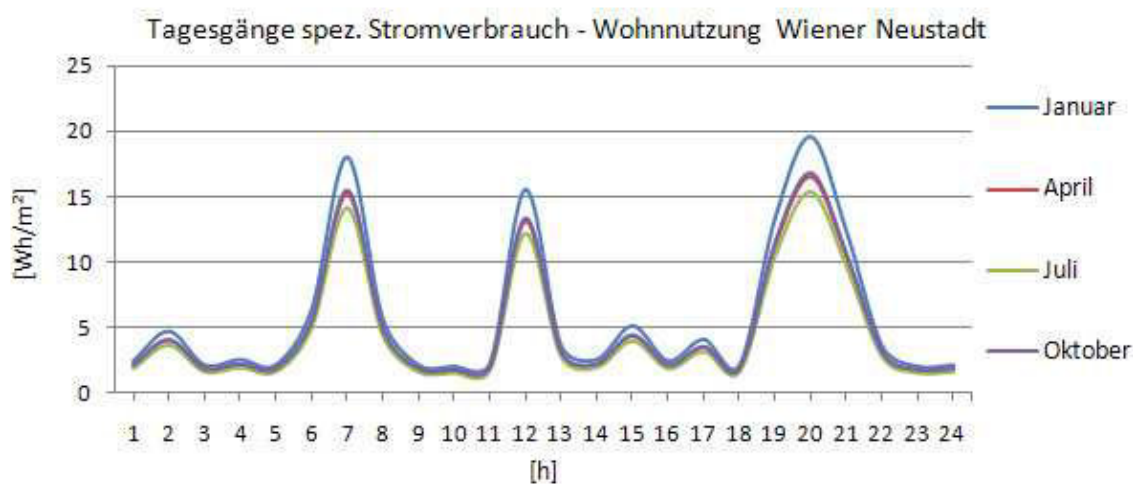


Abb. 194: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung Wiener Neustadt

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches - sonstige Nutzung Wiener Neustadt:

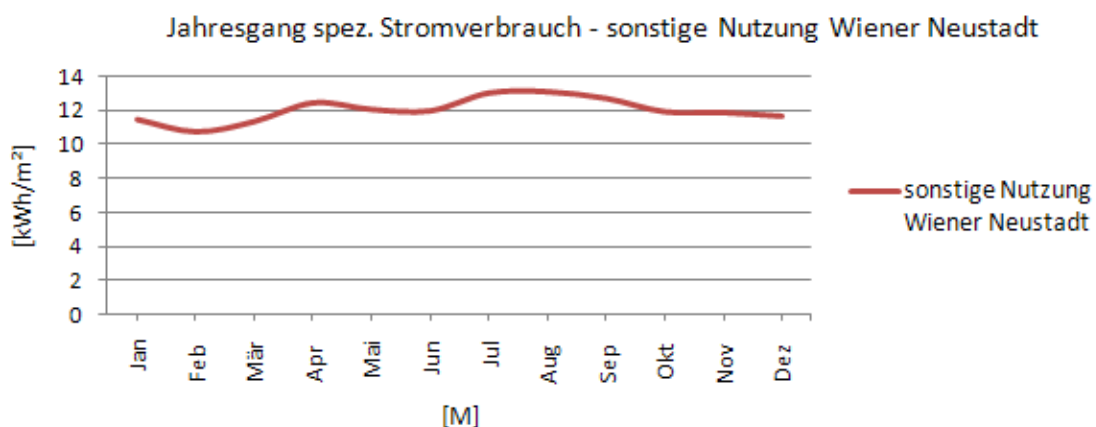


Abb. 195: Jahresgang spez. Stromverbrauch - sonstige Nutzung Wiener Neustadt

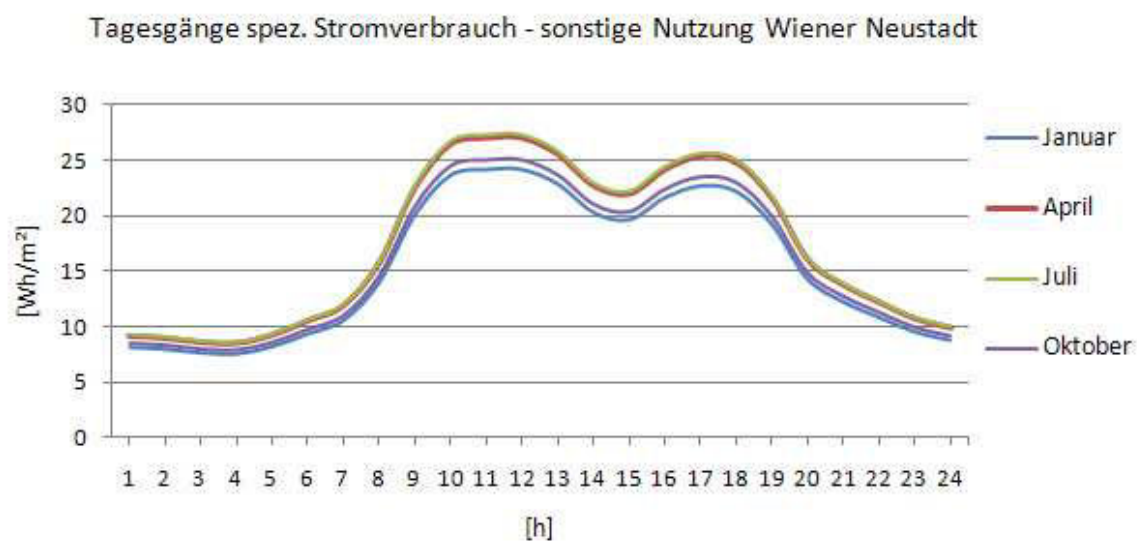


Abb. 196: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - sonstige Nutzung Wiener Neustadt

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches - Mischnutzung Wiener Neustadt:

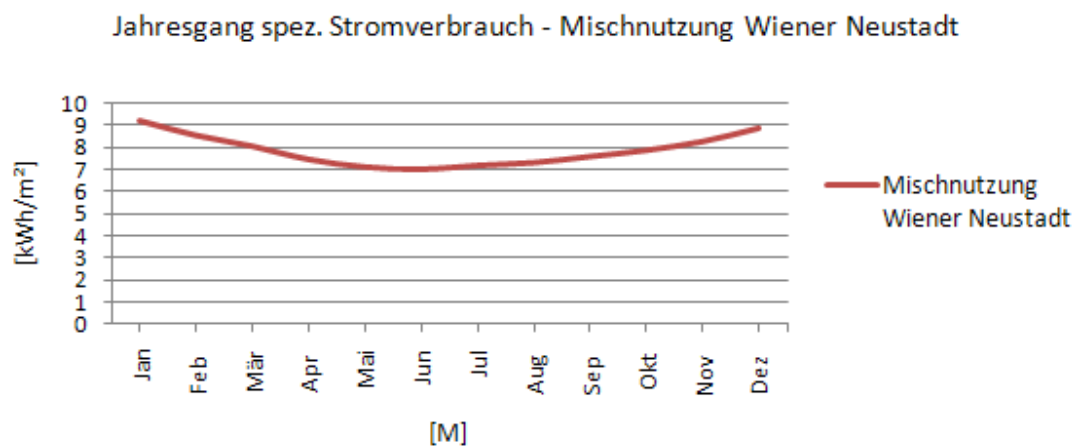


Abb. 197: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Mischnutzung Wiener Neustadt

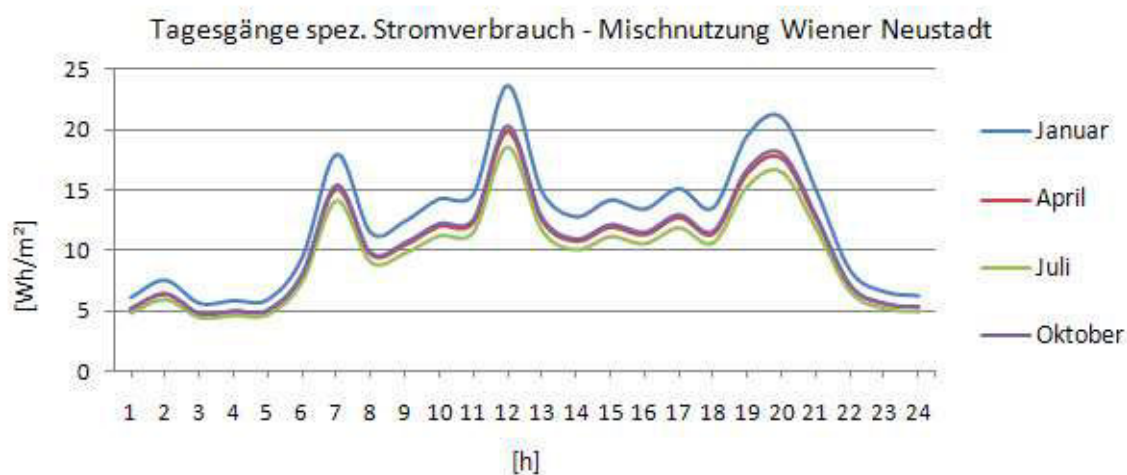


Abb. 198: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Mischnutzung Wiener Neustadt

8.1.2 Siedlungstyp 3 – „ländlicher Raum“: Pulkautal

Außentemperaturen Pulkautal:

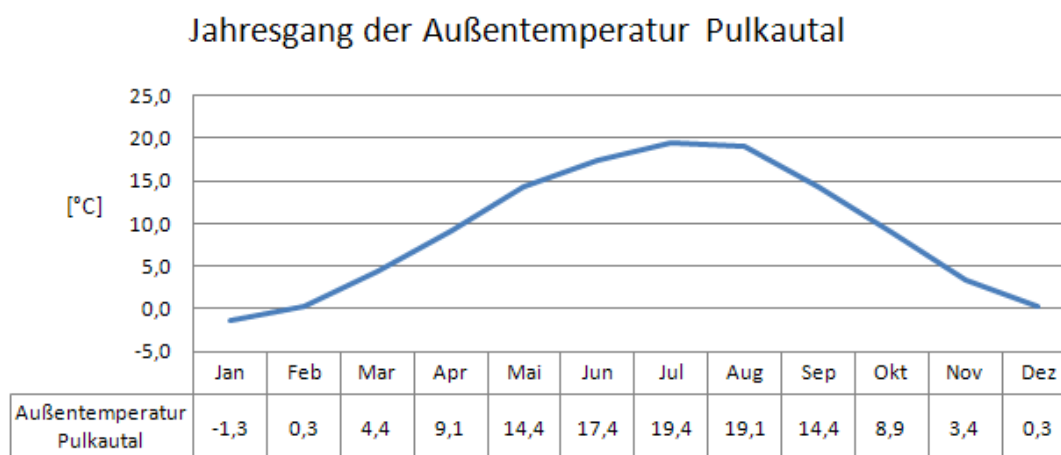


Abb. 199: Jahresgang der Außentemperatur - Pulkautal

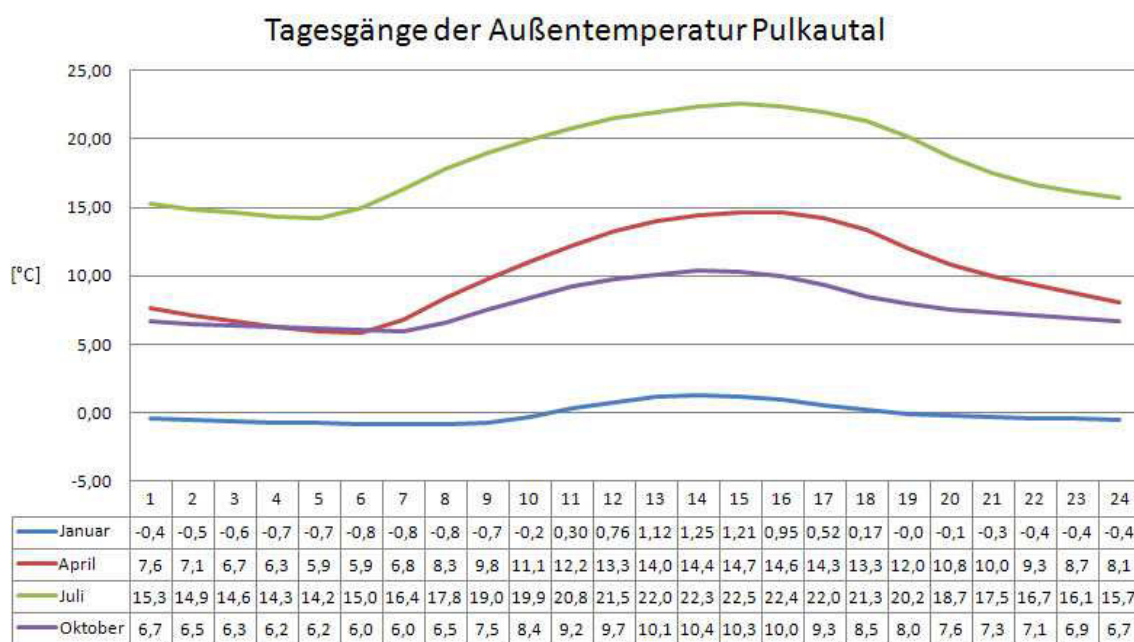


Abb. 200: Tagesgänge der Außentemperatur - Pulkautal

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Wohnnutzung Pulkautal:

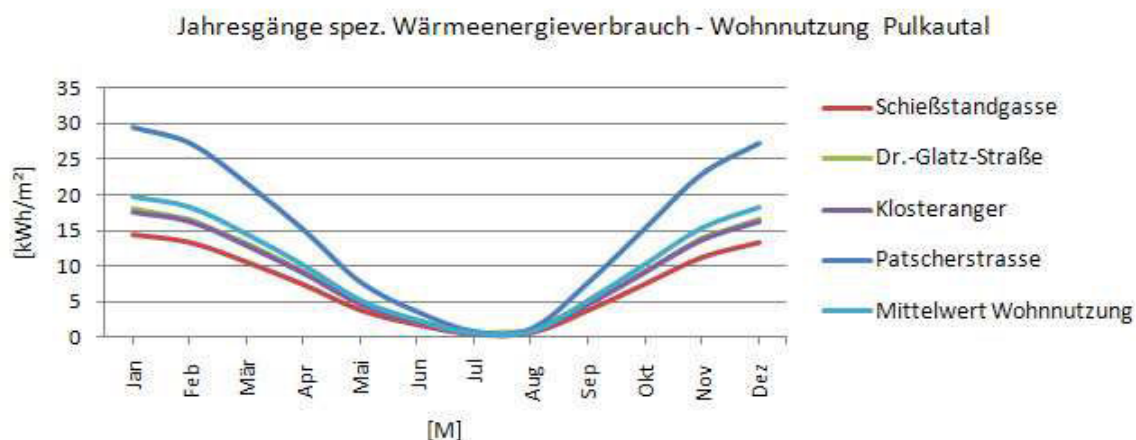


Abb. 201: Jahresgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Pulkautal

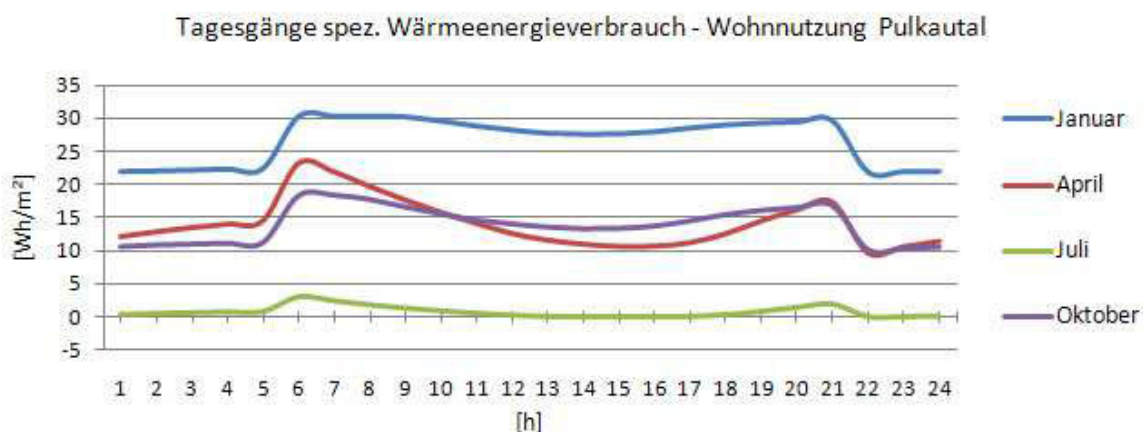


Abb. 202: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Pulkautal

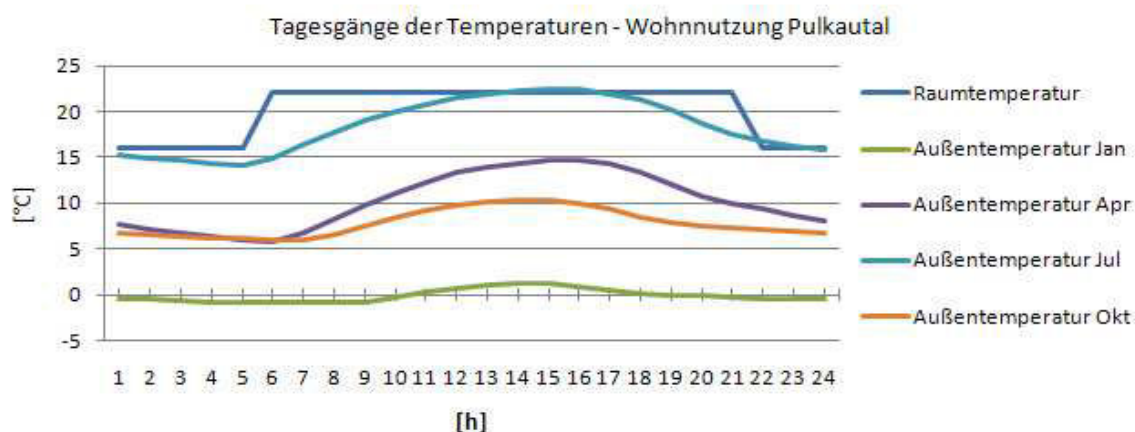


Abb. 203: Tagesgänge der Temperaturen - Wohnnutzung Pulkautal

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - sonstige Nutzung Pulkautal:

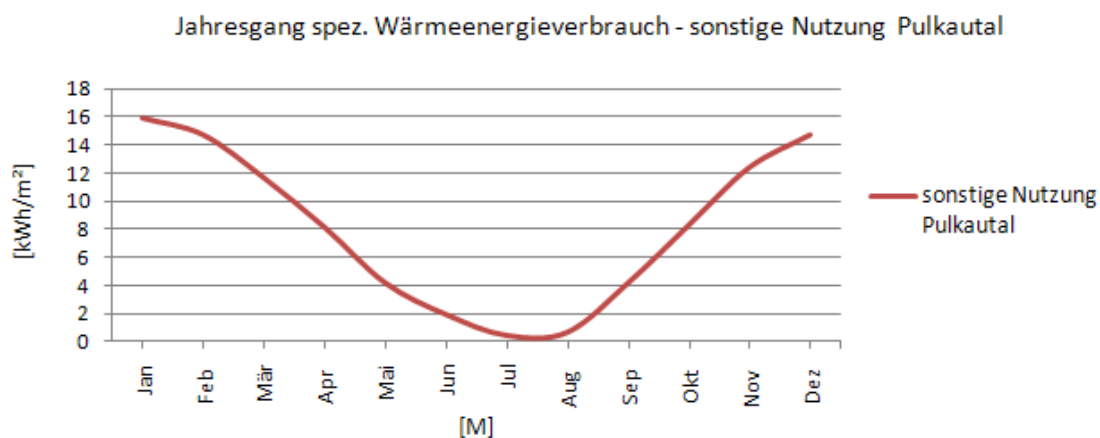


Abb. 204: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch – sonstige Nutzung Pulkautal

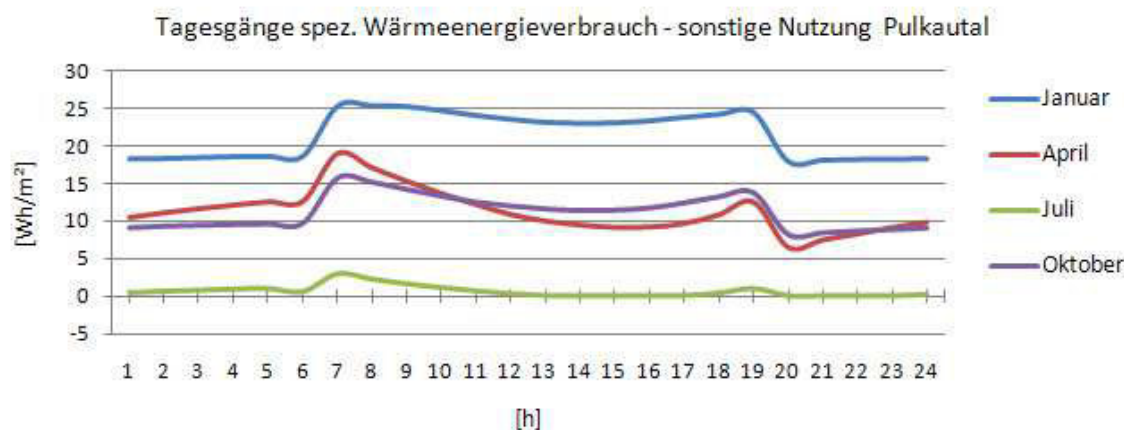


Abb. 205: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - sonstige Nutzung Pulkautal

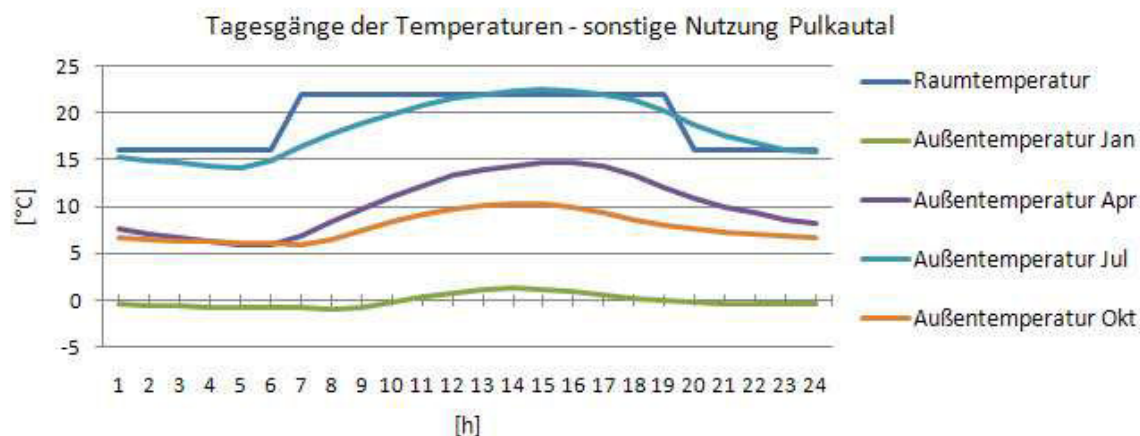


Abb. 206: Tagesgänge der Temperaturen - sonstige Nutzung Pulkautal

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches - Wohnnutzung Pulkautal:

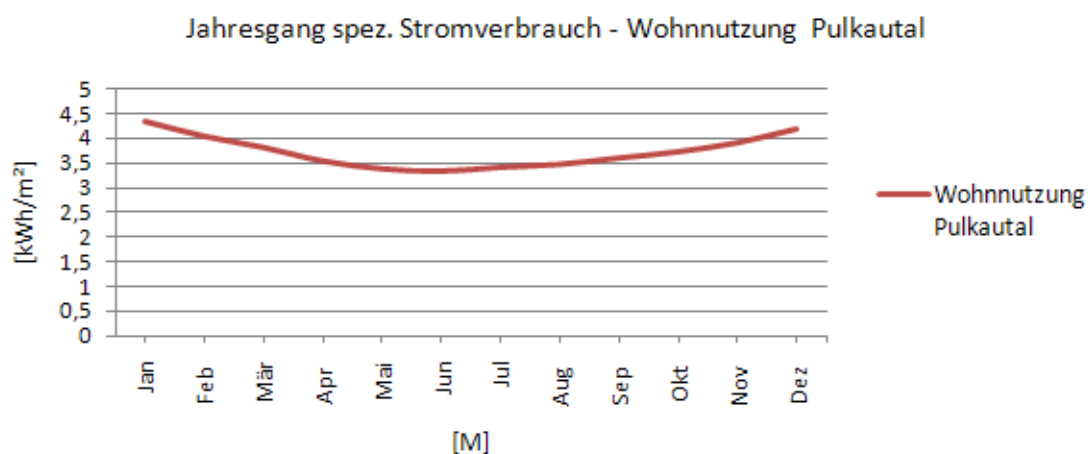


Abb. 207: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung Pulkautal

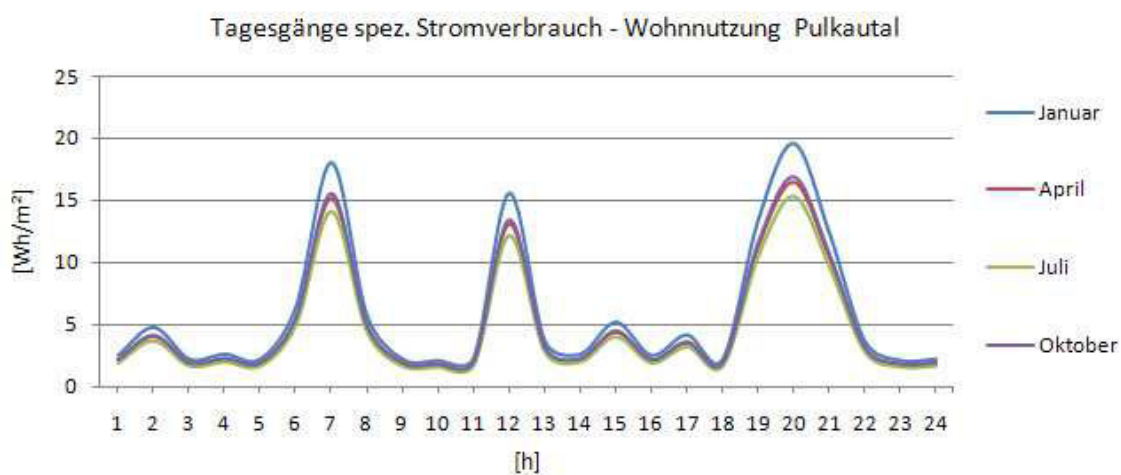


Abb. 208: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung Pulkautal

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches - sonstige Nutzung Pulkautal:

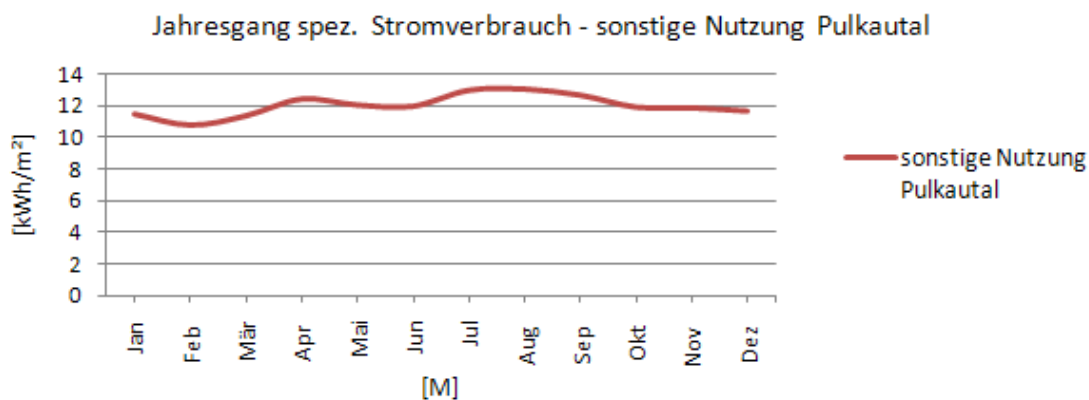


Abb. 209: Jahresgang spez. Stromverbrauch - sonstige Nutzung Pulkautal

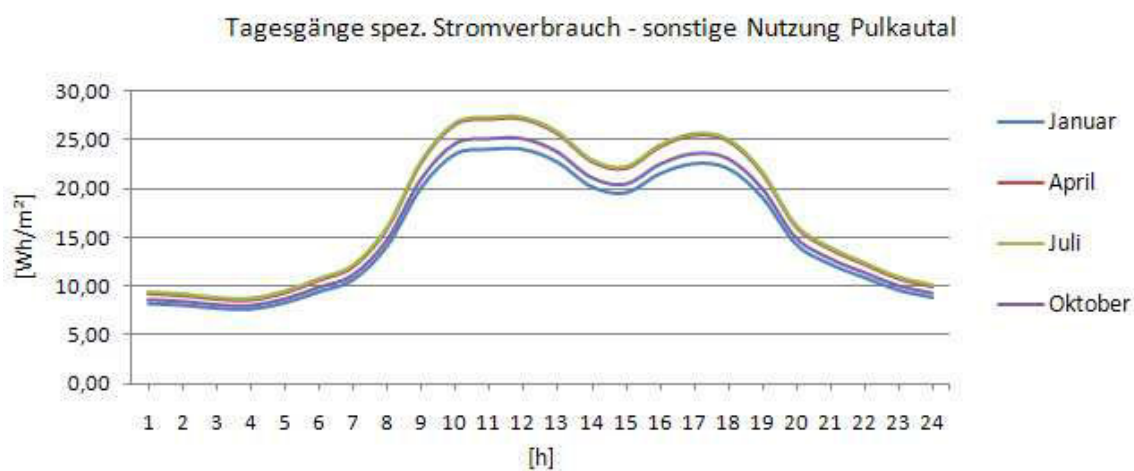


Abb. 210: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - sonstige Nutzung Pulkautal

8.1.3 Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum

Außentemperaturen Donauzentrum:

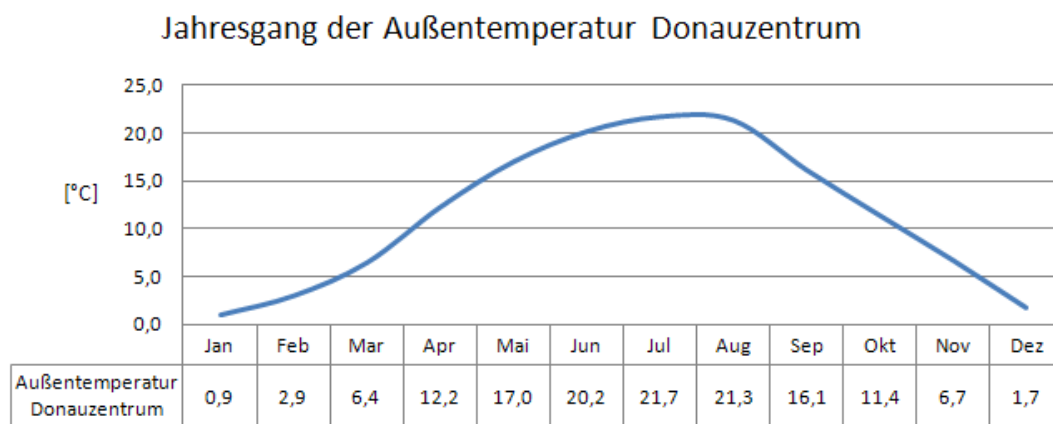


Abb. 211: Jahresgang der Außentemperatur - Donauzentrum

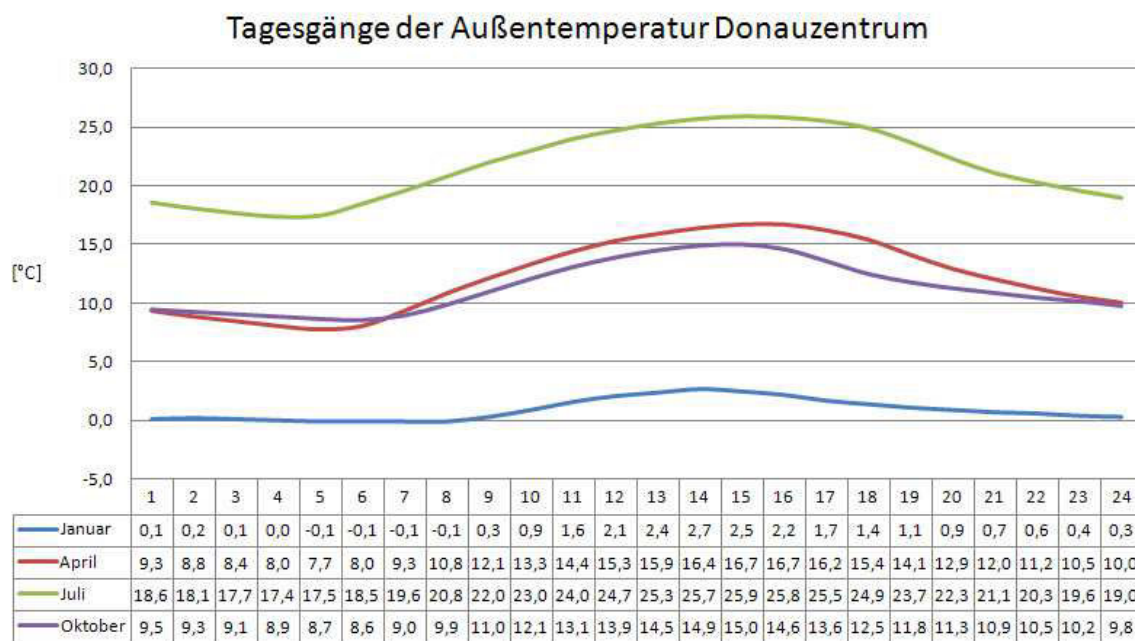


Abb. 212: Tagesgänge der Außentemperatur - Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Wohnnutzung Donauzentrum:

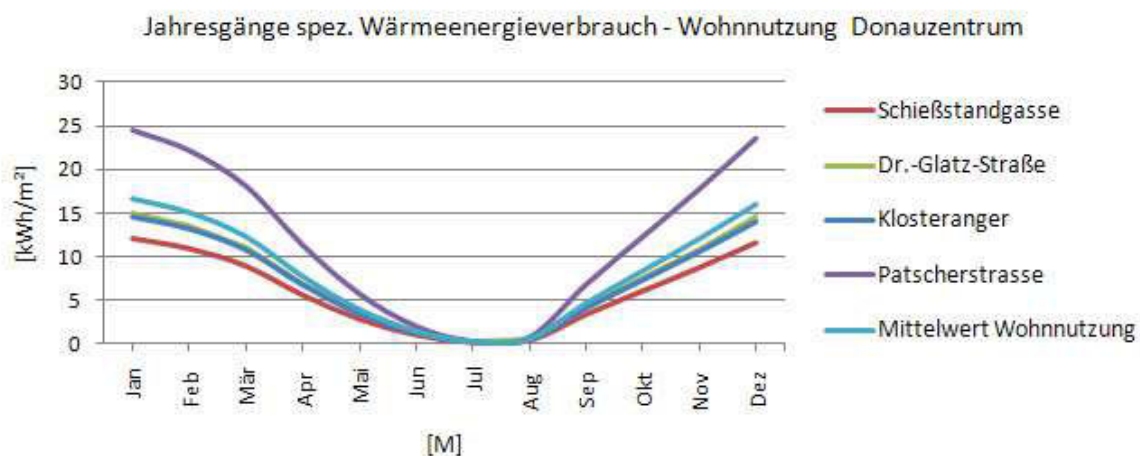


Abb. 213: Jahresgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Donauzentrum

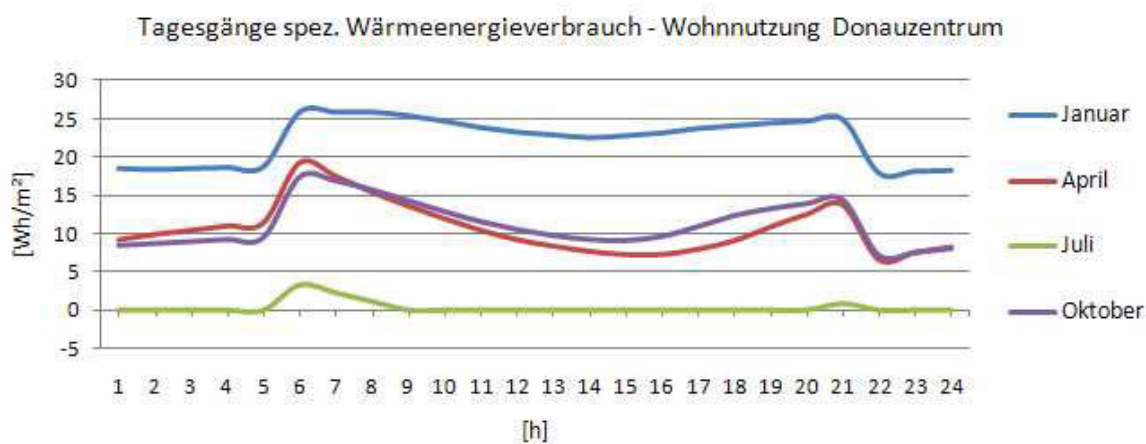


Abb. 214: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Wohnnutzung Donauzentrum

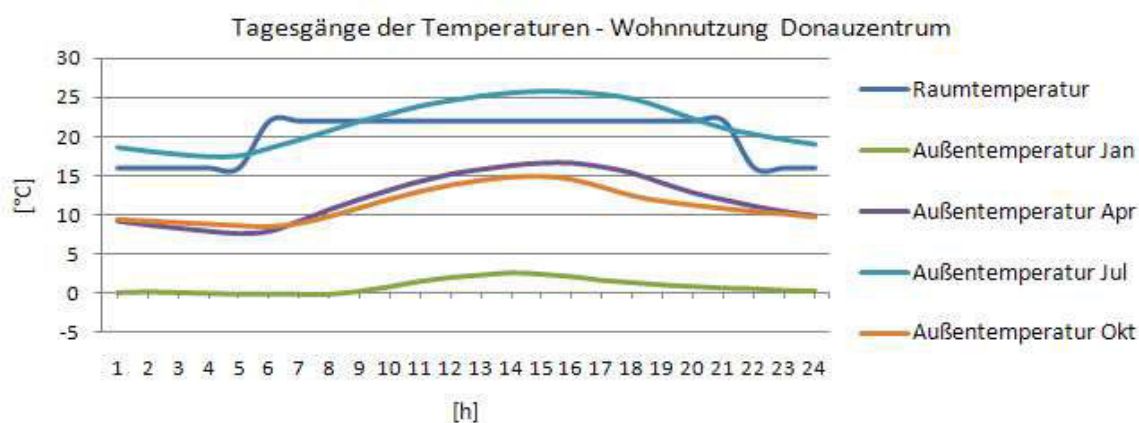


Abb. 215: Tagesgänge der Temperaturen - Wohnnutzung Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Büronutzung Donauzentrum:

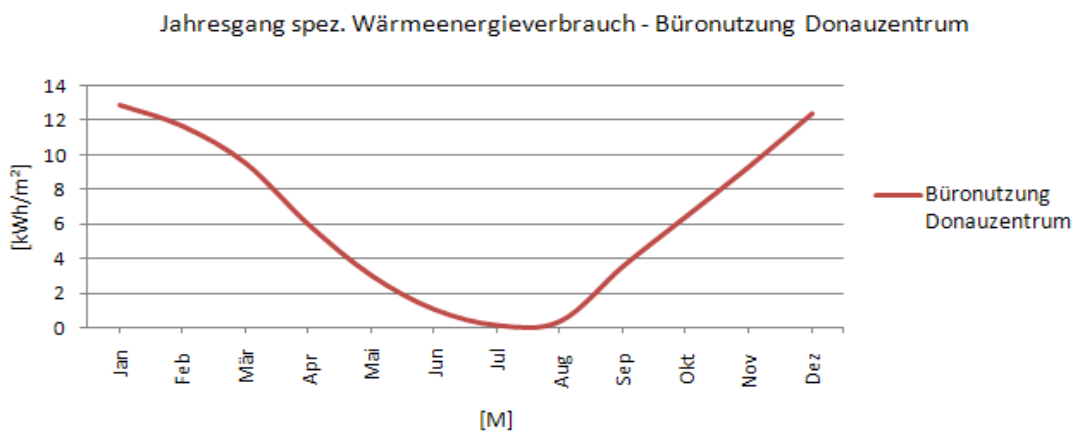


Abb. 216: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch - Büronutzung Donauzentrum

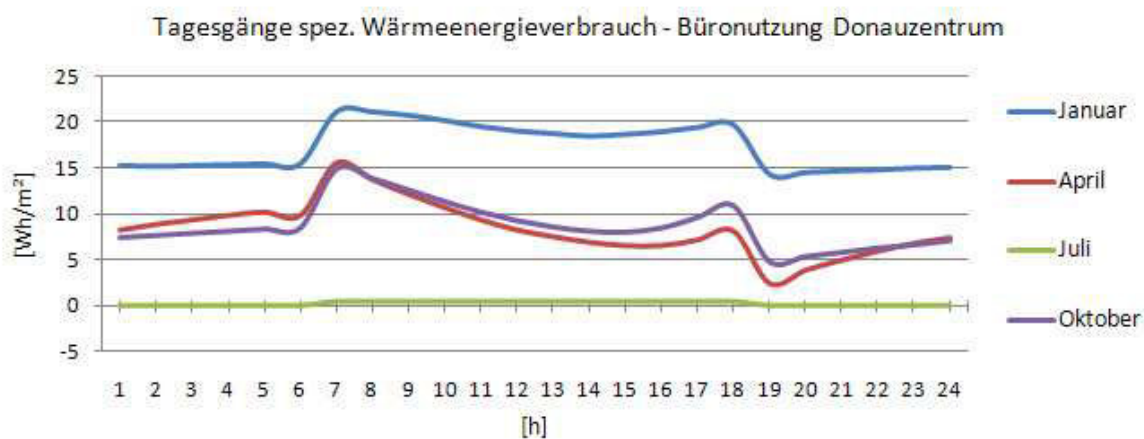


Abb. 217: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Büronutzung Donauzentrum

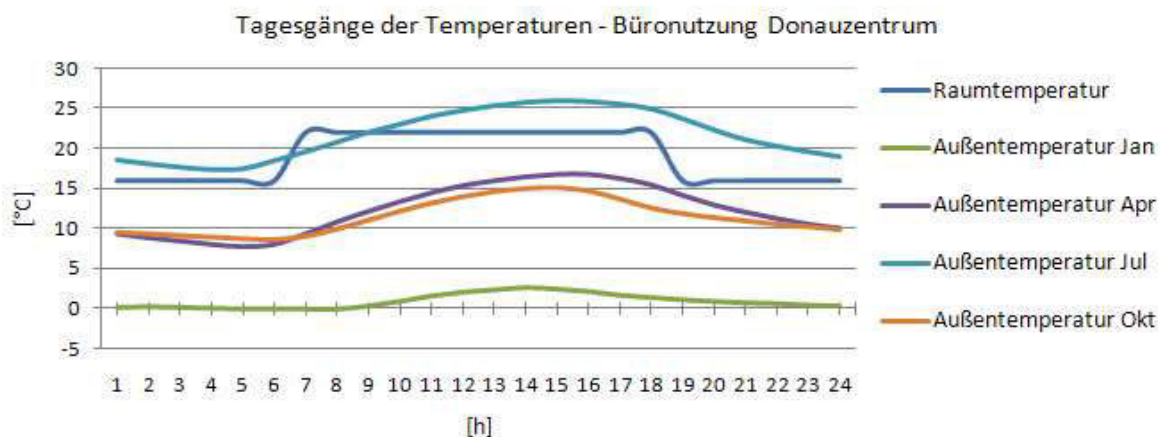


Abb. 218: Tagesgänge der Temperaturen - Büronutzung Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Schulnutzung Donauzentrum:

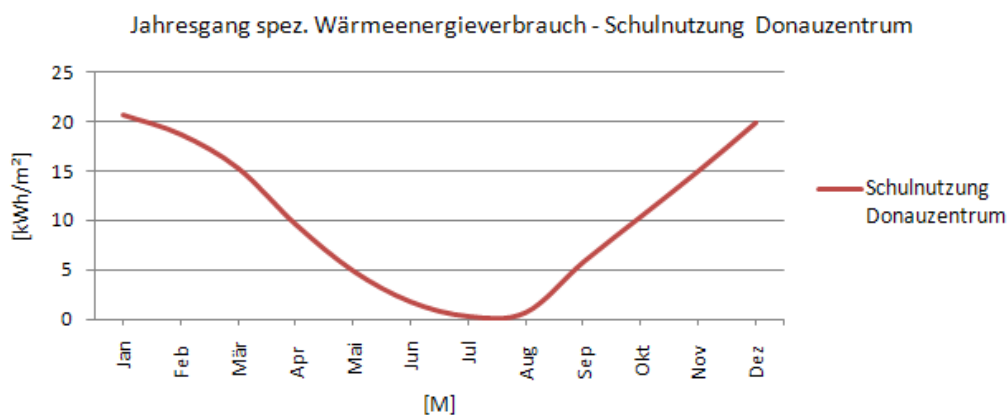


Abb. 219: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch - Schulnutzung Donauzentrum

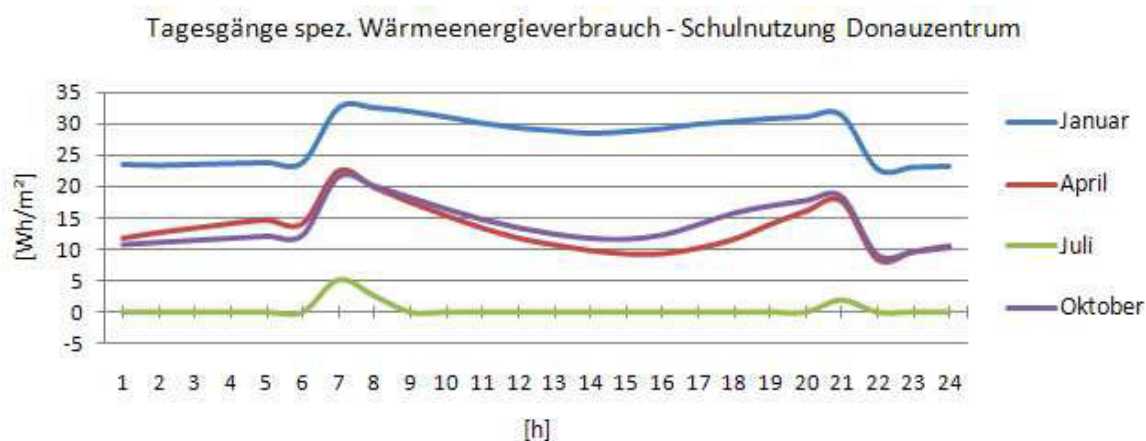


Abb. 220: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Schulnutzung Donauzentrum

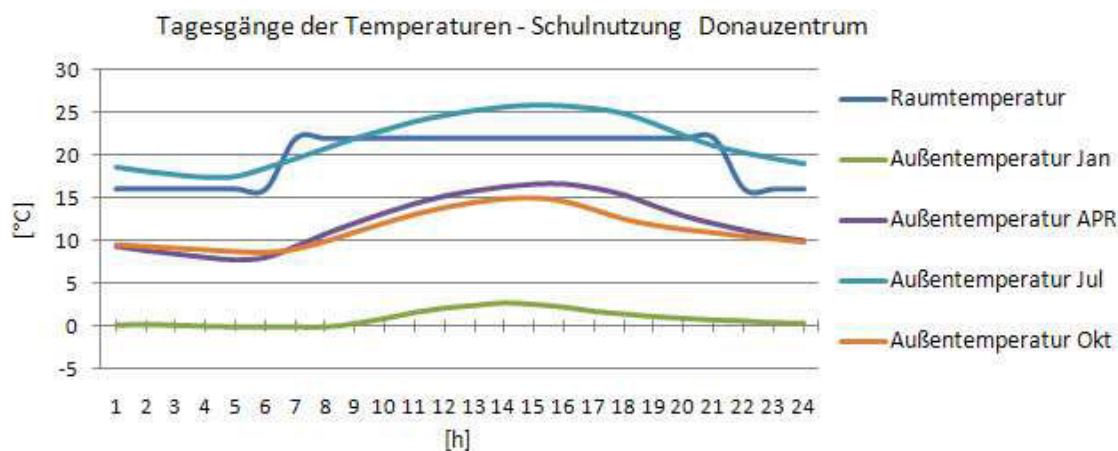


Abb. 221: Tagesgänge der Temperaturen - Schulnutzung Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Wärmeenergieverbrauches - Einkaufszentrum Donauzentrum:

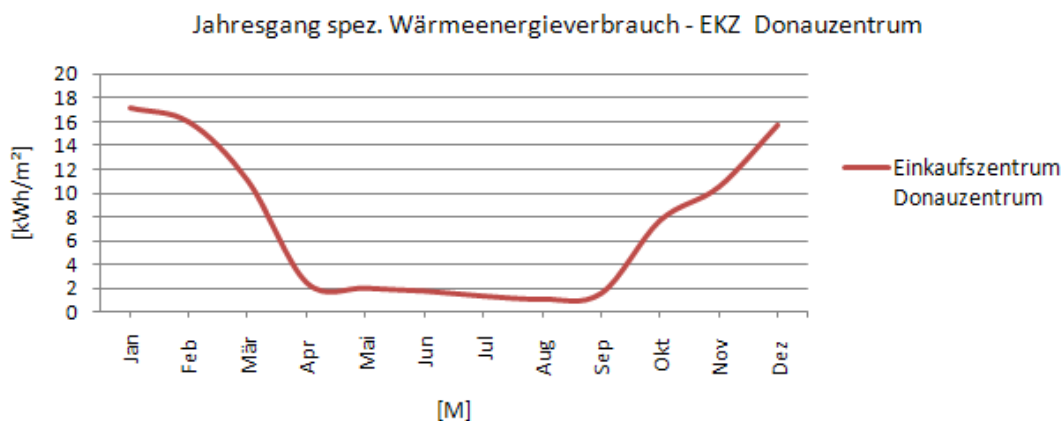


Abb. 222: Jahresgang spez. Wärmeenergieverbrauch - Einkaufszentrum Donauzentrum

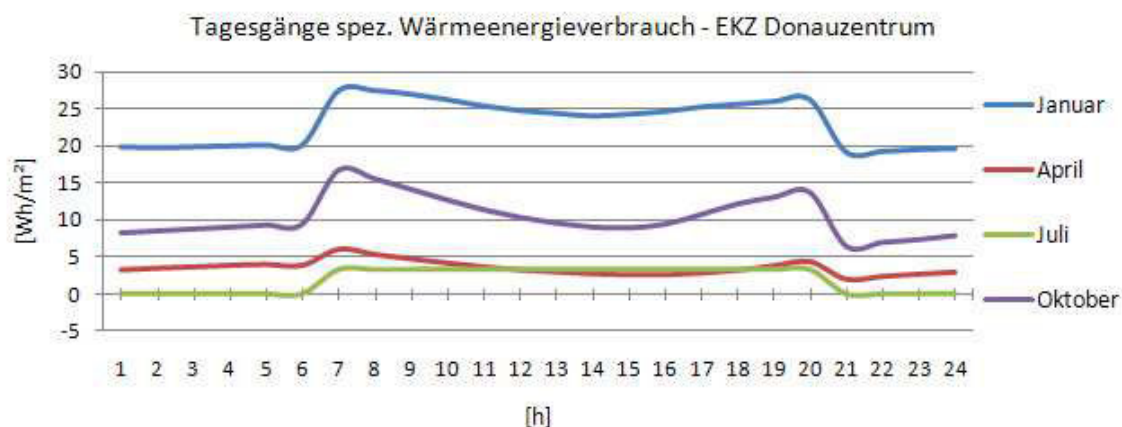


Abb. 223: Tagesgänge spez. Wärmeenergieverbrauch - Einkaufszentrum Donauzentrum

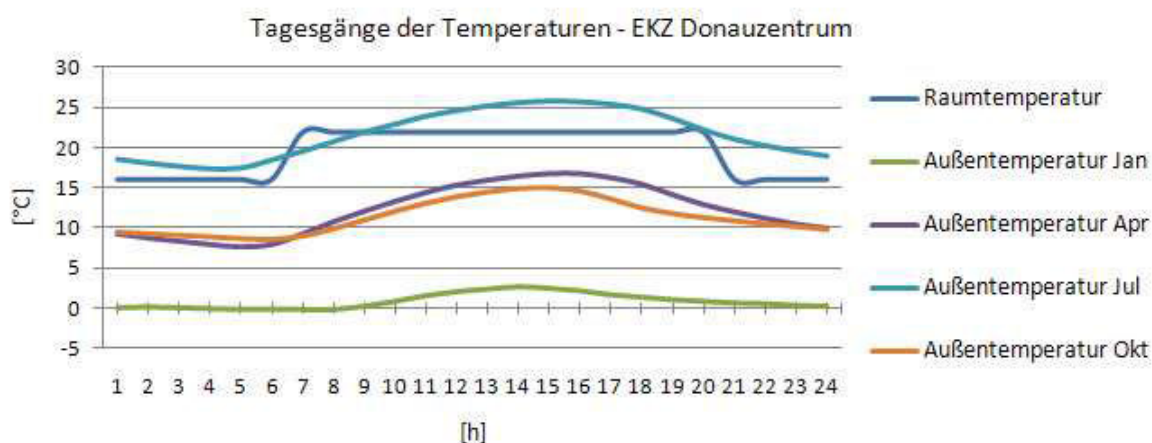


Abb. 224: Tagesgänge der Temperaturen - Einkaufszentrum Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches – Wohnnutzung Donauzentrum:

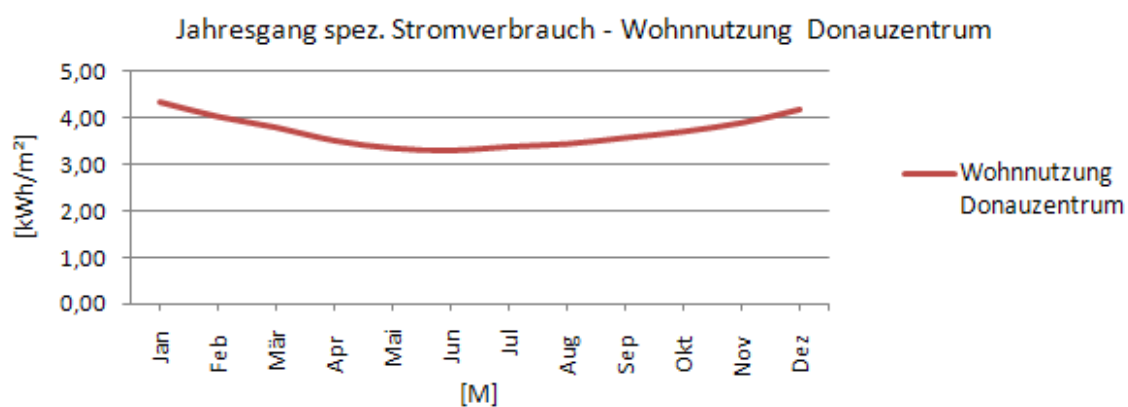


Abb. 225: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung Donauzentrum

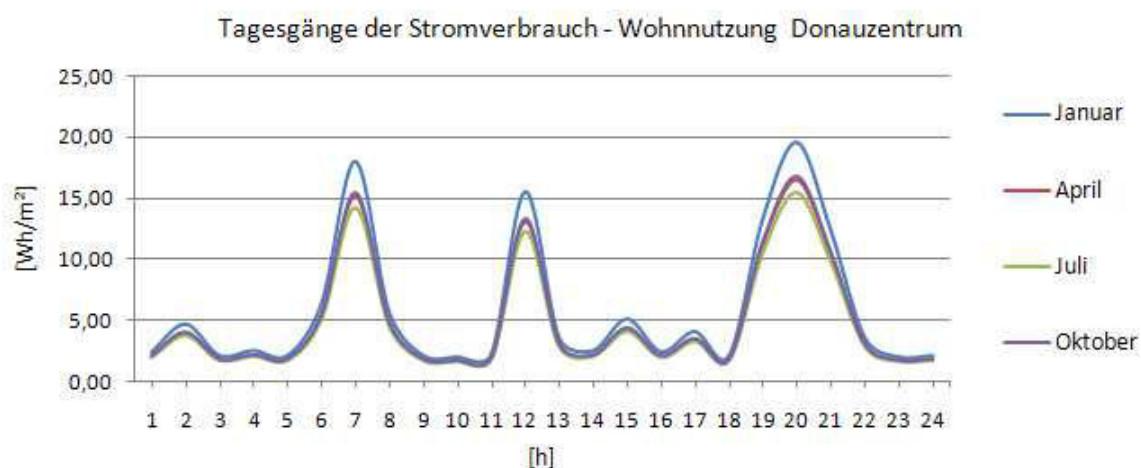


Abb. 226: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Wohnnutzung Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches – Büronutzung Donauzentrum:

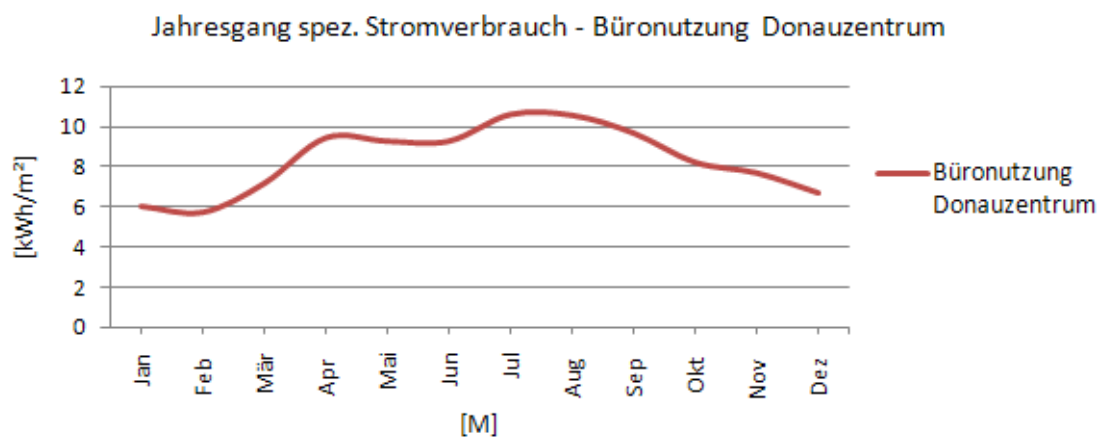


Abb. 227: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Büronutzung Donauzentrum

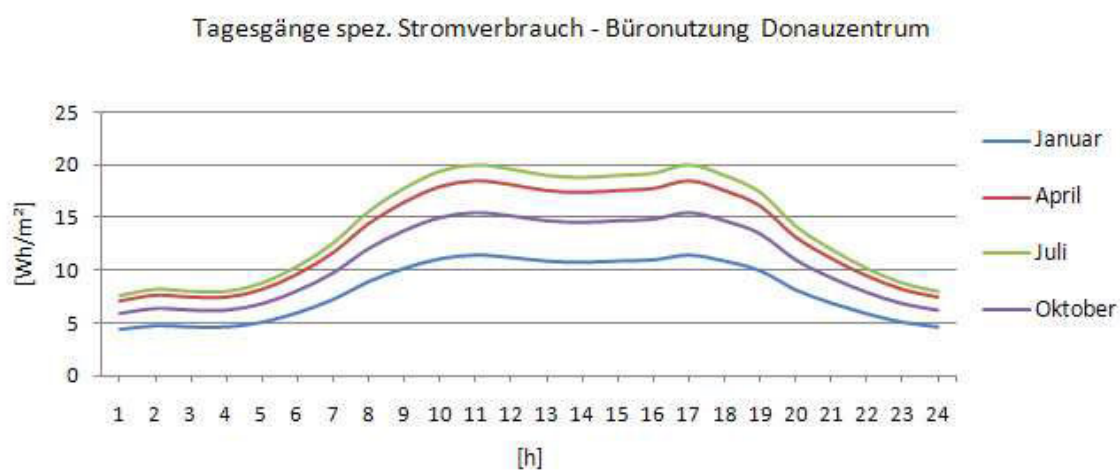


Abb. 228: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Büronutzung Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches – Schulnutzung Donauzentrum:

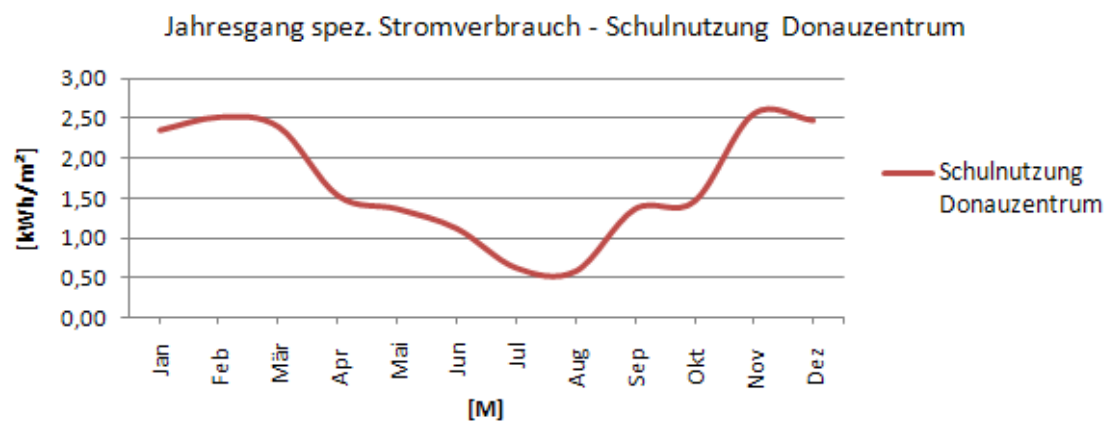


Abb. 229: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Schulnutzung Donauzentrum

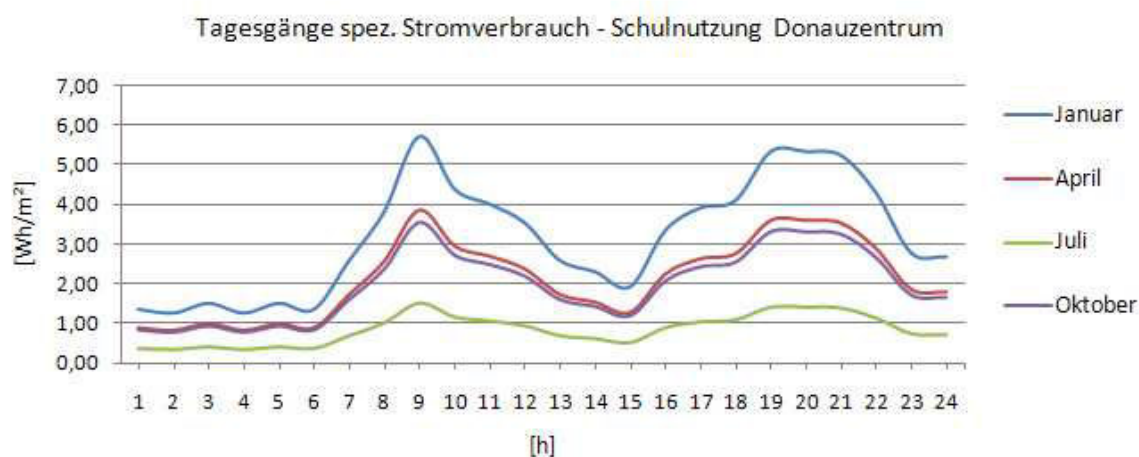


Abb. 230: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Schulnutzung Donauzentrum

Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches – Einkaufszentrum Donauzentrum:

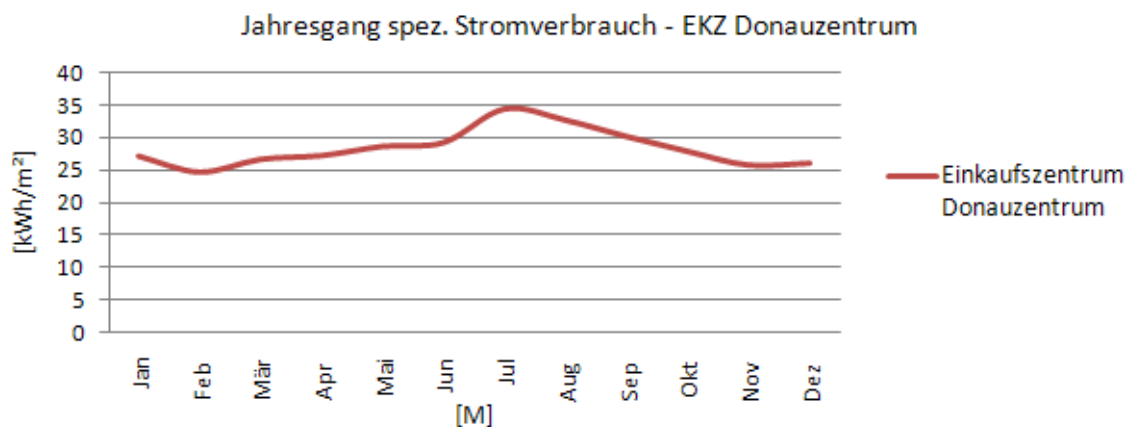


Abb. 231: Jahresgang spez. Stromverbrauch - Einkaufszentrum Donauzentrum

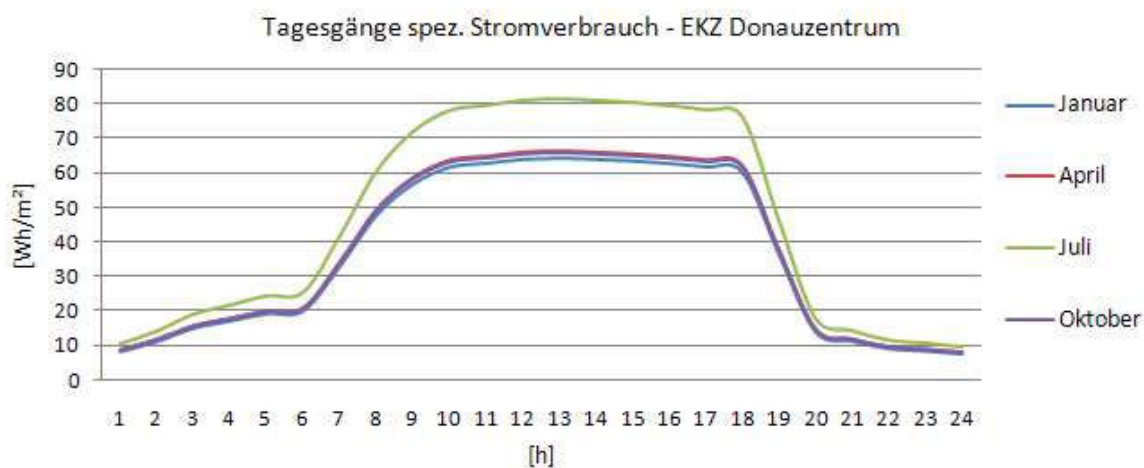


Abb. 232: Tagesgänge spez. Stromverbrauch - Einkaufszentrum Donauzentrum

8.2 Energiebedarf

8.2.1 Siedlungstyp 1 – „Stadt“: Wiener Neustadt

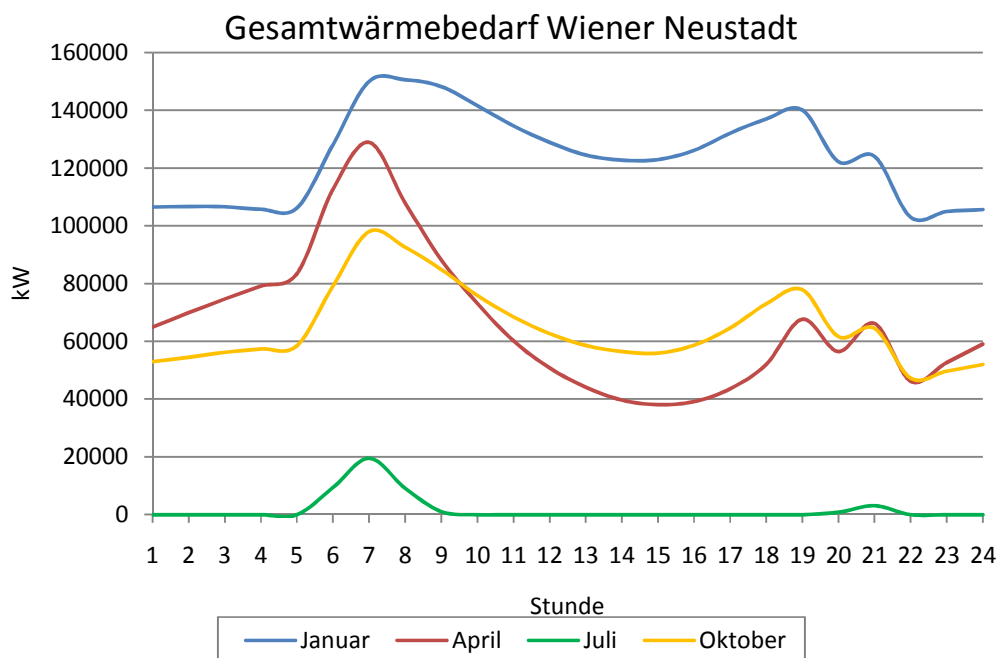


Abb. 233: Tagesganglinien - Wärmebedarf - Wiener Neustadt

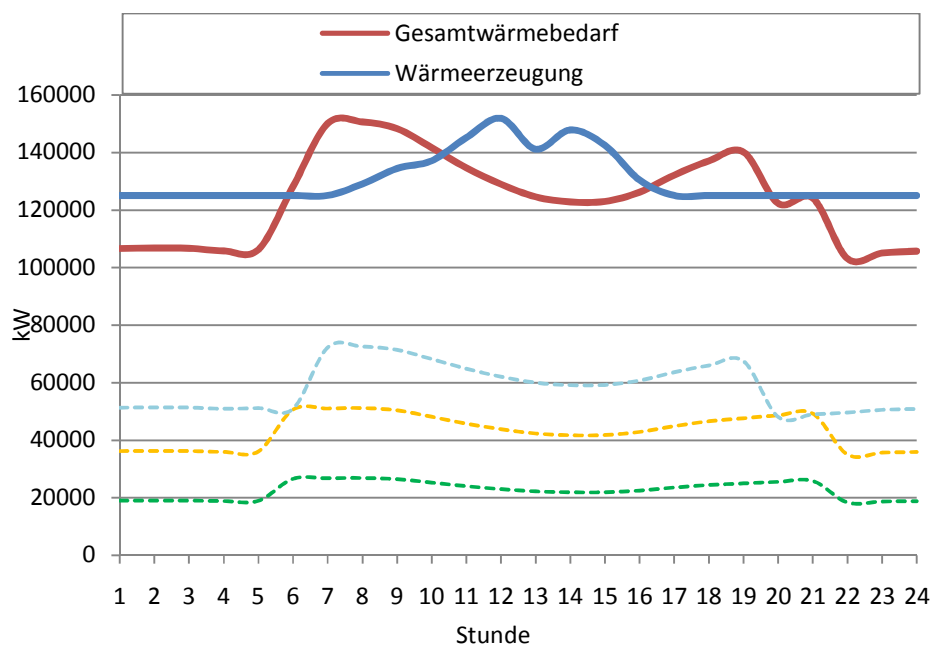


Abb. 234: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat Januar - Szenario Wärme-Smart Grid - Wiener Neustadt

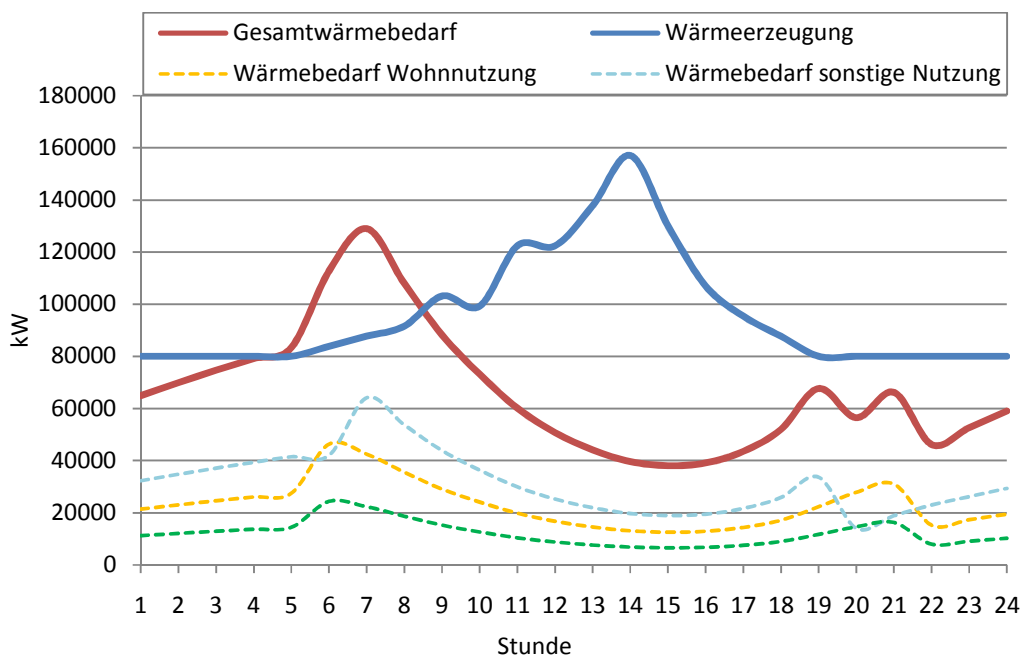


Abb. 235: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat April - Szenario Wärme-Smart Grid - Wiener Neustadt

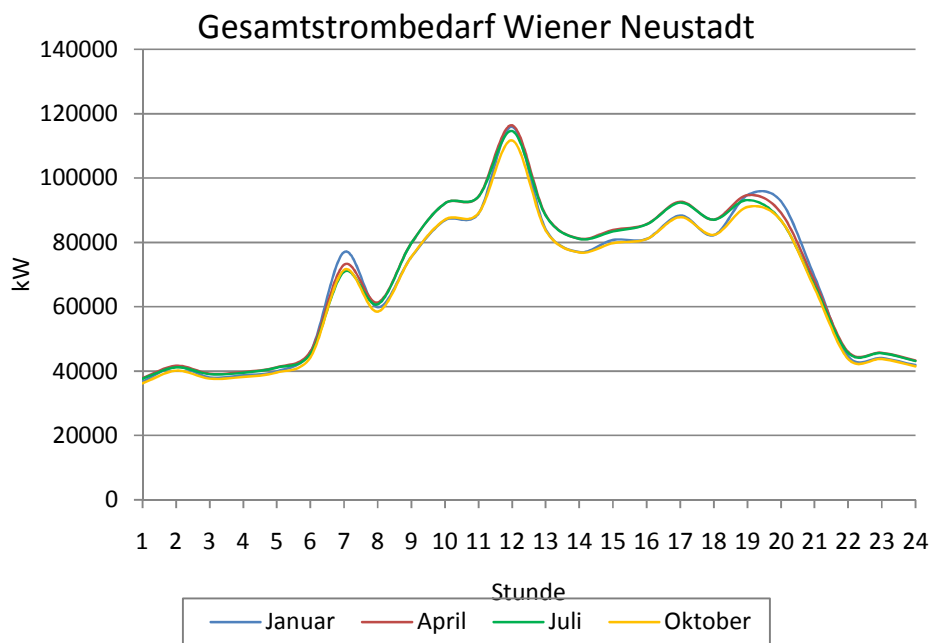


Abb. 236: Tagesganglinien - Strombedarf - Wiener Neustadt

8.2.2 Siedlungstyp 2 - „urbane Siedlung“: Thaur / Rum

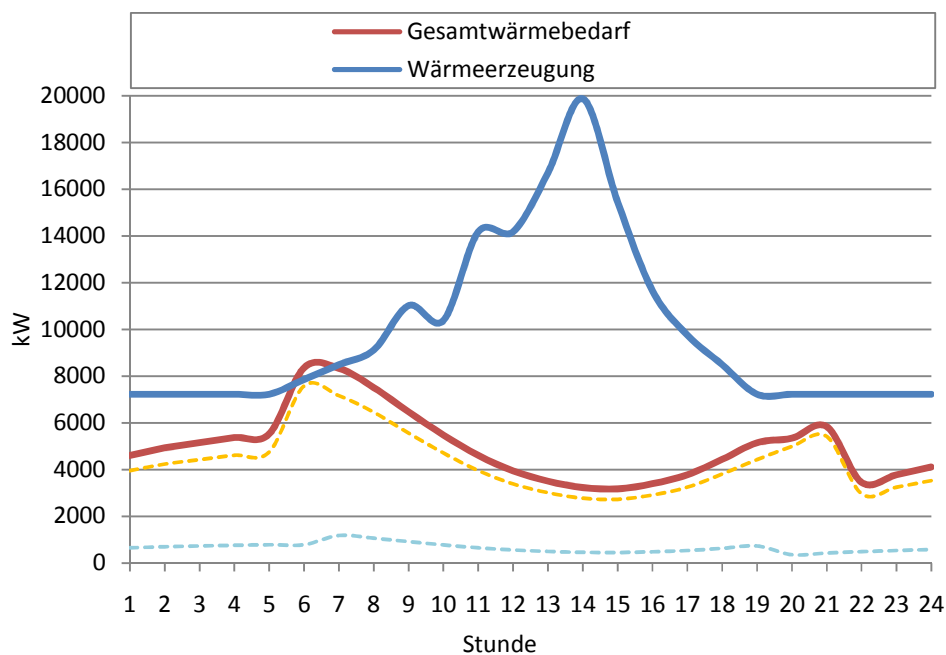


Abb. 237: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat April - Szenario Wärme-Smart Grid - Thaur / Rum

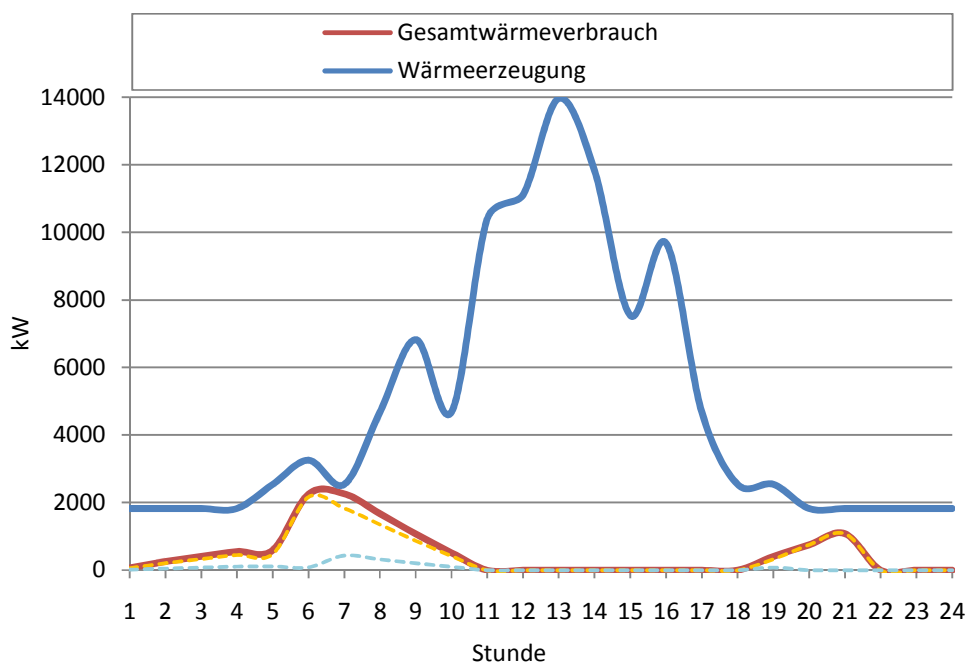


Abb. 238: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat Juli - Szenario Wärme-Smart Grid - Thaur / Rum

8.2.3 Siedlungstyp 3 – „ländliches Gebiet“: Pulkautal

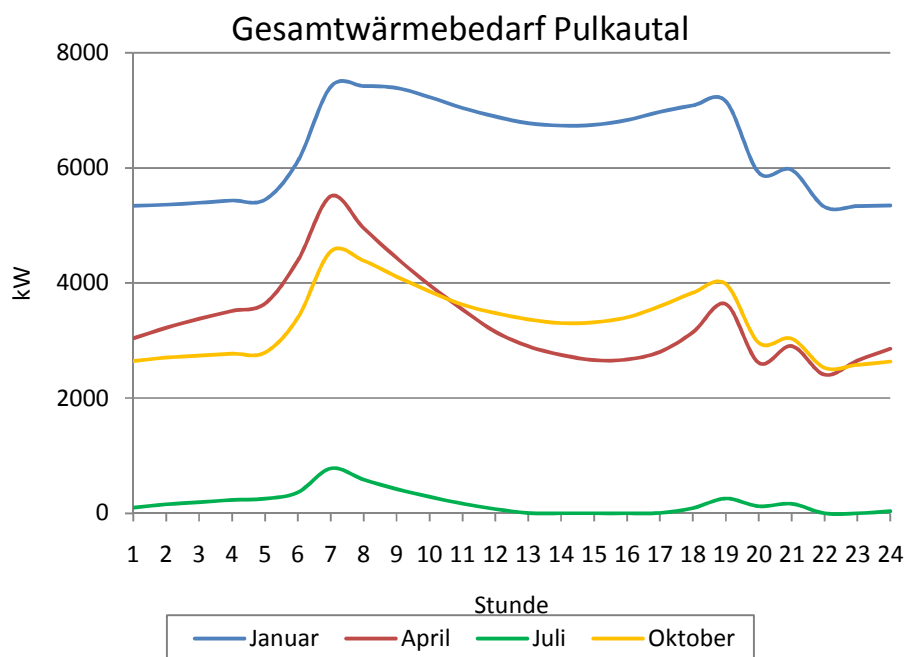


Abb. 239: Tagesganglinien - Wärmebedarf - Pulkautal

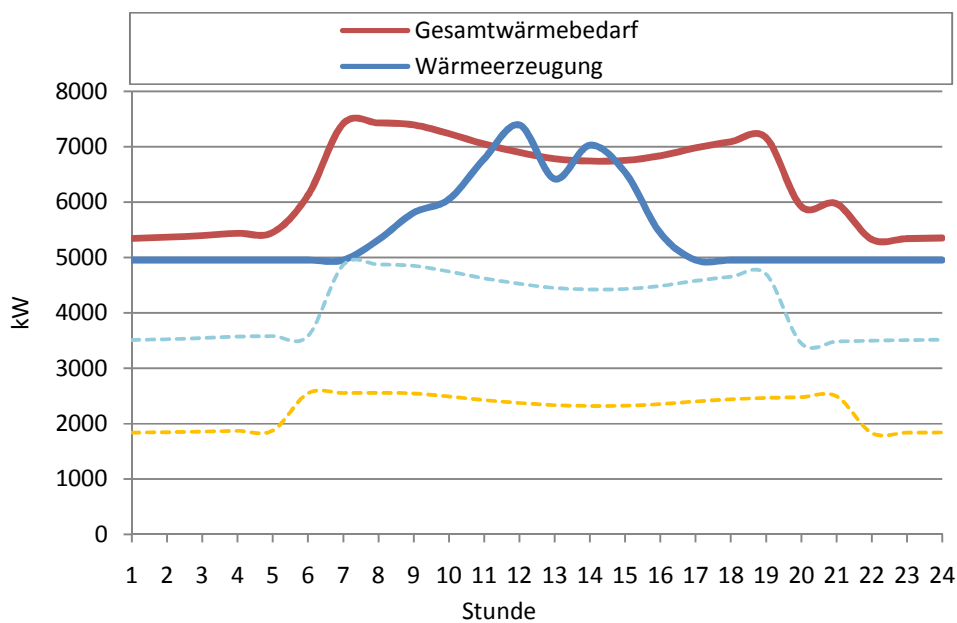


Abb. 240: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat Januar - Szenario Wärme-Smart Grid - Pulkautal

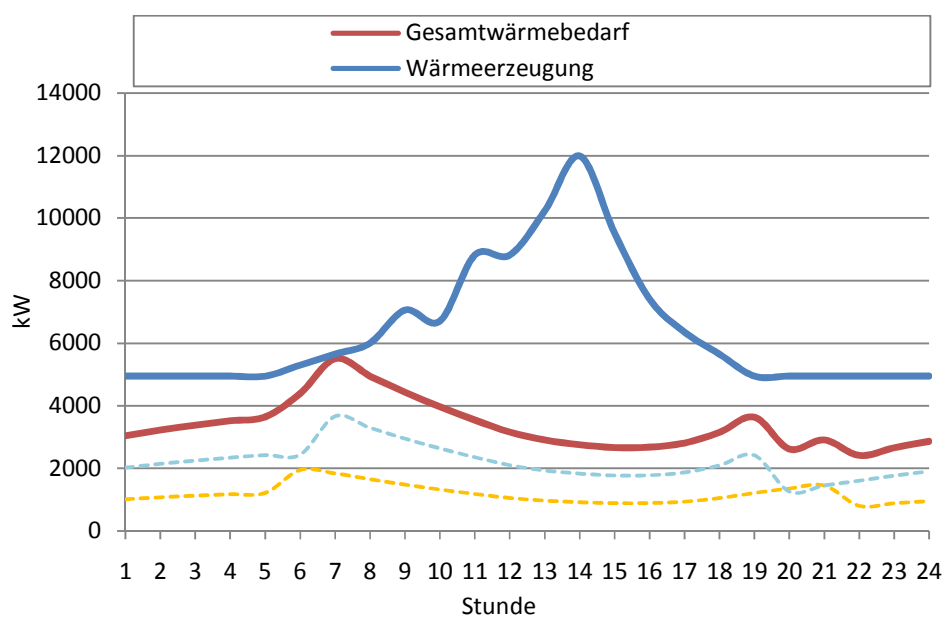


Abb. 241: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat April - Szenario Wärme-Smart Grid – Pulkautal

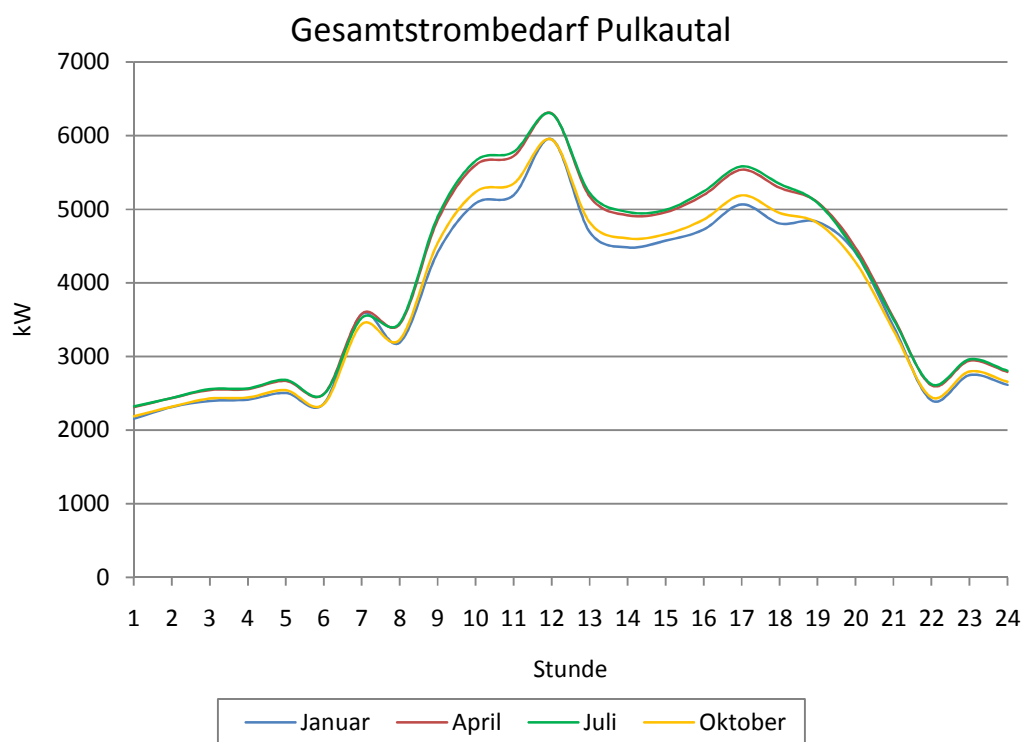


Abb. 242: Tagesganglinien - Strombedarf - Pulkautal

8.2.4 Siedlungstyp 4 – „spezifisches Einsatzgebiet“: Donauzentrum

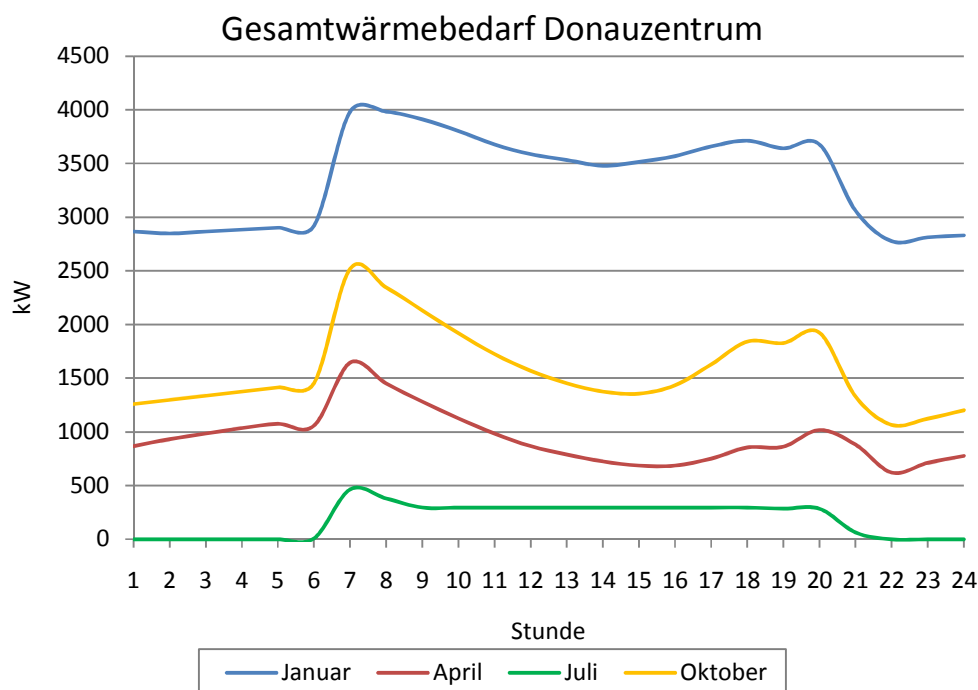


Abb. 243: Tagesganglinien - Wärmebedarf – Donauzentrum

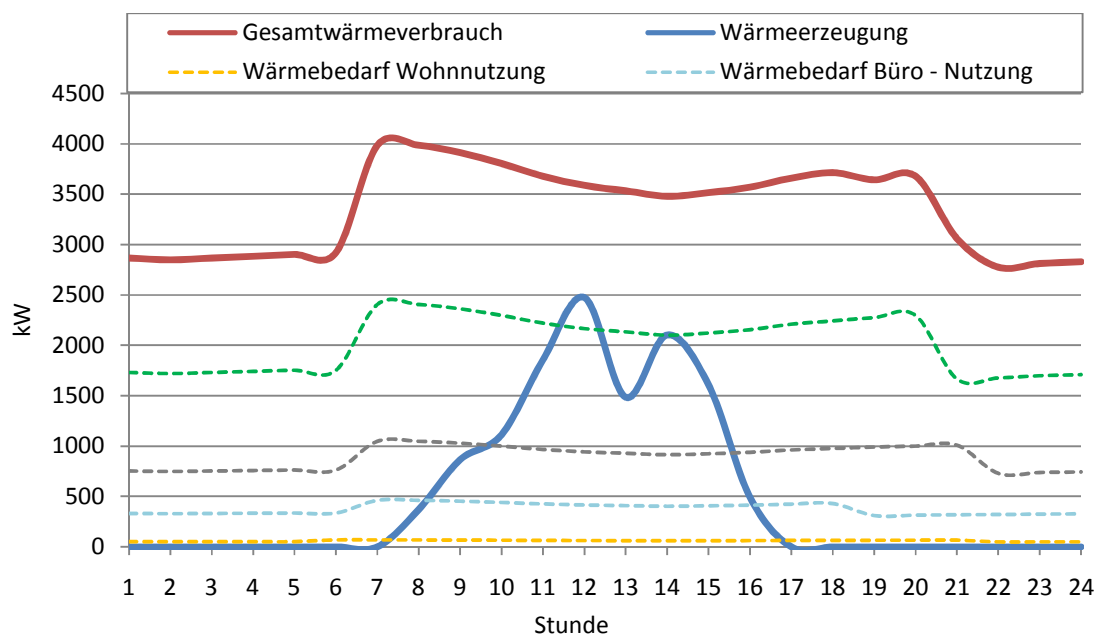


Abb. 244: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat Januar - Szenario lokale Ressourcen – Donauzentrum

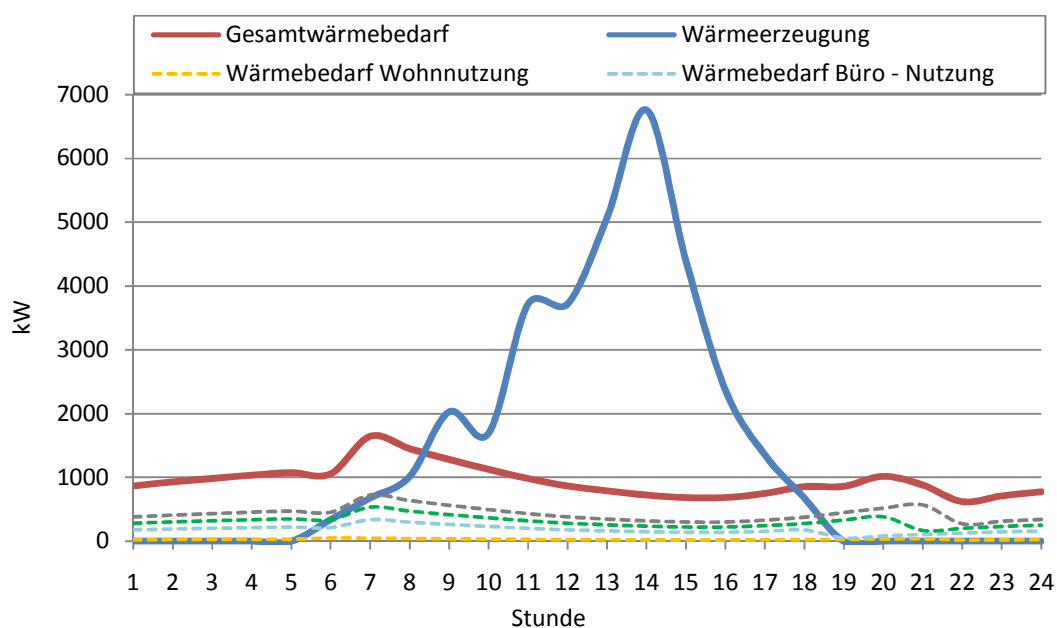


Abb. 245: Tagesganglinie Wärmebedarf Monat Januar - Szenario lokale Ressourcen – Donauzentrum

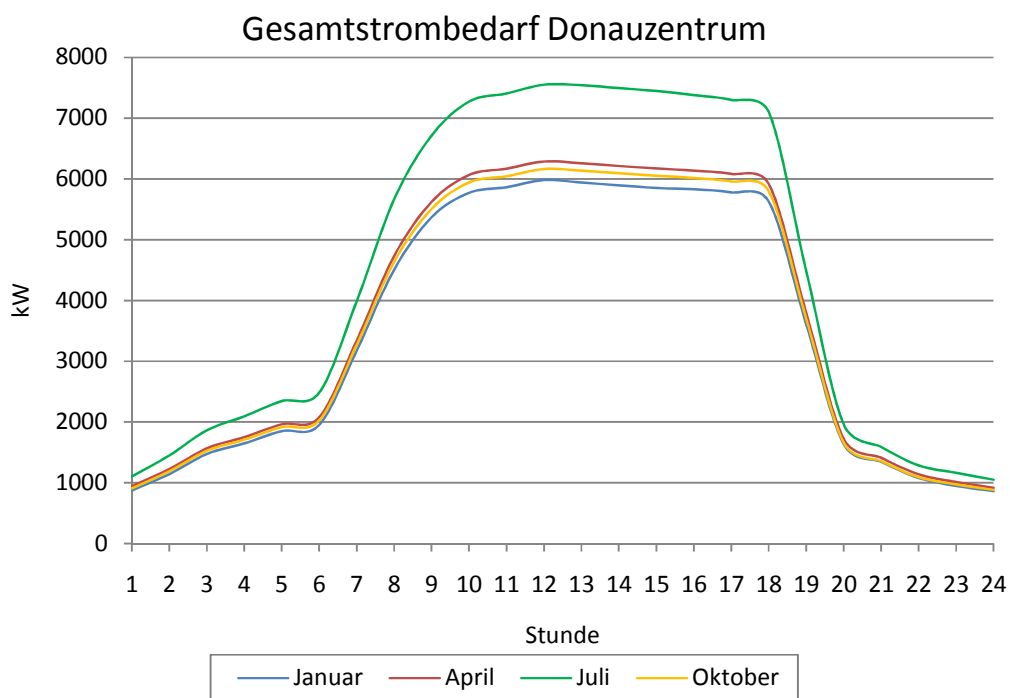


Abb. 246: Tagesganglinien - Strombedarf – Donauzentrum

9 Literaturverzeichnis

- [Albers 2000] Albers, Gerd (2000): Die kompakte Stadt im Wandel der Leitbilder. In: Wentz, Martin (Hrsg.): Die kompakte Stadt; Campus Verlag, Frankfurt-New York, S. 22-29
- [Aventa 2010] <http://www.avena.ch/deutsche%20Homepage/AV7/AV--7.HTM>
(Aufgerufen am 07.Juni 2010)
- [BaWü 2005] Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden - Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart
- [Biogas 2010] <http://www.biogas-infoboard.de/pdf/Biogas-Grundlagen.pdf>
(Aufgerufen am 11.08.2010)
- [BMVBS 2009] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Deutschland), 2009, Verkehr in Zahlen 2008/2009
- [Bossel 1998] Bossel, Hartmut (1998): Globale Wende – Wege zu einem gesellschaftlichen und ökologischen Strukturwandel; Droemer, München
- [Brandenburg 1993, 1994] Brandenburg, Christiane, Linzer, Helena, Mayerhofer, Rainer, Moser, Friedrich, Schacht, Hermann, Voigt, Andreas, Walchhofer, Hans Peter (1993, 1994): Ökologische Funktionstypen; im Auftrag des Magistrates der Stadt Wien, MA22-Umweltschutz, [Forschungsbericht], Wien
- [BUWAL 1995] Handbuch Emissionsfaktoren für stationäre Quellen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft in Bern, Ausgabe 1995
- [Cerwenka 1998] Cerwenka Peter,: Zivilisationsprozess als Energieentwertungsagentur. In: Der Nahverkehr, 16 (1998), Nr. 9, Seite 8-12
- [Consult 2004] Herry Consult 2004, Mobilitätsanalyse 2004 der Stadt Salzburg, Salzburg

- [Eltrop 2006] Eltrop L., Moerschner J., Härdtlein M., König A.: "Bilanz und Perspektiven der Holzenergienutzung in Baden-Württemberg", Forschungsbericht, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, 2006
- [Enercon 2010] http://www.enercon.de/de/_home.htm (Aufgerufen am 07.Juni 2010)
- [Energiebau 2010] http://www.energiebau.de/fileadmin/user_upload/PDF/Datasheets/SolarWorld/200-225_poly_de.pdf (Aufgerufen am 10.06.2010)
- [Fisch 1999] Fisch N.: Ganzheitliche Energiekonzepte für Wohnsiedlungen, Technische Universität Braunschweig, 1999
- [Gaffron 2005] Gaffron, Philine, Huismans, Gé, Skala, Franz (Hrsg., 2005): Ecocity, Book 1. A better place to live; Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien
- [Gaffron 2008] Gaffron, Philine, Huismans, Gé, Skala, Franz (Hrsg., 2008): Ecocity, Book 2. How To Make It Happen; Facultas Verlags- und Buchhandels-AG, Wien
- [gsgoehl 2010] <http://www.gsgoehl.de/img/natur/raps002.jpg> (Aufgerufen am 06.02.2011)
- [Hafner 2011] Firmenschrift Hafner GmbH, Bozen
http://www.hafner.it/assets/images/content/Katalog_A5_DE.pdf
(Aufgerufen am 07.02.2011)
- [Huhn 2006] Huhn R.: Beitrag zur thermodynamischen Analyse und Bewertung von Wasserwärmespeichern in Energieumwandlungsketten, Technische Universität Dresden, 2006
- [IG Windkraft 2010] [http://igwindkraft.at/index.php?xmlval_ID_KEY\[0\]=1047](http://igwindkraft.at/index.php?xmlval_ID_KEY[0]=1047)
(Aufgerufen am 07.Juni 2010)
- [IVB 2010] Innsbrucker Verkehrsbetriebe, 2010: Webseite: <http://www.ivb.at/>
(Aufgerufen am 1.September 2010)

- [JRC 2010] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eur.htm> (Aufgerufen am 05.02.2011)
- [Kerskes 2008] Kerskes H.: Wärmespeicher, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, Stuttgart
- [Klein 2009] Klein S.: Hochtemperaturwärmepumpen - Aktuelle Situation und Perspektiven, Combitherm GmbH, Fellbach
- [Köhler 2010] Firmenschrift Köhler & Ziegler, <http://www.koehler-ziegler.de/> (Aufgerufen am 10.08.2010)
- [KTBL 2006] Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung (FNR, 2006); Datensammlung Energiepflanzen, 2006
- [Landwehr 2002] Landwehr K.: „Einführung in die Abfallwirtschaft“, Teubner Verlag, 3. Auflage, 2002,
- [Langer 2010] Langer U, Vergleichende Untersuchung der Energie-, Kosten- und Emissionsbilanz im öffentlichen Nahverkehr bei Einsatz von Oberleitungsbussen und Dieselnissen der Stadtwerke Solingen (Fachhochschule Köln) <http://www.obus-ew.de/d301fh-koeln-forsch2.htm> (Aufgerufen am 11. September 2010)
- [Leuchtweis 2010] Leuchtweis Ch.: Biomasseheizwerke erfolgreich planen und umsetzen - Beispiele aus Bayern, Tagung: Wärme aus Biomasse, Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, 28. Januar 2010
- [Leuthardt 2009] Leuthardt Helmut: Effizienter Einsatz von Bustypen, in Der Nahverkehr 3/2009 Seite 8-13
- [LLFS 2009] Kurzumtrieb - Energieholz vom Acker - erfolgreiche Beispiele Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark, 2009
http://nuke.biomassstradecentres.eu/Portals/0/D2.2.1%20SRC%20practical%20booklet_AT.pdf (Aufgerufen am 07.02.2011)
- [Mayerhofer 1995] Mayerhofer, Rainer (1995): Eine Ökostadt als flächensparendes und umweltverträgliches Siedlungsmodell. Kriterien für Funktionsverteilungen und Standorte der städtischen

Einrichtungen, Linzer Werkstattgespräche 10, Linzer
Planungsinstitut (LPI), Linz

- [Mayerhofer 2009a] Mayerhofer, Rainer, Voigt, Andreas und Walchhofer, Hans Peter (2009): Perspektiven und Konzepte für die Entwicklung des regionalen Siedlungssystems; in: Wieshofer, Isabel (Hrsg.): REGIO@ Positionen der Forschung zum regionalen Raum; IRIS-ISIS-Schriftenreihe Nr. 12; Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien, S. 60-68
- [Mayerhofer 2009b] Mayerhofer, Rainer, Walchhofer, Hans Peter, Voigt, Andreas, Linzer, Helena (2009): Ressourceneffiziente Bebauungsstrukturen und Stadtgestalt; in: Voigt, Andreas, Walchhofer, Hans Peter (Hrsg.): IFOER-Schriftenreihe Nr. 7, Fachbereich Örtliche Raumplanung; Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien
- [Mähnert 2007] Mähnert P.: Kinetik der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen und Gülle, Dissertation der Humboldt-Universität Berlin, 2007
- [Mangold 2006] Mangold D., Schmidt T.: Saisonale Wärmespeicher - neue Pilotanlagen im Programm Solarthermie 2000plus und Forschungsperspektiven, Solites - Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, Stuttgart, 2006
- [Max 2007] Herry Max, 2007, Verkehr in Zahlen, im Auftrag des BMVIT, Wien
- [meteotest 2010] http://www.meteotest.ch/de/kl_forschung?w=bern (Aufgerufen am 07.Juni 2010)
- [Meyer 2006] Meyer M., Stettler M., SHL Zollikofen, Schweiz, 2006
- [Moser 1985] Moser, Friedrich, Frei, Wolf-Dieter, Mayerhofer, Rainer (1985): Charakteristik der Stadtgestalt – gezeigt am Beispiel Wien. Grundlage für Stadterneuerung und Wohnbau; Bundeswohnbauforschung F-755 [Forschungsbericht], Wien

- [Moser 1988] Moser, Friedrich, Frei, Wolf-Dieter, Voigt, Andreas (1988): Wohnbau im Ortsbild. Regions-spezifische Verdichtungsformen zwischen Tradition und Transformation; Picus Verlag, Wien
- [NASA 2010] <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=1824> (Aufgerufen am 07.Juni 2010)
- [Nordex 2010] http://www.nordex-online.com/de/produkte-service/windenergieanlagen/n100-25-mw.html?no_cache=1 (Aufgerufen am 07.Juni 2010)
- [Ochs 2007] Ochs F., Lichtenfels A., Koch H., Weidemann W., Müller-Steinhagen H.: Heißwasser-Erdbecken-Wärmespeicher mit freitragender Abdeckung für solar Nahwärmesysteme, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart, 2007
- [Ochs 2008] Ochs F., Heidemann W., Müller-Steinhagen H.: Saisonale Wärmespeicherung - eine Herausforderung für Polymere, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart, 2008
- [Ömer 2000] Ömer, Brigitte (2000): Ökologische Leitplanken einer Nachhaltigen Entwicklung. Österreichisches Institut für Nachhaltige Entwicklung: im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur. Wien
- [Pflanzenöl 2010] <http://www.pflanzenoel-bhkw.de/erlaeuter/kwkprinzip.html> (Aufgerufen am 10.08.2010)
- [Pucher 2010] Pucher Ernst, 2010, Auto und Energie, Band 8 der ÖAMTC Akademischen Schriftenreihe, Seite 12
- [PV-Austria 2010] <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=57> (Aufgerufen am 10.06.2010)
- [pvresources 2010] <http://www.pvresources.com/en/top50pv.php> (Aufgerufen am 10.06.2010)

- [Quaschnig 2008] Quaschnig V.: Regenerative Energiesysteme, 5. Auflage, Hanser Verlag München, 2008
- [Saisonalspeicher 2010] <http://www.saisonalspeicher.de/> (Aufgerufen am 22.06.2010)
- [Sanner 2004] Sanner B.: Aquifer-Wärmespeicher in Deutschland, OTTI-Profiforum „Oberflächennahe Geothermie“, Garching, 2004
- [Schattauer 2004] Schattauer, A.; Weiland, P. : Grundlagen der anaeroben Fermentation. In: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.); Leipzig; S. 25-35, 2004
- [Sharp 2010] <http://www.sharp.de/cps/rde/xchg/de/hs.xsl/-/html/2698.htm> (Aufgerufen am 10.06.2010)
- [tiris 2010] tiris Kartendienste, Land Tirol, <http://gis3.tirol.gv.at/scripts/esrimap.dll?Name=sonne&Cmd=Start> (Aufgerufen am 10.06.2010)
- [UFOP 2007] Handbuch - Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, http://www.ufop.de/downloads/Handbuch_Rapsoelkraftstoff.pdf (Aufgerufen 06.02.2011)
- [Umweltlexikon 2011] <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/biomasse.htm> (Aufgerufen am 06.02.2011)
- [VCÖ 2010] VCÖ-Mobilitätspreis Burgenland, Website <http://www.vcoe.at/start.asp?b=110&ID=8113>, (Aufgerufen am 23. September 2010)
- [Verbund 2002] "Nachhaltigkeitsbericht 2002", Österreichische Elektrizitätswirtschafts Aktiengesellschaft (Verbundgesellschaft), 2002
- [Voigt 1996] Voigt, Andreas (1996): Handlungsgrundlagen für eine ökologische Stadtentwicklungsplanung; in: Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Wien, S. 49-53

- [Voigt 1997] Voigt, Andreas (1997): Gestaltung der Bebauungsstrukturen Wien durch räumliche Modelle. Analyse und Synthese; Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien
- [Völklein 2008] Völklein M.: "Berechnung des kumulierten Energieaufwands bei der Gewinnung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen" Göttingen, 2008
- [Walchhofer 1999] Walchhofer, Hans Peter (1999): Ressourceneffiziente Bebauungsstrukturen; Dissertation TU Wien
- [Wallisch 2001] Wallisch A.: "Emissionsbilanz für die Sun-City Wien" Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände, Wien, 2001
- [Weiland 2000] Weiland, P.: Stand und Perspektiven der Biogasnutzung und -erzeugung in Deutschland. In: Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotenzial, Gülzower Fachgespräche Band 15; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.); Weimar; S. 8-27, 2000
- [Weiland 2009] Technische Anforderungen an die Vergärung von Energiepflanzen, Präsentation auf der DECHEMA-Fachtagung Bioenergie, Güstrow, 8.-9. März 2009
- [ZAMG 2010] Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung für Klimatologie, Hohe Warte, Wien

Literatur für Leistungsbedarfsermittlung

- I. FfE Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. – Strukturoptimierung in Ballungsgebieten - http://www.ffe.de/download/langberichte/Bericht_Strukturoptimierung.pdf
- II. ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. – Außentemperaturdaten - http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm
- III. NUMBIS – Niederösterreichisches Umwelt- Beobachtungs- und Informations-System - Außentemperaturdaten - <http://www.numbis.at/kontakt.html>
- IV. NACHHALTIG wirtschaften - Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen - <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/results.html/id4207>

- V. STATISTIK AUSTRIA –
Durchschnittlicher Stromverbrauch der Haushalte nach Verbrauchskategorien 2008 -
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html

- VI. STATISTIK AUSTRIA – Migration & Integration 2010 -
http://www.statistik.at/web_de/suchergebnisse/index.html

- VII. STATISTIK AUSTRIA – Privathaushalte nach Geburtsland der Haushaltsreferenzperson, Haushaltsgröße und Bundesländern - Jahresdurchschnitt 2009 -
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/haushalte_familien_lebensformen/haushalte/023303.html

- VIII. Energie-Control GmbH - Betriebsstatistik 2009-Öffentliches Netz-Monatliche Bilanz -
<http://www.e-control.at/de/statistik/strom/betriebsstatistik/berichtsjahr-2009>

- IX. HOCHTIEF PPP SOLUTIONS -
Energetische Sanierung am Beispiel des PPP-Projektes Schulen Kreis Offenbach -
http://www.kreis-offenbach.de/media/custom/350_4283_1.PDF?loadDocument&ObjSvrID=350&ObjID=4283&ObjLa=1&Ext=PDF&_ts=1285244822

- X. Stadt Ingolstadt Hochbauamt - Energiesparkonzept Schulen (Beteiligungsmodell 1997 bis 2003) - Erstellt von: Arzberger Lorenz, Energiedienst -
http://www2.ingolstadt.de/media/custom/465_1681_1.PDF?loadDocument&ObjSvrID=465&ObjID=1681&ObjLa=1&Ext=PDF&_ts=1132824436

- XI. Verbraucherdaten 2008 – Bürogebäude – Wien, Schwarzenbergplatz 5

- XII. Verbraucherdaten 2009 – Einkaufszentrum - Donauzentrum – Wien

- XIII. Verbraucherdaten 2009 – Wohnanlage – Innsbruck, Schießstandgasse 2

- XIV. Verbraucherdaten 2009 – Wohnanlage – Innsbruck, Dr. Glatz-Straße 1
- XV. Verbraucherdaten 2009 – Wohnanlage – Innsbruck, Klosteranger 12

- XVI. Verbraucherdaten 2009 – Mehrfamilienhaus – Igls, Patscherstrasse

- XVII. Annahmen: Raumtemperatur (Tages- bzw. Nachtabenkungstemperatur)

10 Glossar

Absorptionskälteanlage	thermisch angetriebene Kältemaschinen - In einer Absorptionskältemaschine wird der Kühleffekt nicht durch die Zuführung von mechanischer-, sondern mittels Wärmeenergie erzeugt
BHKW	Blockheizkraftwerk - modular aufgebaute Anlage zur Gewinnung von elektrischer Energie und Wärme. Als Antrieb können Verbrennungsmotoren (Diesel- und Gasmotoren) oder Gasturbinen eingesetzt werden. Gegenüber der herkömmlichen Kombination aus lokaler Heizung und zentralem Kraftwerk zur Stromerzeugung besitzen Blockheizkraftwerke einen höheren Gesamtnutzungsgrad.
Biogas	durch anaeroben, mikrobiellen Abbau von organischen Stoffen entstehendes Gasgemisch. Hauptbestandteile: 40 – 75 % Methan, 25 – 55% Kohlendioxid, 0 – 10% Wasserstoff, 0 – 5% Stickstoff
EBS – Anlage	Ersatzbrennstoff Anlage - Verbrennungsanlage in welchem Ersatzbrennstoffe oder andere mittel- oder hochkalorische Reststoffe thermisch verwertet werden. Durch das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) können gegenüber herkömmlichen kalorischen Kraftwerken höhere Gesamtnutzungsgrade erreicht werden. Als Ersatzbrennstoff bzw. Sekundärbrennstoff wird ein Brennstoff definiert, der aus Abfällen (Gewerbe, Industrie oder Haushalte) gewonnen wird.
Fernwärme	Wärmeversorgung in einem definierten Gebiet über ein isoliertes unterirdisch verlegtes Rohrleitungsnetz. Die Wärme wird in einem Heizkraftwerk durch Kraft-Wärme-Kopplung oder einem Heizwerk erzeugt und in das Wärmeverteilnetz eingespeist.
Fossile Brennstoffe	Brennstoffe wie beispielsweise Erdöl, Erdgas, Braunkohle oder Steinkohle die in geologischer Vorzeit aus Abbauprodukten von abgestorbenen Pflanzen und Tieren entstanden sind
Geothermie	Nutzung der im Erdreich gespeicherten Wärme

Kurzumtriebsholz	Schnellwuchshölzer - Anpflanzung schnell wachsender Bäume oder Sträucher mit dem Ziel, innerhalb von kurzer Umtriebszeit Holz als nachwachsenden Rohstoff zu produzieren
Maissilage	Silage aus der ganzen Maispflanzen, welche als Grundfutter für die Viehzucht und als Substrat für die Biogaserzeugung eingesetzt werden kann
Photovoltaik	direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen
Pufferspeicher	mit Wasser gefüllter isolierter Wärmespeicher - Pufferspeicher ermöglichen eine Entkoppelung der Wärmeerzeugung vom direkten Verbrauch und führen zu einem verbesserten Betriebsverhalten und höherem Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers.
Rücklauftemperatur	Temperatur mit welcher das Wasser in den Kessel zurück fließt
Smart Grid	Der Begriff intelligentes Netz umfasst die Vernetzung und Steuerung von Erzeugern, Speichern und Verbrauchern. Das Ziel ist die Sicherstellung der Versorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs.
Solarthermie	Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare Wärmeenergie mittels Sonnenkollektoren
Vorlauftemperatur	Temperatur mit welcher in das Wärmeverteilnetz eingespeist wird
Windenergie	Umwandlung der kinetischen Energie von bewegten Luftmassen in elektrische Energie mittels Windkraftanlagen

Ausgewählte Begriffe der Kommunalen Entwicklungsplanung und Bebauungsplanung

1. Bevölkerung, Einwohner, Bewohner

Bevölkerung:	in einem größeren Gebiet (z.B. einem Land oder einem Landkreis) wohnende Menschen
Einwohner:	innerhalb kommunaler Grenzen (z.B. einer Stadt oder einer Landgemeinde) wohnende Menschen
Bewohner:	in einem Haus oder einer Wohnung wohnende Menschen

2. Flächenbegriffe

Gemeindegebiet:	Gebiet innerhalb der Gemeindegrenzen (Plangebiet für den Flächenwidmungsplan)
Besiedelte Fläche:	Summe der Gemeindeflächen, die nicht landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzt werden und nicht Wasserflächen oder Ödland sind. Zur besiedelten Fläche gehören Bruttobaugebiete, die Verkehrsflächen, die Erholungs- und Freiflächen sowie die Flächen für Versorgungsanlagen
Bruttobaugebiet:	Nettobauland zuzüglich der Gemeinbedarfs flächen, der Flächen für die innere Erschließung des Bruttobaugebiets und der öffentlichen Grünflächen im Bruttobaugebiet
Bruttobaulandfläche (BBFI):	Nettobauland zuzüglich der Flächen der Erschließung bis zu einer Breite von max. 15m
Nettobauland:	Überbaute und nicht überbaute Grundstücksflächen einschließlich der privaten Stellplätze, Freiflächen, Wege und Nebenanlagen
Nettobohnbauland:	Nettobauland für Wohnungen
Überbaute Fläche:	der von baulichen Anlagen überdeckte Teil des Baugrundstückes
Geschoßfläche:	nach den Außenmaßen der Gebäude in allen Vollgeschoßen ermittelte Fläche.
Wohnfläche:	nutzbare Grundfläche einer Wohnung.
Nettonutzfläche energierelevant (NNFI):	Nutzbare Grundfläche einer Wohnung, eines Büros einer öffentlichen Einrichtung etc., sowie beheizbare Teilflächen anderer Nutzungen (z.B. Gewerbe, Landwirtschaft)

3. Dichtebegriffe

Bevölkerungsdichte:	Bevölkerung je km ² eines größeren Gebietes (z.B. Bundesland)
---------------------	--

Einwohnerdichte:	Einwohner je ha besiedelte Fläche (Die Verwendung des Begriffs „Siedlungsdichte“ für das Verhältnis von Einwohnern zum gesamten Gemeindegebiet ist irreführend.)
Bruttowohndichte:	Einwohner je ha Bruttobaugebiet
Nettowohndichte:	Einwohner je ha Nettowohnbauland
Bruttowohnungsdichte:	Wohnungen je ha Bruttobaugebiet
Nettowohnungsdichte:	Wohnungen je ha Nettowohnbauland
Belegungsziffer:	Anzahl der Bewohner je Wohnung
Behausungsziffer:	Anzahl der Bewohner je Wohnungsgebäude im Durchschnitt eines Gebietes (z.B. Land, Stadt)
Geschoßflächenzahl GFZ (Ausnutzungsziffer):	Zulässige Geschoßflächenzahl je m ² Grundstücksfläche. Der Begriff Geschoßflächenzahl bezieht sich auf die rechtliche Festsetzung der zulässigen Ausnutzung auf einer Einzelparzelle. Zur Darstellung der tatsächlichen Relation von Geschoßflächen zu Nettobauland sollte daher besser der Begriff Geschoßflächendichte verwendet werden
Grundflächenzahl GRZ:	zulässige Grundfläche je m ² Grundstücksfläche
Baumassenzahl BMZ:	zulässige Baumasse (in m ³) je m ² Grundstücksfläche
Freiflächenindex:	Verhältnis von Grundstücksfreiflächen zu Gesamtgeschoßfläche
Beschäftigtendichte:	Beschäftigte je ha Gewerbe-, Industrie- oder Kerngebietsfläche
Beschäftigungsindex:	Beschäftigte je Einwohner eines Gebietes

Abkürzungen

CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CO	Kohlenmonoxid
HC	Kohlenwasserstoff Verbindungen
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NO _x	Stickoxide
PKW	Personenkraftwagen
PM ₁₀	Particulate Matter 10 – Bezeichnung für Feinstaub
SO ₂	Schwefeldioxid

IMPRESSUM

Verfasser

DESA Umwelttechnik GmbH
Hallerstraße 180, 6020 Innsbruck
Tel.: +43 (0)512 265970
Fax: +43 (0)512 261050
E-Mail: desa@desa.at
Web: www.desa.at

- Hafner, Heinrich
- Mintscheff, Iljan
- Wilhelmy, Marcus

Projektpartner und Autoren

TU Wien, Department für Raumentwicklung,
Infrastruktur- und Umweltplanung
Karlsgasse 13/2, 1040 Wien
Tel.: +43 1 58801-26801
Fax.: +43 1 58801-26899
Email: sekretariat+e280@tuwien.ac.at
Web: raum.tuwien.ac.at

- Ernst, Michael
- Hörl, Bardo
- Kalasek, Robert
- Linzer, Helena
- Mayerhofer, Rainer
- Voigt, Andreas
- Walchhofer, Hans Peter

Ingenieurbüro Kainz PlanungsgmbH
Innsbruck

Leopoldstraße 3, 6020 Innsbruck
Tel: +43 512 570524-0
E-Mail: post@ibk.ag
Web: www.ibk.ag

- Kainz, Ferdinand

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

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