



Erarbeitung der Grundlagen für Produktlabels auf europäischer Ebene für Biomassekleinfeuerungen

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.

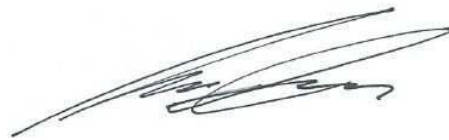
Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische 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

Wilhelm Moser, Christoph Strasser

Gerfried Jungmeier, Angelika Lingitz, Lorenza Canella, Kurt Könighofer (Joanneum Research)

Endbericht BioHeatLABEL

Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen

Datum 28. September 2010

Nummer 414 TR nk-I-1-52 01

Projektleitung Walter Haslinger walter.haslinger@bioenergy2020.eu

Mitarbeit Susanne Griesmayr, Wilhelm Moser, Christoph Strasser



Partner Joanneum Research
Forschungsgesellschaft mbh

Unterstützende Partner FJ-BLT Leopold Lasselsberger, A. Eder, Fröling, Guntamatic, Hargassner, Herz, Hoval, KWB, ÖkoFen, SHT, Windhager (alle Biowärme-Forum Austria), Calimax, HET, RIKA, klima aktiv Holzwärme, Pro Pellets

Projektnummer nk-I-1-52

Projektlaufzeit 01. Juli 2008 - 30. Juni 2001

Mit Unterstützung von Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

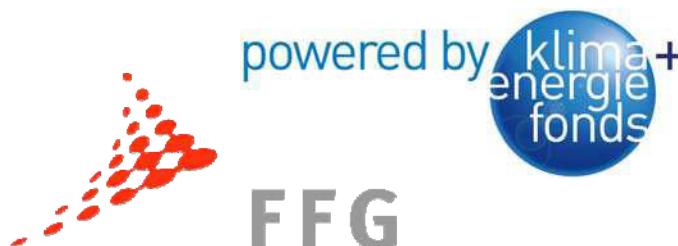
BIOENERGY 2020+ GmbH

Standort Wieselburg

Gewerbepark Haag 3, A 3250 Wieselburg-Land
T +43 (0) 7416 52238-10
F +43 (0) 7416 52238-99
centre@bioenergy2020.eu
www.bioenergy2020.eu

Firmensitz Graz

Innfeldgasse 21b, A 8010 Graz
FN 232244k
Landesgericht für ZRS Graz
UID-Nr. ATU 56877044



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Datengrundlagen	6
3	Definition des Base Case	12
4	Bewertung der Base Cases	16
4.1	Lebenszykluskosten	16
4.1.1	Methodik	16
4.1.2	Ökonomische Grunddaten der Base Case	18
4.1.3	Ergebnisse und Diskussion	22
4.2	Ökologische Bewertung – Lebenszyklusanalyse (LZA)	26
4.2.1	Methodik	26
4.2.2	Datensätze zur ökologischen Bewertung	30
4.2.3	Ökologische Grunddaten der Base Case	32
4.2.4	Ergebnisse und Diskussion	34
5	Analyse Best Available Technology	55
5.1	Beste am Markt verfügbare Produkte (BAT auf Produktebene)	55
5.2	Technische Optionen (BAT auf Komponentenebene)	57
5.3	Stand der Entwicklung bzw. Wissenschaft (BNAT)	59
6	Identifikation Verbesserungspotential – Definition der Designvarianten (DV)	60
7	Bewertung der Designvarianten	63
7.1	Lebenszykluskosten (LZK)	63
7.1.1	Ökonomische Grunddaten der Design Varianten	63
7.1.2	Ergebnisse und Diskussion	64
7.2	Ökologische Bewertung – Lebenszyklusanalyse (LZA)	68
7.2.1	Ökologische Grunddaten der Designvarianten	68
7.2.2	Ergebnisse und Diskussion	70
8	Vergleich Base Case – Designvarianten	86
8.1	Lebenszykluskosten	86
8.2	Ökologische Bewertung – Lebenszyklusanalyse (LZA)	87
9	Entwicklung von Ökoeffizienzklassen	94
9.1	Grundlagen	94
9.2	Vorschlag für Produktlabel	95
9.3	Beispiele für die Anwendung des Labelvorschlags	101
10	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	103

11	Ausblick und Empfehlungen	106
12	Literaturverzeichnis	108
13	Anhang	110
	Begriffe, Definitionen und Abkürzungen	110
	Tabellenverzeichnis	114
	Abbildungsverzeichnis	117

1 Einleitung

Mit der EuP-Richtlinie 2005/32/EG (Richtlinie für Energy using Products¹) wurde die Basis geschaffen, verpflichtende Ökoeffizienzkriterien für energiebetriebene Produkte einzuführen. In produktspezifischen Durchführungsmaßnahmen werden ökologische Mindestanforderungen für neue Produkte entwickelt. Der Prozess ist für alle Produktgruppen einheitlich². Seit September 2007 läuft für die Produktgruppe Festbrennstofffeuerungen die Vorstudie dieses Prozesses (Los 15 <http://www.ecosolidfuel.org>). In Österreich läuft bei Bioenergy 2020+ mit Joanneum Research das von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) im Rahmen des Forschungs- und Technologieprogramms "NEUE ENERGIEN 2020" geförderte Projekt BioHeatLABEL. Dieses Projekt stellt das nationale Spiegelprojekt zur Vorstudie des Los 15 hinsichtlich Biomassekleinfeuerungen dar.

Ziel des Projekts BioHeatLABEL ist es, Ökoeffizienzklassen für Biomassekleinfeuerungen zu entwickeln und diese in einen Vorschlag für ein Produktlabel überzuführen. Das bewertete Produkt umfasst die betriebsbereite Biomassefeuerungsanlage inklusive etwaiger automatischer Brennstoffzufuhr von einem Zwischenlager und nachrüstbarer Zusatzkomponenten, welche Effizienz und Umwelteinwirkungen beeinflussen und teilweise vom Hersteller vorgeschrieben werden (z.B. Zugregler). Nicht beurteilt werden die Abgasanlage sowie das gesamte Heizsystem inklusive Wärmespeicherung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe oder Kombinationen mit anderen Wärmequellen. Mit dem Gerätelabel soll beurteilt werden, was die Feuerung leisten kann, wenn die Herstellerangaben eingehalten werden und sie bestimmungsgemäß betrieben wird.

Das Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen soll mehrere Aufgaben erfüllen:

- Selbsterklärende und wissenschaftlich fundierte **Vergleichbarkeit der Energieeffizienz und Umwelteinwirkungen** von Biomassekleinfeuerungen
- Ansporn für Hersteller und Importeure **möglichst umweltfreundliche Produkte** zu entwickeln und zu verkaufen
- **Entscheidungsgrundlage für die Politik** bezüglich Förderung besonders umweltfreundlicher Produkte bzw. Verbot von Produkten, die nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen
- Europaweite quantitative **Förderung und technologische Forderung der thermischen Biomassenutzung** in Kleinfeuerungen, im Sinne eines signifikanten und umweltfreundlichen Beitrags zur Erreichung von Klimazielen

Das Projekt BioHeatLABEL adressiert die Themen(punkte) „Energie und Endverbraucher“ sowie „Nationale und internationale Rahmenbedingungen und Steuerungsinstrumente des Leitfadens für die Projekteinreichung „Energie der Zukunft“ unmittelbar. Mittelbar adressiert das Projektvorhaben überdies die folgenden Themen(punkte): „Neue Basistechnologien und Komponenten“, „Effizienzsteigerung von Produkten und Systemen“ sowie „Neue Konzepte für Ausbildung, Information, Motivation“.

¹ Auch Ökodesign-Richtlinie oder Energiebetriebene-Produkte-Richtlinie, im Oktober 2009 ersetzt bzw. erweitert durch die Richtlinie 2009/125/EG „zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung **energieverbrauchsrelevanter** Produkte

² siehe auch http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/ecodesign/index_en.htm

Methodisch wird in Anlehnung an die Los 15 Studie vorgegangen. Biomassekleinfeuerungen werden in Produktgruppen eingeteilt und diese im Hinblick auf ihre Marktrelevanz, Kosten und das NutzerInnenverhalten analysiert. Anhand dieser Datengrundlagen werden Base Cases definiert, die als Referenzprodukte dienen. Dem schließt sich eine technische Analyse der Produktgruppen über den gesamten Lebenszyklus von der Produktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung an. Weiters wird die Best Available Technology im Bereich Biomassekleinfeuerungen definiert. Der Gap zwischen Base Case und Best Available Technology zeigt das Verbesserungspotential auf. Mögliche Designvarianten, die zu einer Verbesserung der Umwelteinwirkungen im Vergleich zum Base Case führen, werden analysiert und Lebenszyklusanalysen durchgeführt und verglichen. Auf Basis dieser Analysen werden Ökoeffizienzklassen definiert und ein Vorschlag für ein Produktlabel erarbeitet.

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die inhaltlichen Arbeitspakete 3 bis 8 (Dokumentation AP 1 „Projektmanagement“ und AP 2 „Kooperation mit Los 15 Konsortium und europäischer Kommission“ siehe Endbericht - Tätigkeitsbericht). Kapitel 4 Bewertung des Base Case wurde vom Partner Joanneum Research durchgeführt, ebenso Kapitel 7 Bewertung der Designvarianten“ und Kapitel 8 „Vergleich Base Case – Designvarianten“. Die übrigen Arbeitspakete wurden von Bioenergy 2020+ (vormals Austrian Bioenergy Centre) abgewickelt. Die verwendeten Begriffe und Definitionen sind im Anhang erläutert.

2 Datengrundlagen

In den vergangenen Jahren sind die Verkaufszahlen von Biomassekleinfeuerungen, vor allem von Pelletskesseln sowie Kamin- und Pelletsöfen, rasant gestiegen. Der Bestand wird nach wie vor von Kesseln und Öfen für Scheitholz dominiert. Öfen werden, nicht zuletzt auf Grund der relativ geringen Anschaffungskosten, gerne als Zusatzheizung verwendet. Beim Materialeinsatz dominiert die Verwendung von Stahl. Wesentliche Unterschiede ergeben sich bei Kesseln lediglich durch die Brennkammerausführung (keramische oder metallische Brennkammer), bei Öfen durch unterschiedliche Verkleidungsvarianten (mit bzw. ohne Verkleidung aus Keramik, Speckstein etc.). Die Entwicklung von Wirkungsgrad und Emissionen am Prüfstand in den vergangenen 20 – 30 Jahren folgt eindeutig einer Lernkurve. Die derzeit am österreichischen Markt erhältlichen Produkte haben am Prüfstand bereits einen sehr hohen Stand der Technik erreicht.

Im Rahmen des Projekts werden Biomassekleinfeuerungen gemäß Art. 15a B-VG „Schutzmaßnahmen betreffend Kleinfeuerungen“ und „Einsparung von Energie“ betrachtet (händisch und automatisch beschickte Biomassekleinfeuerungen bis zu einer Brennstoffwärmeleistung von 350 kW bzw. 400 kW, die zum Zwecke der Gewinnung von Nutzwärme für die Raumheizung oder zur Warmwasserbereitung bestimmt sind). Innerhalb der Systemgrenze liegt die Biomassefeuerung inklusive Regelung und dem entsprechenden Wärmetauscher (Luftwärmetauscher bei Raumheizgeräten, Wasserwärmetauscher bei Kesseln). Das bewertete Produkt umfasst die betriebsbereite Biomassefeuerungsanlage inklusive etwaiger automatischer Brennstoffzufuhr von einem Zwischenlager und nachrüstbarer Zusatzkomponenten, welche Effizienz und Umwelteinwirkungen beeinflussen und teilweise vom Hersteller vorgeschrieben werden (z.B. Zugregler). Nicht beurteilt werden die Abgasanlage sowie das gesamte Heizsystem inklusive Wärmespeicherung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe oder Kombinationen mit anderen Wärmequellen. Mit dem Gerätelabel soll beurteilt werden, was die Feuerung leisten kann, wenn die Herstellerangaben eingehalten werden und sie bestimmungsgemäß betrieben wird. Inputgrößen sind der Brennstoff, Verbrennungsluft sowie Hilfsenergie, Outputgrößen sind Wärme, Abgas, Asche und gegebenenfalls Wärmeverluste an den umgebenden Raum. Die betrachteten Produktgruppen sind:

- Kessel für biogene Brennstoffe (Scheitholz, Hackgut, Pellets)
 - Scheitholzkessel (Naturzug oder gebläseunterstützt)
 - Hackgutkessel
 - Pelletskessel
- Raumheizgeräte für biogene Brennstoffe (im folgenden kurz „Öfen“ genannt)
 - Kaminofen für Scheitholz
 - Pelletsofen

Auf die oben genannten Produktgruppen werden die Prüfstandards in Tabelle 1 angewendet.

Tabelle 1: Standards für die Typenprüfung von Biomassekleinfeuerungen

Referenz	Titel
EN 303-5 (1999)	Heizkessel - Teil 5: Heizkessel für feste Brennstoffe, hand- und automatisch beschickte Feuerungen, Nenn-Wärmeleistung bis 300 kW - Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung
EN 13240 (2007)	Raumheizer für feste Brennstoffe - Anforderungen und Prüfung (EN 13240:2001 + AC:2003)
EN 14785 (2006)	Raumheizer zur Verfeuerung von Holzpellets - Anforderungen und Prüfverfahren

Tabelle 2 zeigt Kesselverkaufszahlen. Etwa 5% der aktuell verkauften Scheitholzkessel sind typengeprüfte Naturzugkessel.

Tabelle 2: Verkaufszahlen für Scheitholz-, Hackgut- und Pelletskessel <100 kW im Zeitraum 2001 – 2007 [NÖ Landwirtschaftskammer 2008]

	Scheitholz	Hackgut	Pellets	Summe	Änderung in %
2001	5.314	2.344	4.932	12.590	
2002	4.276	2.392	4.492	11.160	-11%
2003	4.144	2.558	5.193	11.895	+7%
2004	4.555	2.855	6.077	13.487	+13%
2005	6.078	3.856	8.874	18.808	+40%
2006	6.937	3.949	10.467	21.353	+14%
2007	4.835	3.056	3.915	11.806	-45%

In Tabelle 3 sind die Verkaufszahlen für Kamin- und Pelletsöfen dargestellt. Der Anteil der Pelletsöfen betrug 2005 zwischen 15 und 20% (3000 – 4000 Stück). Nach einer weiteren Steigerung im Jahr 2006 (ca. 5.600 Stück) kam es 2007 genauso wie bei den Pelletskesseln zu einem drastischen Rückgang (auf ca. 1700 Stück).

Tabelle 3: Verkaufszahlen für Kamin- und Pelletsöfen nach Typ im Zeitraum 2002 – 2006 [MSI Marktstudie 2006]

	Stahl unverkleidet	Stahl verkleidet	Guss	Summe	Änderung in %
2002	10038	6525	167	16.730	
2003	10140	6608	152	16.900	+1%
2004	10962	6864	144	17.970	+6%
2005	12273	7706	141	20.120	+12%
2006*	14917	9023	120	24.060	+20%
* Hochrechnung					

Der Kesselbestand und die Altersverteilung stellen sich auf Basis von Erhebungen und eigenen Schätzungen wie folgt dar:

Tabelle 4: Altersstruktur der Biomassekessel in Österreich 2006 [Energieverwertungsagentur 2003, eigene Schätzungen]

Alter der Kessel	Scheitholz	Hackgut	Pellets
Kessel älter als 20 Jahre	42%	10%	0%
Kessel zwischen 10 und 20 Jahre	30%	27%	8%
Kessel bis 10 Jahre	29%	63%	92%
Summe = 100%	276.865	40.866	47.377

Der Bestand an Scheitholzkesseln im Jahr 2006 teilt sich in 157.813 Naturzugkessel und 119.052 gebläseunterstützte Kessel. Der Bestand an Kaminöfen wird für 2006 auf ca. 380.000 Stück geschätzt, wobei der Großteil älter als 20 Jahre ist. Der noch junge Pelletsofenbestand wird auf ca. 14.000 Stück geschätzt.

Die Kostenanalyse wurde für Biomassekessel für den Bereich der durchschnittlich installierten Kesselnennleistung [laut NÖ Landwirtschaftskammer 2008] durchgeführt:

Tabelle 5: Durchschnittliche Kesselgrundpreise ohne MWSt., statistische Auswertung [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007a, b, c]

	Scheitholz gebläseunterstützt	Hackgut	Pellets
Durchschn. installierte Leistung [kW]	22	47	19
Bandbreite Kesselgrundpreise [€]	6.390 - 8.990	10.450 - 17.600	6.990 - 9.100
Mittelwert Kesselgrundpreise [€]	7.500	14.900	8.000

Der Grundpreis für einen Scheitholz-Naturzugkessel beläuft sich laut Herstellerangabe auf ca. €3.100 netto. Die Installationskosten liegen für diese Leistungsbereiche zwischen € 1.300 und € 1.700. Die jährlichen Reparatur- und Wartungskosten für Kessel werden mit 1,5% der Kesselinvestitionskosten angesetzt. Durchschnittliche Preise für Kamin- und Pelletsöfen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Durchschnittliche Ofengrundpreise ohne MWSt., statistische Auswertung [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007c, Wodtke 2009]

	Scheitholz	Pellets
Leistungsbereich [kW]	5-9	5-9
Bandbreite Ofengrundpreise [€]	1.870 – 3.600	2.490 – 6.940
Mittelwert Ofengrundpreise [€]	2.450	3.610

Für Pelletsöfen werden die jährlichen Reparatur- und Wartungskosten mit 1%, für Kaminöfen mit 0,5% des Anschaffungspreises angesetzt. In Tabelle 7 sind weiters durchschnittliche Brennstoffpreise angeführt.

Tabelle 7: Durchschnittliche Brennstoffpreise [Regionalenergie Steiermark 2009]

	€/Einheit	ct/kWh	€/GJ
Waldhackgut	22 €/srm	2,9	8,1
Weichholz Fichte	45 €/rm	3,2	8,9
Hartholz Buche	65 €/rm	3,4	9,4
Pellets	200 €/t	4,3	11,9

Das NutzerInnenverhalten bezieht sich auf Häufigkeit bzw. Art des Einsatzes von Biomassekleinfeuerungen. Dazu liegen jedoch keine statistischen Erhebungen vor. Für Hackgutkessel und auch für die Mehrheit der Pelletskessel kann davon ausgegangen werden, dass diese als Hauptheizsystem dienen. Stückholzkessel werden zum Teil auch als zweites Heizsystem, z.B. zusätzlich zu einer Ölheizung, eingesetzt.

Der Ofenbestand und die Einsatzart von Öfen wurden anhand von statistischen Daten abgeschätzt. Etwas mehr als die Hälfte der Kaminöfen (~ 200.000 Stück) wird als zusätzliches Heizsystem genutzt. Es verbleiben rund 180.000 Wohnungen, die regelmäßig mit einem Kaminofen beheizt werden. Für die Neuinstallationen ab 2004 wird davon ausgegangen, dass diese auf Grund des gestiegenen Heizölpreises vermehrt als Zusatzheizung angeschafft wurden. Bei den Pelletsöfen dient der Großteil als Zusatzheizung. Die eigene Schätzung beläuft sich auf 80%. proPellets Austria schätzt, dass von den derzeit neu installierten Pelletsöfen ca. 2/3 als Zusatzheizung dienen. Der Einsatz als Hauptheizung beschränkt sich auf Passiv- und Niedrigenergiehäuser und alte Häuser ohne Zentralheizung.

Wesentlichen Einfluss auf die Umwelteinwirkungen von Biomassekleinfeuerungen haben NutzerInnen auch durch die Brennstoffwahl, Bedienung bzw. Betriebsweise, Wartung und ggf. die hydraulische Einbindung. Eine Literaturrecherche hat ergeben, dass Unterschiede bei den CO-Emissionen baugleicher Biomassekessel wesentlich auf den Wartungszustand, Reglereinstellung und/oder die hydraulische Einbindung (z.B. mit oder ohne Pufferspeicher) zurückzuführen sind [Kunde 2008]. Bei Öfen ist die Verbrennungsqualität häufig von der Betriebsweise, bei Kaminöfen auch von der Brennstoffwahl abhängig [Luisser 2007], [Klippel/Nussbaumer 2006].

Für die technische Analyse von Biomassekleinfeuerungen werden die Ergebnisse für Pelletskessel als Beispiele angeführt. Beim Materialeinsatz für Biomassekessel hat Stahl jeweils den größten Anteil. Wesentliche Unterschiede im Materialeinsatz ergeben sich lediglich durch die Brennkammerausführung, da Kessel mit metallischer oder keramischer Brennkammer am Markt verfügbar sind.

Tabelle 8: Materialeinsatz und Produktgewicht Pelletskessel, basierend auf Herstellerangaben

Anzahl	7 Kessel	
	Minimum	Maximum
Produktgewicht	290 kg (10kW)	430 kg (35kW)
	Anteil [%]	
Stahl	76,3	97,0
Guss	0,0	4,7
Nichteisenmetalle	0,0	4,4
Kunststoffe	0,0	4,6
Beschichtung	0,4	1,0
Elektronik	0,2	3,8
Dämmmaterialien	1,7	6,2
Feuerfestmaterialien/Keramiken	0,0	9,3

Das Volumen des verpackten Produkts beträgt zwischen 1,2 m³ und 2,4 m³. Die Verpackung setzt sich wie in Tabelle 9 beschrieben zusammen.

Tabelle 9: Materialeinsatz für Verpackung, basierend auf Herstellerangaben

	Minimum	Maximum
Gewicht	20 kg	48,3 kg
	Anteil [%]	
Kunststoff	0,6	5,0
Karton	5,1	27,0
Papier	0,0	1,5
Holz	67,8	88,4

Für die Nutzungsphase werden CO-Emissionen und Wirkungsgrade von Biomassekesseln als Beispiele angeführt. Die Nutzungsphase unterscheidet sich im Real-life Betrieb jedoch in den meisten Fällen wesentlich von den Prüfstandsergebnissen, auf Grund der Komplexität konnten dafür aber keine Referenzfälle definiert werden.

Abbildung 1 zeigt das hohe Niveau von Prüfstandsergebnissen in den letzten Jahren. Die gemessenen CO-Emissionen, wichtigster Indikator für die Vollständigkeit der Verbrennung, sinken kontinuierlich und liegen deutlich unter strengen österreichischen Grenzwerten. Die erzielten Wirkungsgrade am Prüfstand liegen größtenteils über 90 %.

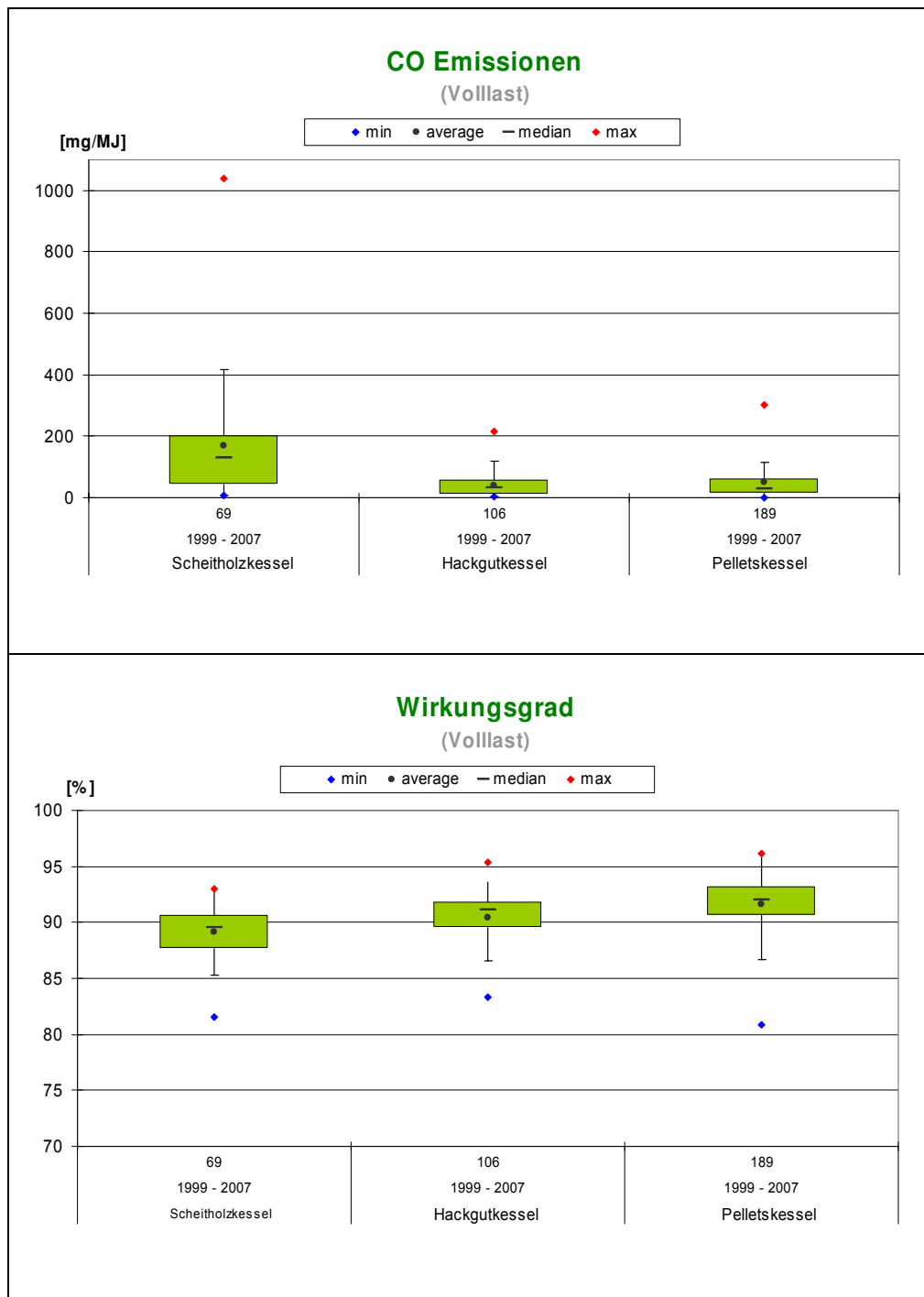


Abbildung 1 CO-Emissionen und Wirkungsgrade von Biomassekesseln am Prüfstand [FJ-BLT 2010]

Für Biomassekleinfeuerungen gibt es nach Ablauf der Nutzungsdauer keine nennenswerte Wiederverwertung, d.h. sie werden entsorgt und die Materialien nach Möglichkeit recycelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Metallfraktion und Glas zum Großteil dem Recycling zugeführt werden kann. Der Materialanteil der einer Verwertung durch Verbrennung zugeführt werden kann (z.B. Kunststoffe) ist vernachlässigbar. Die restlichen Fraktionen werden entsorgt.

3 Definition des Base Case

Der Base Case dient als Referenzpunkt für den weiteren Verlauf der Studie. Mit dem Base Case sollen durchschnittliche Biomassekleinfeuerungen, die derzeit verkauft werden, repräsentiert werden. Weiters wird ein Overall Improvement Factor festgesetzt, um den Unterschied zwischen neuen Geräten und dem Bestand abzubilden. In Kombination mit den erhobenen Datengrundlagen können anschließend die Umwelteinwirkungen von durchschnittlichen neuen Produkten ermittelt werden. Folgende Produkte wurden in Abstimmung mit Industriepartnern als Base Cases festgelegt:

Öfen für biogene Brennstoffe (Raumheizgeräte):

- Scheitholzofen (SH-Ofen, geprüft nach EN 13240)
- Pelletsofen (P-Ofen, geprüft nach EN 14785)

Kessel für biogene Brennstoffe (Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, alle geprüft nach EN 303-5):

- Scheitholzkessel Naturzug (SH-Kessel NZ)
- Scheitholzkessel Saugzug (SH-Kessel SZ)
- Pelletskessel (P-Kessel)
- Hackgutkessel (HG-Kessel)

Die Nennwärmeleistung, Wirkungsgrad und Emissionen der Base Case Öfen in Tabelle 10 beruhen auf Mittelwerten von Prüfberichten aus den Jahren 2001-2008. Der Materialeinsatz und die elektrische Leistungsaufnahme beziehen sich auf die von Herstellern gelieferten Informationen. Betriebsstunden und Nutzungsdauer wurden geschätzt. Die entsprechenden Kosten und Preise sind inkl. MWSt. und basieren auf Herstellerangaben. Zur Overall Improvement Ratio³: Bei Pelletsöfen wird davon ausgegangen, dass es zwischen Bestand und neuen Produkten keine nennenswerten Unterschiede gibt. Bei den Kaminöfen wird der Wirkungsgrad des Bestands auf ca. 60% geschätzt. Die Overall Improvement Ratio ist demnach 1,33. Die Jahresnutzungsgrade der Base Case beruhen auf Expertenschätzungen bei Bioenergy 2020+ und dem Biowärme-Forum Austria.

³ OIR bezieht sich auf die Nutzungsphase und ist erforderlich, um im EuP EcoReport die Umwelteinwirkungen des Bestands abzubilden und das Verbesserungspotential darstellen zu können.

Tabelle 10: Base Cases - Öfen

	Scheitholzöfen	Pelletsofen
Nennwärmeleistung NWL [kW]	8	8
Produktgewicht [kg]	117,5	139
Davon:		
Stahl [%]	59,6	97,9
Guss [%]	0	0
Nichteisenmetalle [%]	2,6	
Glas	0	0,3
Kunststoffe [%]	0,4	0,4
Beschichtung [%]	0,9	0,3
Elektronik [%]	0	0,4
Dämmmaterialien [%]	0	0
Feuerfest [%]	10,2	0,7
Verkleidung [%]	26,4	-
Wirkungsgrad* [%]	80	93
Jahresnutzungsgrad [%]	65	78
CO* [mg/MJ]	740	50
OGC* [mg/MJ]	37	5
NOx* [mg/MJ]	71	82
Staub* [mg/MJ]	19	15
Elektr. Leistungsaufnahme* [% der NWL]	-	0,6
Betriebsstunden bei NWL [h]	1000	1000
Nutzungsdauer [a]	20	20
Preis [€]	2880	4320
Installationskosten [€]	200	200
Brennstoff [€/GJ]	9,4	11,9
Strom [€/kWh]	-	0,17
Reparatur- und Wartung [€/Nutzungsdauer]	288	864
Overall Improvement Ratio	1,33	1,00

*mittlere Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung (zur Verfügung gestellt von RIKA und Calimax),
Werte bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes

Die definierte Nennwärmeleistung der Base Case Kessel in Tabelle 11 bezieht sich auf die durchschnittliche Kesselleistung von derzeit verkauften Anlagen <100 kW. Die Anzahl der erhaltenen Materiallisten ist zu gering, um diese statisch auszuwerten. Es wird deshalb für jeden Base Case eine typische Stückliste der Hersteller herangezogen. Die Werte für Wirkungsgrad, Emissionen und elektrische Leistungsaufnahme beruhen auf statistischen Mittelwerten von Prüfberichten. Es wurden dafür Prüfberichte von derzeit am Markt verfügbaren Kesseln aus dem Prüfzeitraum 1997 bis 2007 herangezogen. Betriebsstunden und Nutzungsdauer wurden geschätzt. Die entsprechenden Kosten und Preise sind inkl. MWSt. und basieren auf Herstellerangaben. Für die Ermittlung der Overall Improvement Ratio wurden für den durchschnittlichen Wirkungsgrad im Bestand folgende Annahmen getroffen: SH-Kessel NZ 60 %, SH-Kessel SZ 80 %, P-Kessel 90 %, HG-Kessel 85 %. Die Jahresnutzungsgrade der Base Case beruhen auf Expertenschätzungen bei Bioenergy 2020+ und dem Biowärme-Forum Austria.

Tabelle 11: Base Cases - Kessel

	SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel
Nennwärmeleistung [kW]	26	26	19	47
Produktgewicht [kg]	430	600	400	700
Davon:				
Stahl [%]	85,3	76,3	76,3	87,5
Guss [%]	3,1	1,3	4,7	3,8
Nichteisenmetalle [%]	0,5	0,9	1,9	5,3
Kunststoffe [%]	0,1	0,2	0,6	0,3
Beschichtung [%]	0,1	0,4	0,6	0,3
Elektronik [%]	0	0	0,3	0,4
Dämmmaterialien [%]	3,6	4,9	6,2	2,3
Feuerfest/Keramiken [%]	7,5	15,8	9,3	
Wirkungsgrad* [%]	83	90	92	91
Jahresnutzungsgrad [%]	68	75	79	78
CO* [mg/MJ]	641	101	35	34
OGC* [mg/MJ]	29	6	1	1
NOx* [mg/MJ]	90	87	79	102
Staub* [mg/MJ]	8	14	12	17
Elektr. Leistungsaufnahme* [% der NWL]	-	0,3	0,6	0,5
Betriebsstunden bei NWL [h]	1.500	1.500	1.500	1.500
Nutzungsdauer [a]	20	20	20	20
Preis [€]	3.700	9.000	9.600	17.800
Installationskosten [€]	1.300	1.300	1.300	1.800
Brennstoff [€/GJ]	9,4	9,4	11,9	8,1
Strom [€/kWh]	-		0,17	
Reparatur- und Wartung [€/Nutzungsdauer]	1.110	2.700	2.880	5.340
Overall Improvement Ratio	1,38	1,13	1,03	1,07

*mittlere Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung, von [FJ-BLT 2010] und Biowärme-Forum Austria, Werte bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes

4 Bewertung der Base Cases

Für die Bewertung des Base Case werden einerseits die Lebenszykluskosten (LZK) betrachtet und andererseits eine ökologische Analyse (Lebenszyklusanalyse, LZA) durchgeführt.

4.1 Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten beschreiben alle Kosten, die eine Feuerungsanlage (Kessel oder Ofen) zur Wärmeversorgung über den Lebenszyklus von der Anschaffung über die Nutzung bis zur Entsorgung verursacht. Die Lebenszykluskosten werden für eine Nutzungsdauer und ein Bezugsjahr ermittelt. Die Berechnungen werden auf Basis des EuP-EcoReport⁴ [MEEuP Methodology Report 2005, Seite 132] durchgeführt. Diese betrachten die sogenannten „financial life cycle costs“, für deren Berechnung werden nur die Anschaffung und die Nutzungsphase herangezogen. Die Entsorgungskosten für die betrachteten Feuerungsanlagen werden auf der Basis eigener Berechnungen ermittelt. Zunächst werden die Methodik und die Grunddaten dargestellt, und dann die Ergebnisse beschrieben.

4.1.1 Methodik

Die anfallenden Kosten über den Lebenszyklus setzten sich, wie in Abbildung 2 dargestellt, aus folgenden Kosten zusammen:

- Anschaffung: Kosten für die Feuerungsanlage und Installation (ohne Lager und Kamin)
- Nutzung: Kosten für Brennstoff (Scheitholz, Pellets, Hackgut), Strom, sowie Wartung und Reparatur
- Entsorgung: Kosten für Zerlegung und Abtransport der Feuerungsanlage, abzüglich der Erlöse vom Materialienverkauf für das Recycling.

Die Kosten für die Anschaffung und Entsorgung der Feuerungsanlage fallen nur einmal über die Nutzungsdauer an, während die Kosten für die Nutzung jährlich anfallen.

⁴ EuP Eco-Report spreadsheet (XLS), Version 5, VHK for European Commission, 28.11.2005;
<http://www.pre.nl/EUP/Download/default.htm>

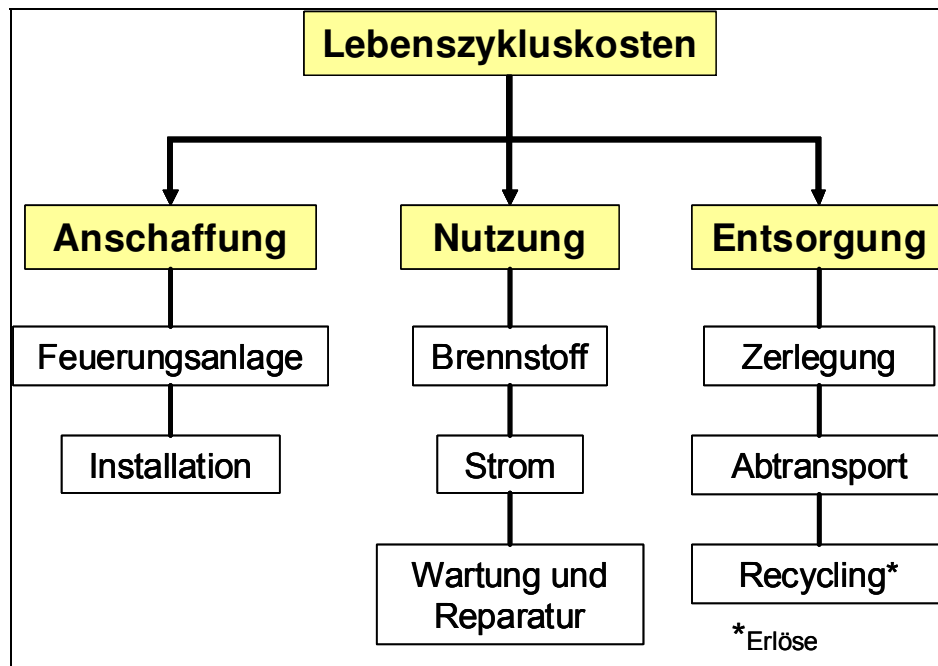


Abbildung 2: Anfallende Kosten über den Lebenszyklus

Die betrachteten Feuerungsanlagen haben unterschiedliche Nennwärmeleistungen und produzieren daher nicht dieselbe Menge an Nutzwärme, die zur Raumheizung über den Lebenszyklus zur Verfügung steht. Die Nutzwärme ist für Kessel die am Kesselaustritt zur Verfügung stehende Wärmemenge im Heizungswasser oder für Öfen die an den Raum abgegebene Wärmemenge. Um die betrachteten Feuerungsanlagen miteinander vergleichen zu können, werden neben den Lebenszykluskosten der Feuerungsanlagen in €/Stück, auch die spezifischen Lebenszykluskosten pro Nutzwärme (bezogen auf den Heizwert) in €/kWh_{NW} angegeben.

Die jährlich anfallenden Kosten der Nutzung müssen zur Ermittlung der Lebenszykluskosten, da sie erst in der Zukunft anfallen, auf das Bezugsjahr bezogen werden. Dies erfolgt durch den kalkulatorischen Zinssatz mit dem die zukünftigen Kosten abgezinst werden, um die Kosten für das Bezugsjahr zu erhalten. Die Lebenszykluskosten für Strom- und Brennstoff sind damit die Summe der jährlich anfallenden Kosten über die gesamte Nutzungsdauer bezogen auf das Bezugsjahr. Dies erfolgt durch den Present Worth Factor (PWF). Die Formel (1) für den PWF lautet für den Zinssatz i über die Nutzungsdauer n in Jahren:

$$PWF = \left\{ 1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right\} * \frac{1}{i} \quad (1)$$

Der PWF wird mit einem kalkulatorischen Zinssatz und für die angenommene Nutzungsdauer errechnet. Als kalkulatorischer Zinssatz werden die Kreditzinsen im Bezugsjahr verringert um die Inflation herangezogen.

Die Brennstoff- und Stromkosten werden aus den über die Nutzungsdauer gleichbleibend angenommenen Kosten für Brennstoff- und Strom des Bezugsjahres und dem Brennstoff- oder

Strombedarf über die gesamte Nutzungsdauer ermittelt. Der Brennstoffbedarf errechnet sich aus der Nutzwärme der Feuerungsanlage dividiert durch den Jahresnutzungsgrad. Der Jahresnutzungsgrad gibt das Verhältnis der abgegebenen Nutzwärme zur zugeführten Brennstoffenergie im gesamten Jahreszyklus an. Die Lebenszykluskosten für Brennstoff und Strom errechnen sich nach Formel (2) und Formel (3) aus den mit Hilfe von PWF und Nutzungsdauer n abgezinnten Kosten im Bezugsjahr K_B bzw. K_{St} und der Brennstoff- und Strommenge B bzw. St über den Lebenszyklus. Die Lebenszykluskosten für Reparatur und Wartung errechnen sich aus den abgezinnten Kosten K_W für Wartung und Reparatur über die Nutzungsdauer nach Formel (4).

$$LZK_B = K_B * B * \left(\frac{PWF}{n} \right) \dots (2)$$

$$LZK_{St} = K_{St} * St * \left(\frac{PWF}{n} \right) \dots (3)$$

$$LZK_W = K_W * \left(\frac{PWF}{n} \right) \dots (4)$$

Die Entsorgungskosten für Kessel und Öfen setzen sich aus Kosten für die Zerlegung durch den Installateur und für Abtransport und Abfallentsorgung, sowie Erlösen für recyclingfähige Materialien zusammen. Für diese Materialien werden Erlöse erzielt, wenn diese sortenrein zu den Übernahmestellen angeliefert werden. Die Gesamtkosten für die Entsorgung sind damit die Kosten aus Zerlegung, Abtransport und Abfallentsorgung abzüglich der Erlöse für die recyclingfähigen Materialien.

4.1.2 Ökonomische Grunddaten der Base Case

Im Folgenden sind die Kosten für die Feuerungsanlage, deren Installation, Brennstoff und Strom, Reparatur und Wartung für den Base Case angeführt. Als Bezugsjahr zur Ermittlung der Lebenszykluskosten wird das Jahr 2006 herangezogen. Es werden auch die Nutzwärme und die Brennstoffenergie, sowie der Stromverbrauch der Feuerungsanlage über den Lebenszyklus angeführt.

In Tabelle 12 sind die Grunddaten für die 4 BC–Kessel dargestellt:

- Scheitholz Naturzug (SH-Kessel NZ)
- Scheitholz gebläseunterstützt (SH-Kessel SZ)
- Pelletskessel (P-Kessel)
- Hackgutkessel (HG-Kessel)

In Tabelle 13 sind die Grunddaten für die 2 BC–Öfen dargestellt:

- Pelletsofen (P-Ofen)
- Scheitholzofen (SH-Ofen)

In den nachfolgenden Tabelle 12 und Tabelle 13 werden auch die Kosten oder Erlöse aus der Entsorgung dargestellt (siehe auch „3 Definition des Base Case“). Erlöse aus der Entsorgung entstehen, wenn die Erlöse von den recyclingfähigen Materialien die Kosten für Zerlegung, Abtransport und Abfall übersteigen. Die Kosten oder Erlöse aus der Entsorgung sind im Vergleich zu den übrigen Kosten sehr gering und werden daher bei der Berechnung der Lebenszykluskosten nicht berücksichtigt.

Tabelle 12: Grunddaten Base Case Kessel

		BC-Kessel			
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel
Nennwärmeleistung	kW	26	26	19	47
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20	20
Kosten:					
Feuerungsanlage	€/Stück	3.700	9.000	9.600	17.800
Installation	€/Stück	1.300	1.300	1.300	1.800
Brennstoff	€/MWh	33,8	33,8	42,8	29,2
Strom	€/kWh	0	0,17	0,17	0,17
Reparatur und Wartung	€/Nutzungsdauer	1.110	2.700	2.880	5.340
Entsorgung*	€/Stück	5	-4	10	-28
Kalkulatorischer Zinssatz	%	3,2	3,2	3,2	3,2
Present Worth Factor (PWF)	Jahre	14,6	14,6	14,6	14,6
Nutzwärme über die Nutzungsdauer	MWh	780	780	570	1.410
Strombedarf über die Nutzungsdauer	kWh	0	2.340	3.420	7.050
Brennstoffbedarf über die Nutzungsdauer	MWh	1.147	1.040	722	1.808

* wenn negativ, dann Erlöse

Tabelle 13: Grunddaten Base Case Öfen

		BC-Ofen	
		P-Ofen	SH-Ofen
Nennwärmeleistung	kW	8	8
Nutzungsdauer	Jahre	20	20
Kosten:			
Feuerungsanlage	€/Stück	4.320	2.880
Installation	€/Stück	200	200
Brennstoff	€/MWh	43	34
Strom	€/kWh	0,17	0,00
Reparatur und Wartung	€/Nutzungsdauer	864	288
Entsorgung*	€/Stück	-5	0
Kalkulatorischer Zinssatz	%	3,2	3,2
Present Worth Factor (PWF)	Jahre	14,6	14,6
Nutzwärme über die Nutzungsdauer	MWh	160	160
Strombedarf über die Nutzungsdauer	kWh	960	0
Brennstoffbedarf über die Nutzungsdauer	MWh	205	246

* wenn negativ, dann Erlöse

Die Entsorgungskosten für Kessel und Öfen setzen sich aus Kosten für die Zerlegung durch den Installateur und für Abtransport und Abfallentsorgung, sowie Erlösen für recyclingfähige Materialien zusammen. Für diese Materialien (auch Sekundärrohstoffe genannt) werden Vergütungen ausbezahlt, wenn diese sortenrein zu den Übernahmestellen angeliefert werden.

Es wird angenommen, dass für die Zerlegung eines Kessel, wie die Entfernung der Verkleidung ungefähr 30 min gebraucht werden, bei einem Stundensatz von 50 €/Stunde. Für Öfen werden keine Zerlegungskosten veranschlagt. Die Entsorgung erfolgt meist durch den Nutzer selbst.

Zur Berechnung der Kosten für den Abtransport mit dem amtlichen Kilomergeld von 0,42 €/km für PKW (2009) wird für Öfen 10 km für die Entsorgung im nächstgelegenen Bauhof angenommen. Für Kessel werden 20 km für die Entsorgung veranschlagt. Die Entsorgung erfolgt meist durch den Installateur beim Kauf eines neuen Kessels.

Für die Entsorgung von Glaswolle (max. 3 kg), Kunststoffen (keine Folie, max. 1 kg) und Papier und Karton (für Kessel 2 kg, für Öfen 1 kg) werden Kosten für die Abfallentsorgung in einem 770 l Behälter zu 90 €/Behälter inkl. MWSt. für Gewerbeabfall angenommen⁵.

Als Sekundärrohstoffe, dass sind recyclingfähige Stoffe für die ein Erlös erzielt werden kann, werden folgende Stoffe identifiziert:

- Kupfer
- Aluminium
- Schrott
- Elektronik Schrott
- Altpapier
- Altkunststoff (Folien)

Altglas wird nicht berücksichtigt, da das beim Pelletsofen vorkommende Glas ein nicht recyclingfähiges Spezialglas ist. Auch sind die Mengen mit 400 g gering und der Einfluss auf die Entsorgungskosten damit vernachlässigbar.

Die Erlöse für Sekundärrohstoffe basieren auf den Jahr 2009. Es wird angenommen, dass die Vergütung für Sekundärrohstoffe nach einem Höchststand im Jahr 2008 wieder auf einem Niveau ähnlich 2006 liegt. Die Vergütung für Sekundärrohstoffe ist in Tabelle 14 dargestellt. Die Tabelle zeigt, dass für eine sortenreine Entsorgung von Kupfer (z.B. Kabel), Aluminium (z.B. Gussteile) und Elektro-Schrott die höchste Vergütung erzielt wird. Tabelle 15 zeigt den Anteil des jeweiligen Materials für den jeweiligen Base Case (DV) Kessel oder Ofen mit Verkleidung. Der Anteil von Schrott (Stahl und Guss) macht den bei weitem größten Anteil am Kesselgewicht aus. Die Erlöse pro Kessel und Ofen für diese recyclingfähigen Materialien sind in Tabelle 16 dargestellt.

⁵ Tarifliste Abfallwirtschaft Stadtwerke Fürstenfeld, 28.07.2009;
www.stwff.at/Abfallwirtschaft/leistungenpreise/gebuehr.htm

Tabelle 14: Vergütung für Sekundärrohstoffe⁶

Vergütung für Sekundärrohstoffe (2009)			Erklärung
Kupfer	€/t	765	Kupfer/Kabel rein
Aluminium	€/t	255	Aluminiumguss
Schrott	€/t	80	Stahl, Guss, Edelstahl
Elektro-Schrott	€/t	100	Klasse 3, minderwertige Leiterplatte inkl. anderer Bauteile (Kühlkörper, Trafos..)
Altpapier	€/t	25	Papier, Karton
Altkunststoff	€/t	70	Folien

Tabelle 15: Materialien pro DV-Kessel und DV-Ofen

		BC-Kessel				BC-Ofen	
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel	P-Ofen	SH-Ofen
Kupfer	kg	2,2	4,2	0,0	9,8	0,0	0,0
Aluminium	kg	0,0	1,2	7,6	27,3	0,0	3,1
Schrott (Stahl, Guss)	kg	366,8	458,4	305,2	612,5	136,1	70,0
Elektronik Schrott	kg	0,0	0,0	1,2	2,8	0,6	0,0
Altpapier	kg	1,3	1,3	2,3	2,5	1,0	1,0
Altglas	kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
Altkunststoff	kg	1,0	1,0	0,9	1,0	0,1	0,1
GESAMT	kg	371,3	466,1	317,3	655,9	138,2	74,2

Tabelle 16: Erlöse pro DV-Kessel und DV-Ofen

		BC-Kessel				BC-Ofen	
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel	P-Ofen	SH-Ofen
Kupfer	€/Stück	1,6	3,2	0,0	7,5	0,0	0,0
Aluminium	€/Stück	0,0	0,3	1,9	7,0	0,0	0,8
Schrott	€/Stück	29,3	36,7	24,4	49,0	10,9	5,6
Elektronik Schrott	€/Stück	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0
Altpapier	€/Stück	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Altglas	€/Stück	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Altkunststoff	€/Stück	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GESAMT	€/Stück	31,0	40,2	26,5	63,8	11,0	6,4

Tabelle 17 zeigt die Entsorgungskosten für DV-Kessel und DV-Ofen (inkl. Verpackung). Die Erlöse für die recyclingfähigen Materialien übersteigen in einigen Fällen die Kosten für Zerlegung, Abtransport und Abfall. Besonders bei den Kesseln mit ihren großen Anteil an recyclingfähigen Schrott und Edelmetallen, wie Kupfer und Aluminium, können Erlöse erzielt werden.

Für den Hackgutkessel (HG-Kessel) kann mit 27,7 €/Stück der höchste Gesamterlös für die Entsorgung erzielt werden, gefolgt vom Scheitholzkessel gebläseunterstützt (SH-Kessel SZ) mit 4,1 €/Stück. Für die Entsorgung des Scheitholzkessels Naturzug (SH-Kessel NZ) und des Pelletskessel (P-Kessel) fallen Gesamtkosten von 5,1 bis 9,6 €/Stück an.

Für Öfen sind auf Grund des geringeren Gewichts die Erlöse aus den recyclingfähigen Materialien geringer, im Gegenzug dazu aber die Kosten für Zerlegung, Abtransport und Abfallentsorgung ebenfalls niedriger. Die Entsorgungserlöse betragen daher beim Pelletsofen (P-Ofen) 4,8 €/Stück und beim Scheitholzofen (SH-Ofen) 0,2 €/Stück.

⁶ www.schrott.de/schrottpreis.php; 22.07.2009 www.e-schrott.de/preise.html ; 22.07.2009

Tabelle 17: Entsorgungskosten für DV-Kessel und DV-Öfen

		BC-Kessel				BC-Ofen	
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel	P-Ofen	SH-Ofen
Kosten							
GESAMT	€/Stück	36,1	36,1	36,1	36,1	6,2	6,2
Erlöse für Sekundärrohstoffe (2009)							
GESAMT	€/Stück	31,0	40,2	26,5	63,8	11,0	6,4
Entsorgung gesamt							
Kosten	€/Stück	5,1	-	9,6	-	-	-
Erlöse	€/Stück	-	4,1	-	27,7	4,8	0,2

4.1.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse für die Lebenszykluskosten (LZK) pro Feuerungsanlage sind in Tabelle 18 für die 4 BC-Kessel und die 2 BC-Öfen dargestellt. Die Lebenszykluskosten werden exklusive der Entsorgungskosten (<0,1%) berechnet. Abbildung 3 zeigt die spezifischen LZK in €/MWh_{NW} und Abbildung 4 den Kostenanteil pro Lebenszyklusphase in %.

Im direkten Vergleich hat der „HG-Kessel“ die höchsten LZK in €/Stück. Dieser Kessel hat aber auch mit 47 kW die höchste Nennwärmeleistung. Die BC-Öfen haben mit einer Nennwärmeleistung von jeweils 8 kW auch die niedrigsten LZK. Dieses Bild ändert sich sehr stark, wenn man die LZK bezogen auf die Nutzwärme vergleicht, denn hier hat der „P-Ofen“ (8 kW) die höchsten spezifischen LZK. Dies bedeutet, dass die Kosten je Stück nur bei gleicher Nennwärmeleistung der Feuerungsanlage vergleichbar sind.

Die spezifischen LZK für den BC in aufsteigender Reihenfolge sind:

- **SH-Kessel NZ** 43,8 €/MWh_{NW} (Basis)
- **HG-Kessel** 44,6 €/MWh_{NW} (+2%)
- **SH-Kessel SZ** 49,1 €/MWh_{NW} (+12%)
- **SH-Ofen** 58,6 €/MWh_{NW} (+34%)
- **P-Kessel** 63,2 €/MWh_{NW} (+44%)
- **P-Ofen** 73,0 €/MWh_{NW} (+67%).

Die niedrigsten spezifischen LZK (siehe Abbildung 3) hat damit der „SH-Kessel NZ“. Die Feuerungsanlagen mit Pellets haben die höchsten spezifischen LZK.

Für alle BC-Feuerungsanlagen gilt, dass der Anteil an den LZK für die Nutzung (61-85%) höher liegt als der Anteil für die Anschaffung (15-39%). Der Anteil an den LZK für die Anschaffung ist für die Öfen mit (33-39%) höher als für die Kessel (um die 30%; Ausnahme „SH-Kessel NZ“ mit 15%).

Den mit Abstand größten Anteil an den LZK haben die Brennstoffkosten (55-83%) aus der Nutzungsphase, gefolgt von den Kosten für die Feuerungsanlage (11-37%) aus der Anschaffungsphase (siehe Abbildung 4). Der Anteil der Brennstoffkosten ist für die Kessel beim „SH-Kessel NZ“ mit 83% am höchsten und beim „HG-Kessel“ mit 61% am niedrigsten. Damit hat aber auch der „SH-Kessel NZ“ mit 15% den niedrigsten Anteil bei der Anschaffung und der „HG-Kessel“ den

höchsten mit 28%. Bei den Öfen ist der Brennstoffkostenanteil des „SH-Ofen“ mit 65% höher als der des „P-Ofens“ mit 55%.

Die Anteile an den LZK für die Installation liegen für die BC-Kessel bei 3-5% und für die BC-Öfen bei 2%.

Die Anteile an den LZK für den Strom liegen für alle Feuerungsanlagen, die einen Strombedarf aufweisen, bei 1%. Keinen Strombedarf haben der „SH-Kessel NZ“ und der „SH-Ofen“.

Die Anteile an den LZK für Reparatur und Wartung liegen für die Feuerungsanlagen mit Scheitholz bei 2-5% und für die Feuerungsanlagen mit Pellets und Hackgut bei 5-6%.

Die spezifischen LZK für die Nutzungsphase entsprechen zu 89-97% den Brennstoffkosten. Die spezifischen Brennstoffkosten betragen für den:

- **HG-Kessel** 27,3 €/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 33,0 €/MWh_{NW} (+21%)
- **SH-Kessel NZ** 36,3 €/MWh_{NW} (+33%)
- **SH-Ofen** 38,0 €/MWh_{NW} (+39%)
- **P-Kessel** 39,6 €/MWh_{NW} (+45%).
- **P-Ofen** 40,1 €/MWh_{NW} (+47%)

Die Feuerungsanlagen mit Pellets haben damit die höchsten spezifischen Brennstoffkosten und der „HG-Kessel“ die niedrigsten Brennstoffkosten.

Die spezifischen LZK für die Anschaffungsphase sind für den „SH-Kessel NZ“ mit 6,4 €/MWh_{NW} am Niedrigsten und für den „P-Ofen“ mit 28,3 €/MWh_{NW} am Höchsten. Die restlichen Feuerungsanlagen liegen bei 13,2-19,3 €/MWh_{NW}.

Die spezifischen LZK für die Feuerungsanlage betragen für den BC:

- **SH-Kessel NZ** 4,7 €/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 11,5 €/MWh_{NW} (+143%)
- **HG-Kessel** 12,6 €/MWh_{NW} (+166%)
- **P-Kessel** 16,8 €/MWh_{NW} (+255%).
- **SH-Ofen** 18,0 €/MWh_{NW} (+279%)
- **P-Ofen** 27,0 €/MWh_{NW} (+469%).

Damit hat der „SH-Kessel NZ“ die niedrigsten und der „P-Ofen“ die mit Abstand höchsten spezifischen LZK für die Feuerungsanlage (ca. 6x). Die Kessel haben für den BC niedrigere spezifischen LZK für die Feuerungsanlage als die Öfen.

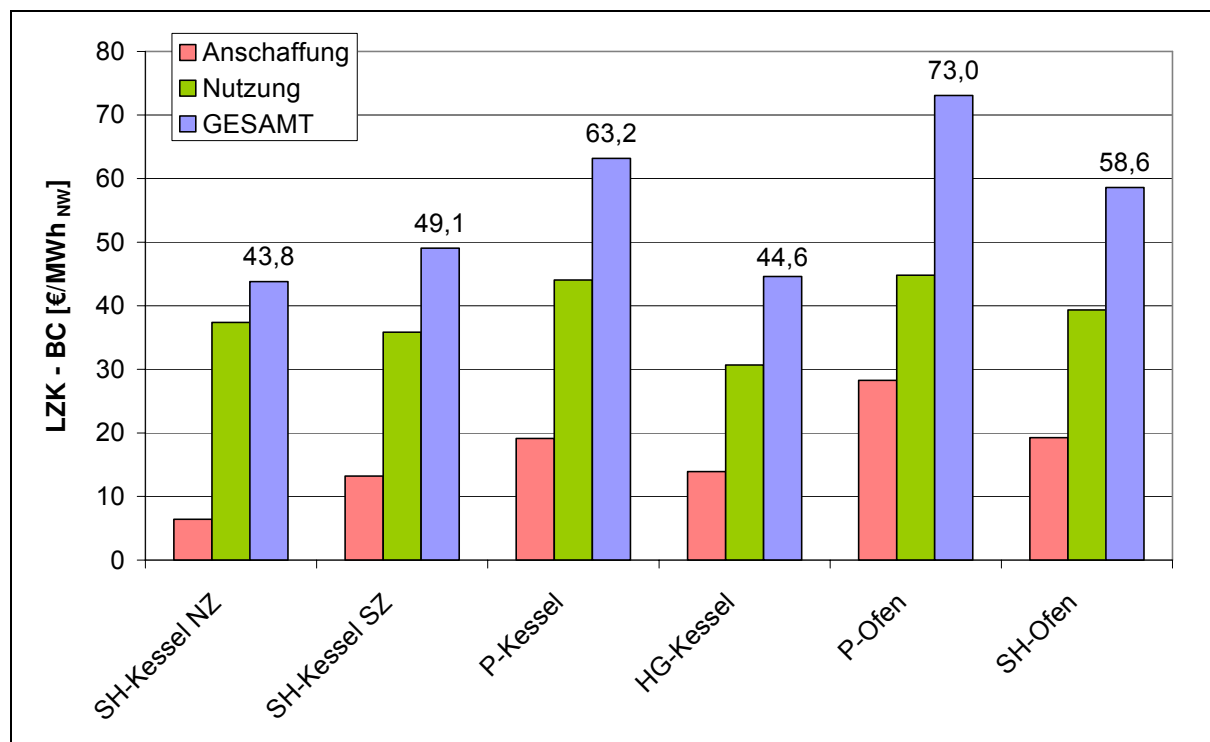


Abbildung 3: Lebenszykluskosten bezogen auf die Nutzwärme für den Base Case

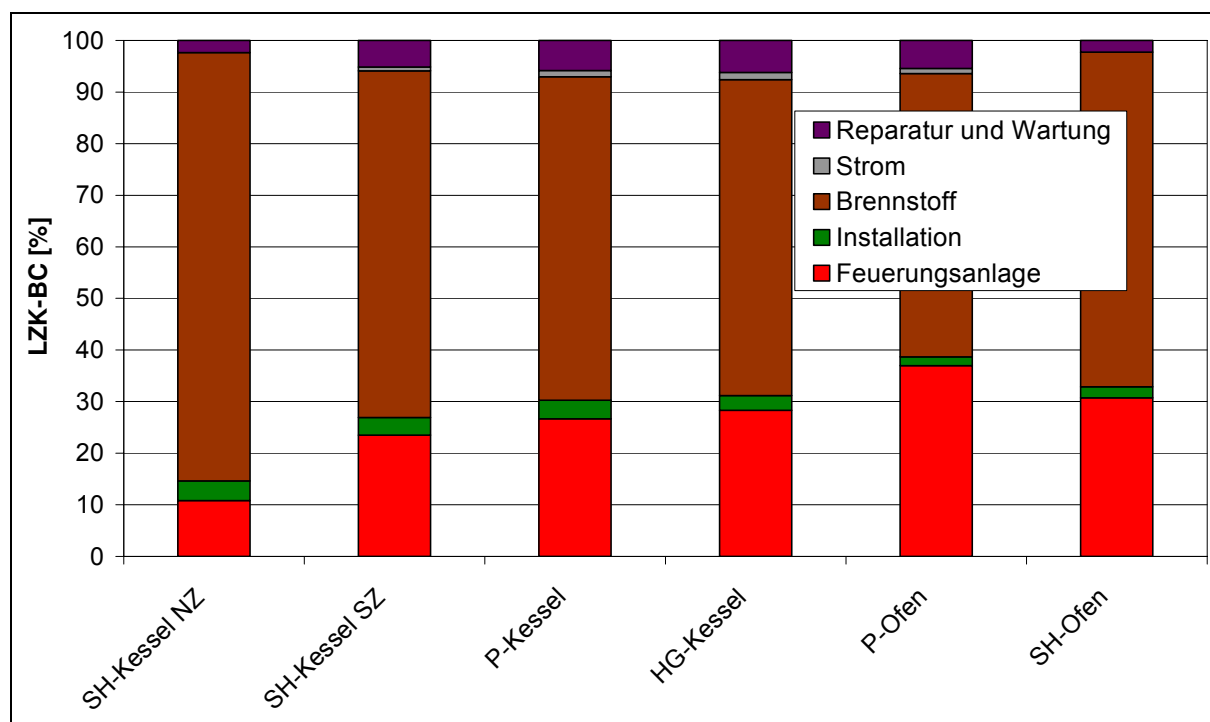


Abbildung 4: Anteile der Lebenszykluskosten für den Base Case

Tabelle 18: Lebenszykluskosten für den Base Case

Lebenszyklusphase -->		ANSCHAFFUNG			NUTZUNG				GESAMT
		Feuerungsanlage	Installation	GESAMT	Brennstoff	Strom	Wartung und Reparatur	GESAMT	
BC-Kessel									
SH-Kessel NZ	€/Stück	3.700	1.300	5.000	28.349	0	811	29.159	34.159
SH-Kessel SZ	€/Stück	9.000	1.300	10.300	25.703	291	1.972	27.965	38.265
P-Kessel	€/Stück	9.600	1.300	10.900	22.574	425	2.103	25.102	36.002
HG-Kessel	€/Stück	17.800	1.800	19.600	38.497	875	3.900	43.272	62.872
BC-Ofen									
P-Ofen	€/Stück	4.320	200	4.520	6.418	119	631	7.168	11.688
SH-Ofen	€/Stück	2.880	200	3.080	6.083	0	210	6.294	9.374
BC-Kessel									
SH-Kessel NZ	€/MWh _{NW}	4,7	1,7	6,4	36,3	0	1,0	37,4	43,8
SH-Kessel SZ	€/MWh _{NW}	11,5	1,7	13,2	33,0	0,4	2,5	35,9	49,1
P-Kessel	€/MWh _{NW}	16,8	2,3	19,1	39,6	0,7	3,7	44,0	63,2
HG-Kessel	€/MWh _{NW}	12,6	1,3	13,9	27,3	0,6	2,8	30,7	44,6
BC-Ofen									
P-Ofen	€/MWh _{NW}	27,0	1,3	28,3	40,1	0,7	3,9	44,8	73,0
SH-Ofen	€/MWh _{NW}	18,0	1,3	19,3	38,0	0	1,3	39,3	58,6
BC-Kessel									
SH-Kessel NZ	%	11%	4%	15%	83%	0%	2%	85%	100%
SH-Kessel SZ	%	24%	3%	27%	67%	1%	5%	73%	100%
P-Kessel	%	27%	4%	30%	63%	1%	6%	70%	100%
HG-Kessel	%	28%	3%	31%	61%	1%	6%	69%	100%
BC-Ofen									
P-Ofen	%	37%	2%	39%	55%	1%	5%	61%	100%
SH-Ofen	%	31%	2%	33%	65%	0%	2%	67%	100%

4.2 Ökologische Bewertung – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Nach ISO 14.040 „Ökobilanz“ ist die Lebenszyklusanalyse (LZA) eine Methode zur Abschätzung der Umwelteinwirkungen eines Produktes (hier Feuerungsanlagen), wobei Umweltaspekte im Verlauf des Lebensweges (d.h. „von der Wiege bis zur Bahre“) untersucht werden. Die ökologische Analyse der Feuerungsanlagen umfasst den gesamten Lebenszyklus von der Rohstoffgewinnung und Produktion der Anlagenteile, über die Nutzung der Feuerungsanlage zur Wärmeerzeugung bis zur Entsorgung der Anlagenteile.

4.2.1 Methodik

Die 3 Lebenszyklusphasen einer Feuerungsanlage gliedern sich in:

- Errichtung
- Nutzung
- Entsorgung.

Jede dieser 3 Lebenszyklusphasen leistet einen Beitrag zu den Umwelteinwirkungen der Feuerungsanlage, wie in Abbildung 5 beschrieben:

- Errichtung mit
 - Materialien und Zukaufteilen
 - Zusammenbau der Feuerungsanlage
 - Transport der Feuerungsanlagen zu den Kunden
- Nutzung mit
 - Bereitstellung von Brennstoff
 - Sammlung
 - Aufbereitung (Trocknen, Hacken, Pelletieren, Spalten)
 - Transport
 - Bereitstellung von Strom
 - Feuerungsanlage (direkte Emissionen aus der Nutzung)
 - Wartung mit
 - Transport zum Kunden
 - Ersatzteile
- Entsorgung mit
 - Verwertung (Deponierung, thermische Verwertung)
 - Recycling von Metallen, Kunststoffen und Elektronik-Bauteilen

Die Orte an denen die Emissionen anfallen sind in den 3 Lebenszyklusphasen unterschiedlich, werden jedoch hier nicht getrennt betrachtet.

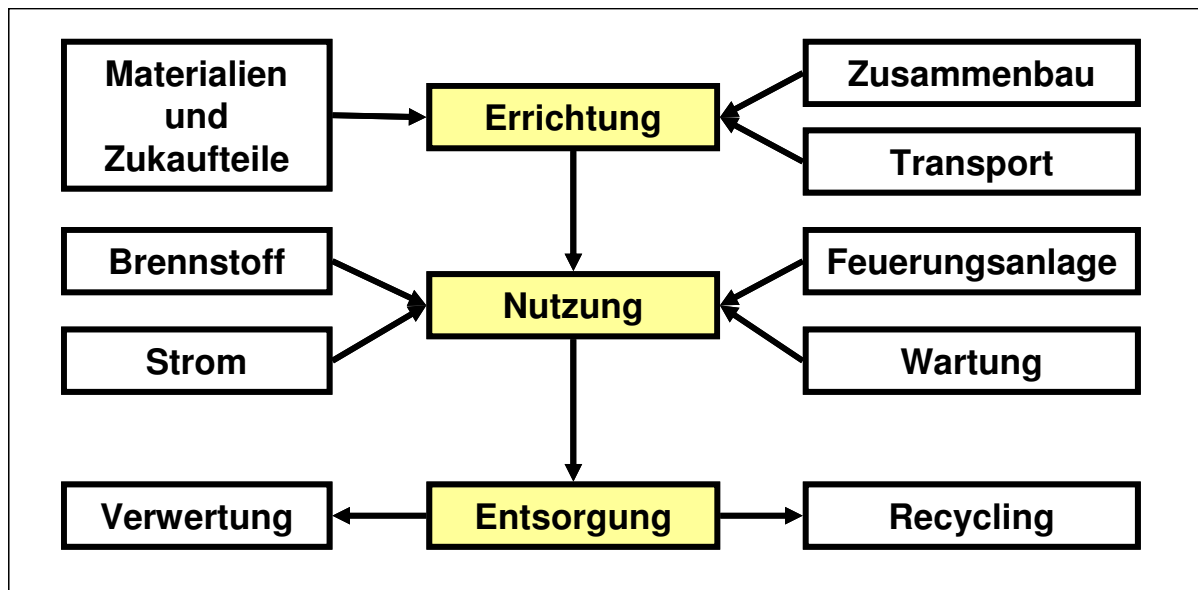


Abbildung 5: Beiträge zu Umwelteinwirkungen in den Lebenszyklusphasen der Feuerungsanlage

Die LZA der Feuerungsanlagen wird unter Verwendung von Datensätzen aus dem Computerprogramm GEMIS 4.5 (Gesamt Emissions-Modell Integrierter Systeme) und aus [MEEuP Methodology Report 2005] in MS Excel modelliert und berechnet.

Zur ökologischen Bewertung der Feuerungsanlagen werden ermittelt:

- Primärenergieverbrauch
- Luft-Emissionen
 - Treibhausgas-Emissionen
 - Kohlendioxid (CO₂)
 - Methan (CH₄)
 - Lachgas (N₂O)
 - klassische Schadstoff-Emissionen:
 - Staub
 - Schwefeldioxid (SO₂)
 - Stickstoffoxide (NO_x)
 - Flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC⁷).

Es wurden die Emissionen, die zu den folgenden Umwelteinwirkungen beitragen, aufgrund der erarbeiteten Datenlage nicht bewertet:

- Stratosphärischer Ozonabbau
- Schwermetalle (in Luft und Wasser)
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (in Luft und Wasser)

⁷ VOC ... Volatile Organic Compounds

- Langlebige organische Schadstoffe
- Eutrophierung.

Kohlemonoxid und der Beitrag zur bodennahen Ozonbildung wurde aufgrund der fehlenden Daten im MEEUP nicht bewertet.

Primärenergieverbrauch

Ausgehend von der Art und Menge der eingesetzten Endenergieträger Strom und Brennstoffe (Scheitholz, Hackgut, Pellets) im Lebenszyklus der Feuerungsanlagen werden jene Primärenergienmengen ermittelt, die notwendig sind, um den Strom und den Brennstoff bereitzustellen. Der gesamte Primärenergieverbrauch umfasst somit alle Energieeinsätze, die mit der Feuerungsanlage in allen Lebenszyklusphasen verbunden sind. Dieser gesamte Primärenergieverbrauch wird auch als „Kumulierter Primärenergieverbrauch“ bezeichnet und umfasst:

- Fossile Energieträger (Kohle, Erdgas, Rohöl)
- Erneuerbare Energieträger (Biomasse, Sonne, Wasserkraft, Wind)
- Sonstige Energieträger (Abfälle und Atomkraft).

Der Primärenergieverbrauch wird für den gesamten Lebenszyklus in GJ und als spezifischer Wert pro Nutzwärme in kWh/MWh_{NW}, sowie deren Anteil pro Lebenszyklusphase in % angegeben.

Treibhausgas-Emissionen

Die für die Feuerungsanlagen wichtigsten Treibhausgase sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Als Maß für die Treibhauswirkung dieser Gase wird das Treibhausgas-Potential (GWP – Global Warming Potential) verwendet, das den Beitrag der Gase zu einer möglichen Erwärmung der Erdatmosphäre in Form einer äquivalenten Menge CO₂ ausdrückt. Die Treibhausgas-Emissionen der Feuerungsanlage stammen vorwiegend aus dem, bei der unvollständigen Verbrennung von Holz frei werdenden VOC (hier Anteil CH₄) und N₂O aus dem Brennstoff. Mit den Äquivalenzfaktoren (Tabelle 19) werden die Gasmengen von CH₄ und N₂O in äquivalente CO₂-Mengen (CO₂-Äq.) umgerechnet. Es werden die Äquivalenzfaktoren, wie sie auch zur Ermittlung der verwendeten Datensätze des MEEUP verwendet wurden, herangezogen⁸. Die Treibhausgas-Emissionen werden für den gesamten Lebenszyklus in kg CO₂-Äq. und als spezifische Werte pro Nutzungswärme in kg CO₂-Äq./MWh_{NW}, sowie deren Anteil pro Lebenszyklusphase in % angegeben.

⁸ Im aktuellen IPCC Bericht (Intergovernmental panel on climate change safeguarding the ozone layer and the global climate system, report, 2007; www.ipcc.ch) CH₄ 25; N₂O 298

Tabelle 19: Äquivalenzfaktoren der Emissionen mit der größten Treibhauswirkung [MEEuP Methodology Report 2005]

Emissionen	CO ₂ -Äquivalent
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	296

Klassische Schadstoff-Emissionen

Es werden die klassischen Schadstoff-Emissionen Staub, Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x) und die flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC), die durch die Nutzung bei der Feuerungsanlage entstehen, betrachtet.

Die Emission von Staub wird durch Aschepartikel verursacht, die mit den Verbrennungsgasen ausgetragen werden. Aufgrund der Datenlage im MEEUP wird in diesem Bericht nicht zwischen Feinstaubpartikel (Partikelgröße unter 10 µm) und Grobstaubpartikel unterschieden. Die Entstehung der Staubemissionen in der Feuerungsanlage (nur Feinstaub) ist vor allem feuerungsabhängig. Die Staub-Emissionen werden für den gesamten Lebenszyklus in g, spezifisch pro Nutzwärme in g/MWh_{NW}, sowie deren Anteil pro Lebenszyklusphase in % angegeben.

Die klassischen Schadstoffe können zu unterschiedlichen Wirkungskategorien, wie z.B. der Versauerung, beitragen. Als Maß für die Versauerungswirkung dieser Emissionen wird das Versauerungspotential (VP) verwendet, das den Beitrag verschiedener Gase zur Versauerung in Form von einer äquivalenten Menge SO₂ ausdrückt. Mit den Äquivalenzfaktoren (Tabelle 20) werden die Gasmengen von NO_x in äquivalente SO₂-Mengen (SO₂-Äq.) umgerechnet. In der Feuerungsanlage ist die Entstehung von SO₂ brennstoffabhängig und von NO_x brennstoff- und feuerungsabhängig. Die Versauerung wird in g SO₂-Äq. und g SO₂-Äq./MWh_{NW} und deren %-Anteil angegeben.

Tabelle 20: Äquivalenzfaktoren der Emissionen mit Beitrag zur Versauerung⁹

Emissionen	SO ₂ -Äquivalent
SO ₂	1
NO _x	0,7

Neben den Staub-Emissionen und dem Versauerungspotential werden auch die flüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC) mit ihrer Bedeutung als Ozonvorläufersubstanz als Summe aus Methan (CH₄) und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMVOC) ermittelt. Die Entstehung von VOC in der Feuerungsanlage ist vor allem feuerungsabhängig. Die flüchtigen Kohlenwasserstoffe werden in g, g/MWh_{NW} und % pro Lebenszyklusphase angegeben.

Weitere Wirkungskategorien werden aufgrund der Datenlage im MEEUP nicht bewertet.

⁹ [Fritsche et Schmidt 2008] GEMIS Standard Datensatz 2002, <http://www.oeko.de/service/gemis>, Öko-Institut, Darmstadt 2002

4.2.2 Datensätze zur ökologischen Bewertung

Im Folgenden werden die in den 3 Nutzungsphasen verwendeten Datensätze und die getroffenen Annahmen beschrieben.

Errichtung

Die Phase „Errichtung der Feuerungsanlage“ setzt sich zusammen aus den verwendeten Materialien und den Zukaufteilen für die Feuerungsanlage, dem Zusammenbau der Feuerungsanlage und den Transport zu den Kunden. Für diese werden die Luft-Emissionen und der Primärenergieverbrauch ermittelt.

Materialien: Die spezifischen Datensätze beziehen sich auf 1 kg des verwendeten Materials und stammen für Edelstahl, Stahlblech, Stahlprofile, Guss, Aluminiumblech, Aluminium Druckguss, Kupferrohre, Kupferdrähte, Pulverbeschichtung, Kunststoff LDPE (Folie) und Kunststoff PP (Spritzguss), Karton, Elektronik-Bauteile aus dem MEEUP. Die spezifischen Datensätze für Glas, Glaswolle, Keramiken, Keramikfaser, Feuerfestmaterialien, Vermiculite, Papier, Holz und Speckstein stammen aus GEMIS 4.5.

Zukaufteile: Die spezifischen Datensätze stammen aus dem MEEUP und beziehen sich auf ein Stück für die Produktion von Kunststoff-Zukaufteilen und auf 1 kg für Gießerei von Fe/Cu/Zn/Al/Mg, Blechproduktion, Produktion von Elektronik-Bauteilen, Produktion anderer Materialien und Blech aus Schrott.

Zusammenbau der Feuerungsanlage: Der spezifische Datensatz ist dem MEEUP entnommen und bezieht sich auf 1 m³ der verpackten Feuerungsanlage.

Transport zu den Kunden: Der spezifische Datensatz stammt aus GEMIS 4.5 und bezieht sich auf 1 tkm. Für den Transport wird jeweils 500 km für die verpackte Feuerungsanlage mit einem mittleren LKW (12–14 t; Nutzlast 3,4 t) angenommen.

Nutzung

Die Luft-Emissionen und der Primärenergieverbrauch für die Phase „Nutzung der Feuerungsanlage“ werden aus Datensätzen für Bereitstellung von Brennstoff und Strom, Feuerungsanlage und Wartung ermittelt.

Bereitstellung von Brennstoff: Die spezifischen Datensätze stammen aus GEMIS 4.5 und beziehen sich auf 1 GJ (bezogen auf den Heizwert) für Scheitholz, Pellets, sowie Hackgut aus Österreich. Neben Pellets aus Sägenebenprodukten (SNP) werden auch Pellets aus Holz aus der forstwirtschaftlichen Durchforstung (D) betrachtet. Folgende Prozesse werden zur Ermittlung der Bereitstellung von Brennstoff berücksichtigt:

- Scheitholz: Holz aus Durchforstung (Restholz) mit Sammeln und Rücken, Spalten und Transport von 45 km mit einem mittleren LKW (inklusive Rückfahrten)

- Pellets (SNP): Holz aus Sägenebenprodukten mit Pelletierung (inklusive Hammermühle, Trocknung, Pelletierung, Kühlung, Manipulation) und Transport von 250 km mit einem mittleren LKW (inklusive Rückfahrten)
- Pellets (D): Holz aus Durchforstung und Nebenprodukten der Pflege (Restholz) mit Pelletierung (inklusive Hammermühle, Trocknung, Pelletierung, Kühlung, Manipulation) und Transport von 250 km mit einem mittleren LKW (inklusive Rückfahrten)
- Hackgut: Holz aus Durchforstung und Nebenprodukten der Pflege (Restholz) mit Sammeln und Rücken, Hacken, Umschichtung und Transport von 80 km mit einem mittleren LKW (inklusive Rückfahrten)

Feuerungsanlage: Die Emissionen für Kessel und Öfen wie NO_x, VOC und Staub sind in Kapitel 4.2.3 Grunddaten dargestellt. Diese Emissionen werden um die Anteile von CH₄ und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen (NMVOC) am VOC, N₂O und SO₂ aus GEMIS 4.5 Datensatz Österreich und einschlägigen Datensätzen von JOANNEUM RESEARCH für Kleinfeuerungsanlagen für Scheitholz, Pellets und Hackgut ergänzt.

Bereitstellung von Strom: Es wird der GEMIS 4.5 Datensatz für den österreichischen Strommix bezogen auf 1 kWh herangezogen. Die Tabelle 21 zeigt den Anteil des jeweiligen Energieträgers am Strommix.

Tabelle 21: Strommix Österreich 2006; [E-Control 2007]

Energieträger	Anteil
Wasserkraft	53,0%
Feste/flüssige Biomasse	2,2%
Wind	3,1%
Erdgas	22,0%
Erdöl	1,1%
Kohle	14,0%
Nuklear	4,6%

Wartung: Der Transport zu den Kunden wird mit einem dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeug (LNF) über jeweils 50 km und der Verwendung von Ersatzteilen im Ausmaß von 1% der verwendeten Zukaufteile für die Feuerungsanlage angenommen. Es wird ein GEMIS 4.5 Datensatz für LNF und Datensätze aus dem MEEUP für die Herstellung der Zukaufteile herangezogen.

Entsorgung

Die Phase „Entsorgung der Feuerungsanlage“ setzt sich aus Emissionen aus der Verwertung und der Substitution von Primärmaterial oder Primärenergie durch Recycling von Kunststoffen, Metallteilen und Elektronik-Bauteilen zusammen.

Verwertung: Setzt sich zusammen aus der Deponierung (5% aller Materialien) und der thermischen Verwertung der Kunststoffe und Elektronik-Bauteilen, die nicht wiederverwendet werden.

Recycling: Berücksichtigt werden Kunststoffe und Elektronik-Bauteile mit spezifischen Datensätzen aus dem MEEUP:

- Kunststoffe:
 - 1% der Kunststoff-Zukaufteile werden wiederverwendet mit einer Substitution von 75% des Primärenergieverbrauches und der Emissionen der Produktion von Kunststoff (Polypropylen)
 - 9% der Kunststoff-Zukaufteile erfahren ein Material-Recycling mit einer Substitution von 50% des Primärenergieverbrauches und der Emissionen der Kunststoffherzeugung
 - 90% der Kunststoff-Zukaufteile werden thermisch verwertet
- Elektronik-Bauteile: Es wird angenommen, dass alle Metallteile wiederverwendet werden. Das sind etwa 50% des Gesamtgewichtes mit einer Substitution von 20% des Primärenergieverbrauches und der Emissionen aus der Produktion von Elektronik-Bauteilen.
- Metalle: Die Substitutionen sind in der Produktion der Materialien inkludiert.

4.2.3 Ökologische Grunddaten der Base Case

Im Folgenden sind für die betrachteten Feuerungsanlagen für den Base Case (BC) die Brennstoffe mit Wassergehalt, Nennwärmeleistung, Nutzungsdauer, jährliche Betriebsstunden und Jahresnutzungsgrad der Feuerungsanlage, sowie Nutzwärme und Stromverbrauch über den Lebenszyklus angeführt. Neben den direkten Emissionen der Feuerungsanlage wie Stickoxide (NO_x), flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) mit Methan (CH_4) und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen (NMVOC), Lachgas (N_2O), Schwefeldioxid (SO_2) und Staub, werden auch das Gewicht der Feuerungsanlage mit den verwendeten Materialien und Zukaufteilen, sowie das Volumen der verpackten Feuerungsanlage angegeben.

Für den BC werden 4 Kessel und 2 Ofen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Scheitholz, Pellets, Hackgut) untersucht. Die Feuerungsanlagen, die Pellets verwenden, werden für 2 unterschiedliche Arten der Holzgewinnung (Pellets aus der Durchforstung (D) und Pellets aus Sägenebenprodukten (SNP)) ökologisch bewertet. Folgende Feuerungsanlagen werden betrachtet:

- Scheitholz-Naturzug (SH-Kessel NZ)
- Scheitholz-gebläseunterstützt (SH-Kessel SZ)
- Pelletskessel-D (P-Kessel (D))
- Pelletskessel-SNP (P-Kessel (SNP))
- Hackgutkessel (HG-Kessel)
- Pelletsofen-D (P-Ofen (D))
- Pelletsofen-SNP (P-Ofen (SNP))
- Scheitholzofen (SH-Ofen)

Die Grunddaten zur Durchführung der Lebenszyklusanalyse (LZA) für die 4 BC-Kessel sind in Tabelle 22 und für die 2 BC-Ofen in Tabelle 23 dargestellt (siehe auch „3 Definition des Base Case“).

Tabelle 22: Grunddaten Base Case–Kessel

		BC-Kessel			
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel
Brennstoff (B)		Scheitholz	Scheitholz	Pellets*	Hackgut
Kenndaten:					
Wassergehalt von B	%	20	20	8	35
Nennwärmeleistung	kW	26	26	19	47
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20	20
Betriebsstunden	h/a	1.500	1.500	1.500	1.500
JNG der Feuerungsanlage	%	68	75	79	78
Nutzwärme über den Lebenszyklus	MWh	780	780	570	1.410
Stromverbrauch über den Lebenszyklus	kWh	0	2.340	3.420	7.050
Luft-Emissionen:					
NO _x	mg/MJ	90	87	79	102
VOC mit	mg/MJ	29	6	1	1
CH ₄	mg/MJ	9	2	0,2	0,5
NM VOC	mg/MJ	20	4	0,8	0,5
N ₂ O	mg/MJ	2,2	2,2	2,4	2,1
SO ₂	mg/MJ	6	6	4	7
Staub	mg/MJ	8	14	12	17
Materialien und Zukaufteile:					
Gesamtgewicht inkl. Verpackung	kg	451	619	423	724
Edelstahl/Hitzebeständiger Stahl	kg	0	36,6	9,2	16,8
Stahlblech	kg	321,6	421,8	252,4	520,8
Stahlprofile, -rohre	kg	45,2	0	43,6	74,9
Guss	kg	13,3	7,8	18,8	26,6
Aluminumblech	kg	0	0	0	1,4
Aluminumdruckguss	kg	0	1,2	7,6	25,9
Kupferrohre, -blech	kg	2,2	3,0	0	4,9
Kupferdrähte, -kabel	kg	0	1,2	0	4,9
Kunststoffe	kg	0,4	1,2	2,4	2,1
Beschichtung	kg	0,4	2,4	2,4	2,1
Elektronik gesamt	kg	0	0	1,2	2,8
Glas- /Steinwolle	kg	9,9	21,0	14,8	2,8
Vermiculite	kg	5,2	5,4	6,4	0
Keramikfaser	kg	0,4	3,0	3,6	13,3
Keramiken/Feuerfestmaterialien	kg	32,3	94,8	37,2	0
Kunststoffe (Verpackung)	kg	1,0	1,0	0,9	1,0
Karton	kg	1,0	1,0	2,1	2,3
Papier	kg	0,3	0,3	0,2	0,3
Holz	kg	17,7	17,7	20,0	21,5
Volumen der verpackten Feuerungsanlage	m³	1,5	1,5	1,3	1,8

* aus Durchforstung (D) und aus Sägenebenprodukten (SNP)

Tabelle 23: Grunddaten Base Case–Ofen

		BC-Ofen	
		P-Ofen	SH-Ofen
Brennstoff (B)		Pellets*	Scheitholz
Kenndaten:			
Wassergehalt von B	%	8	20
Nennwärmeleistung	kW	8	8
Nutzungsdauer	Jahre	20	20
Betriebsstunden	h/a	1.000	1.000
JNG der Feuerungsanlage	%	78	65
Nutzwärme über den Lebenszyklus	MWh	160	160
Stromverbrauch über den Lebenszyklus	kWh	960	0
Luft-Emissionen:			
NO _x	mg/MJ	82	71
VOC mit	mg/MJ	5	37
CH ₄	mg/MJ	0,9	11,1
NMVOG	mg/MJ	4,2	25,9
N ₂ O	mg/MJ	2,4	2,2
SO ₂	mg/MJ	4	6
Staub	mg/MJ	15	19
Materialien und Zukaufteile:			
Gesamtgewicht inkl. Verpackung	kg	143	122
Edelstahl/Hitzebeständiger Stahl	kg	1,0	0
Stahlblech	kg	135,1	70,0
Aluminiumblech	kg	0	3,1
Glas	kg	0,4	0
Kunststoffe	kg	0,6	0,5
Beschichtung	kg	0,4	1,1
Elektronik gesamt	kg	0,6	0
Refractories/chamotte	kg	1,0	12,0
Verkleidung (Speckstein)	kg	0	31,0
Kunststoffe (Verpackung)	kg	0,1	0,1
Karton	kg	1,0	1,0
Holz	kg	3,0	3,0
Volumen der verpackten Feuerungsanlage	m ³	0,4	0,4

* aus Durchforstung (D) und aus Sägenebenprodukten (SNP)

4.2.4 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse für die Feuerungsanlagen (4 Kessel und 2 Öfen) für den kumulierten Primärenergieverbrauch und die Luft-Emissionen (Treibhausgas-Emissionen, Versauerungspotential, flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen und Staub-Emissionen) für den Base Case dargestellt.

Die Ermittlung des Primärenergiebedarfs und der Luft-Emissionen erfolgt für eine Nutzungsdauer von 20 Jahren. Die betrachteten Feuerungsanlagen haben unterschiedliche Nennwärmeleistungen und produzieren daher über den Lebenszyklus nicht dieselbe Menge an Nutzwärme. Um die betrachteten Feuerungsanlagen miteinander vergleichen zu können, werden die spezifischen Werte bezogen auf die Nutzwärme (z.B. kg CO₂-Äq./kWh_{NW}) und deren Anteil pro Lebenszyklusphase in % für die Bewertung herangezogen.

1. Primärenergieverbrauch

Die Ergebnisse für den kumulierten Primärenergieverbrauch (KEV) sind in Tabelle 24 für die Kessel und Öfen des BC angegeben. Abbildung 6 zeigt den gesamten KEV und in den 3 Lebenszyklusphasen. Die Ergebnisse zeigen, dass den größte Anteil für alle Feuerungsanlagen die Nutzungsphase und, wie aus Abbildung 7 ersichtlich, die Bereitstellung von Brennstoff mit 98-99% liefert. Die anderen Lebenszyklusphasen wie Errichtung und Entsorgung sind im Vergleich dazu vernachlässigbar gering (<1%).

Der spezifische KEV für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge beträgt:

- **HG-Kessel** 1.372 kWh/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 1.405 kWh/MWh_{NW} (+2%)
- **SH-Kessel NZ** 1.539 kWh/MWh_{NW} (+12%)
- **SH-Ofen** 1.611 kWh/MWh_{NW} (+17%)
- **P-Kessel (SNP)** 1.641 kWh/MWh_{NW} (+20%)
- **P-Ofen (SNP)** 1.666 kWh/MWh_{NW} (+21%)
- **P-Kessel (D)** 1.694 kWh/MWh_{NW} (+23%)
- **P-Ofen (D)** 1.721 kWh/MWh_{NW} (+25%)

Damit hat der „HG-Kessel“ den niedrigsten spezifischen KEV und die Feuerungsanlagen mit Pellets den höchsten, wobei Feuerungsanlagen mit Pellets aus der Durchforstung höher liegen als solche mit Pellets aus Sägenebenprodukten. Die Herkunft der Pellets hat damit einen größeren Einfluss als der Unterschied Kessel oder Ofen.

Abbildung 8 zeigt den spezifischen KEV für die Bereitstellung von Brennstoffen für Scheitholz, Hackgut und Pellets unterteilt in fossile, erneuerbare und sonstige Energieträger bezogen auf 1 MWh Brennstoffenergie. Der Anteil der erneuerbaren Energieträger beinhaltet zum überwiegenden Teil den Energieinhalt des Brennstoffs neben Hilfsenergien aus der Bereitstellungskette. Die Pellets (D), mit einem Wassergehalt von 8 Gew. %, haben mit 1.322 kWh/MWh_{NW} den höchsten spezifischen KEV. Die Pellets (SNP) liegen mit 1.280 kWh/MWh_{NW} um 3% niedriger. Das Scheitholz hat mit 1041 kWh/MWh_{NW} den niedrigsten spezifischen KEV gefolgt vom Hackgut mit 1057 kWh/MWh_{NW}.

Aufgrund der Datenlage im MEEUP können die Anteile an erneuerbarer und fossiler Energie am KEV in den 3 Lebenszyklusphasen nicht ausgewiesen werden.

Tabelle 24: Kumulierter Primärenergieverbrauch der Base Cases für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Kumulierter Primärenergieaufwand														
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	GJ	13	7	1	20	0,3	4.299	0	0	4.299	2	0,1	2	4.321
SH-Kessel SZ	GJ	19	9	1	30	0,4	3.898	0	14	3.912	2	0,1	2	3.944
P-Kessel (D)	GJ	13	6	1	19	0,3	3.434	0	21	3.456	2	0,2	1	3.477
P-Kessel (SNP)	GJ	13	6	1	19	0,3	3.325	0	21	3.346	2	0,2	1	3.367
HG-Kessel	GJ	25	12	1	38	0,5	6.882	0	43	6.925	3	0,3	2	6.965
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	GJ	5	3	0,2	8	0,2	976	0	6	982	1	0,1	0,5	991
P-Ofen (SNP)	GJ	5	3	0,2	8	0,2	945	0	6	951	1	0,1	0,5	960
SH-Ofen	GJ	3	2	0,2	5	0,2	923	0	0	923	0,4	0,0	0,4	928
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	kWh/MWh _{NW}	5	2	0,2	7	0,1	1.531	0	0	1.531	1	0,03	1	1.539
SH-Kessel SZ	kWh/MWh _{NW}	7	3	0,3	11	0,1	1.388	0	5	1.393	1	0,04	1	1.405
P-Kessel (D)	kWh/MWh _{NW}	6	3	0,3	9	0,1	1.674	0	10	1.684	1	0,1	1	1.694
P-Kessel (SNP)	kWh/MWh _{NW}	6	3	0,3	9	0,1	1.620	0	10	1.631	1	0,1	1	1.641
HG-Kessel	kWh/MWh _{NW}	5	2	0,2	7	0,1	1.356	0	8	1.364	1	0,1	0,5	1.372
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	kWh/MWh _{NW}	9	5	0,3	14	0,3	1.695	0	10	1.706	1	0,1	1	1.721
P-Ofen (SNP)	kWh/MWh _{NW}	9	5	0,3	14	0,3	1.641	0	10	1.652	1	0,1	1	1.666
SH-Ofen	kWh/MWh _{NW}	5	3	0,3	8	0,3	1.602	0	0	1.602	1	0,1	1	1.611
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	0,3%	0,2%	0,0%	0,5%	0,0%	99%	0%	0%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
SH-Kessel SZ	%	0,5%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0,4%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Kessel (D)	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0,6%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Kessel (SNP)	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0,6%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
HG-Kessel	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0,6%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	%	0,5%	0,3%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0,6%	99%	0,1%	0,0%	0,0%	100%
P-Ofen (SNP)	%	0,5%	0,3%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	0,6%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
SH-Ofen	%	0,3%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%

0,0 ... Wert ist <0,1

0 ... Wert ist 0

Bewertung der Base Cases

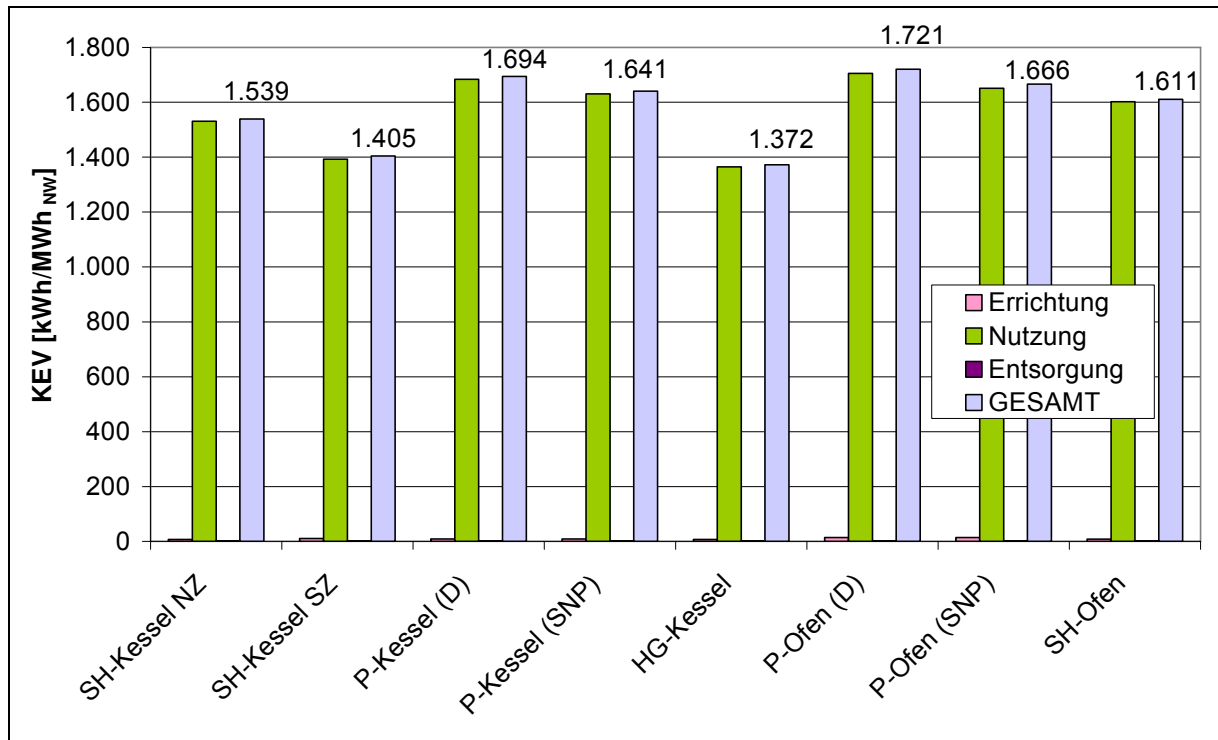


Abbildung 6: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch der Base Cases für Kessel und Öfen

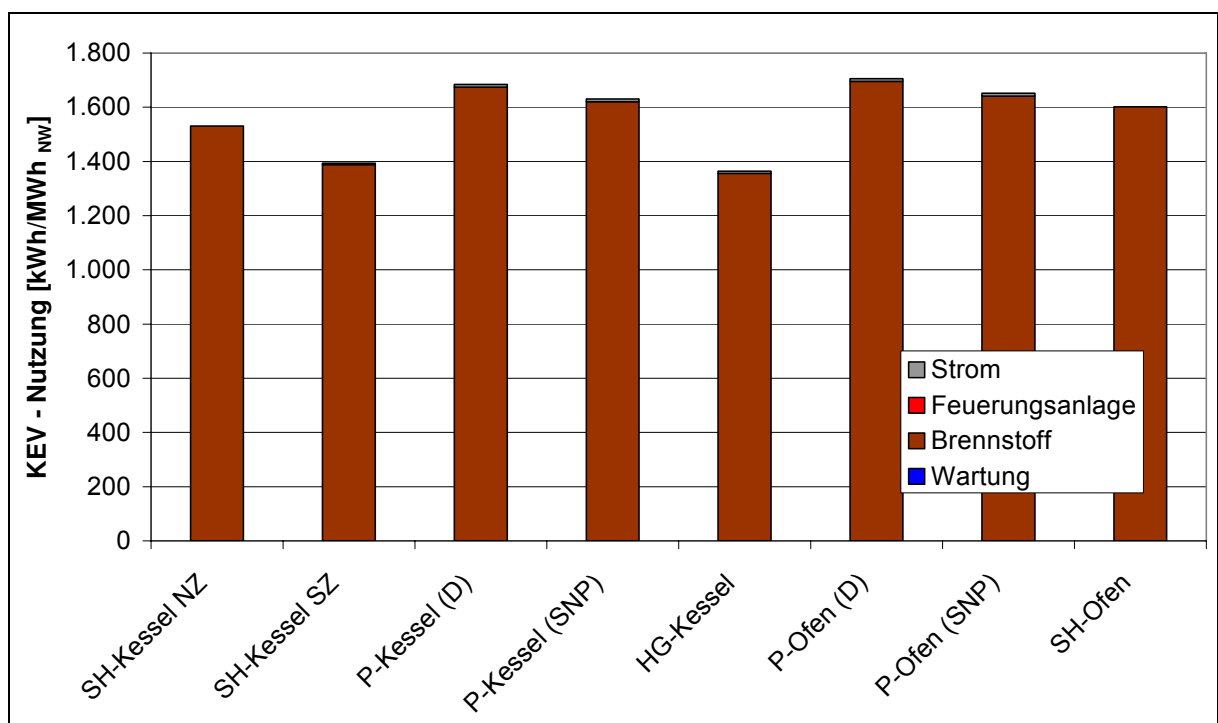


Abbildung 7: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch in der Nutzungsphase

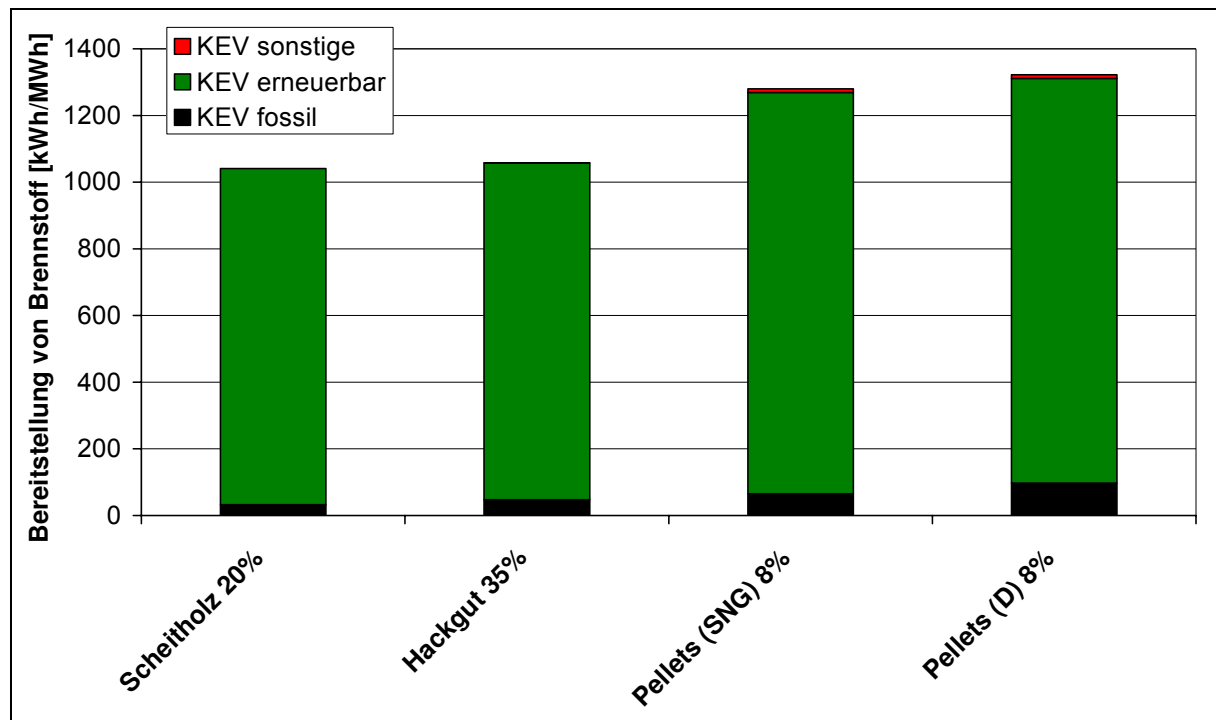


Abbildung 8: Spezifischer Kumulierter Primärenergieverbrauch für die Bereitstellung von Brennstoffen

2. Treibhausgas-Emissionen

Die Treibhausgas- (THG) Emissionen sind in Tabelle 25 für die Kessel und Öfen des BC angegeben. Abbildung 9 zeigt die gesamten THG-Emissionen und in den 3 Lebenszyklusphasen. Die Ergebnisse zeigen wieder, dass der größte Anteil zu den THG-Emissionen für alle Feuerungsanlagen die Nutzungsphase mit 84-94% und, wie aus Abbildung 10 ersichtlich, die Bereitstellung von Brennstoff (63-83%) liefert. Der Anteil der anderen Lebenszyklusphasen liegt bei 6-15% für die Errichtung und bei unter 1% für die Entsorgung und ist im Vergleich dazu gering.

Die spezifischen THG-Emissionen für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge betragen:

- **SH-Kessel SZ** 19 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel NZ** 20 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+3%)
- **SH-Ofen** 21 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+11%)
- **HG-Kessel** 23 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+21%)
- **P-Kessel (SNP)** 35 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+80%)
- **P-Ofen (SNP)** 36 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+88%)
- **P-Kessel (D)** 46 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+138%)
- **P-Ofen (D)** 48 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+147%)

Damit hat der „SH-Kessel SZ“ die niedrigsten THG-Emissionen und die Feuerungsanlagen mit Pellets die höchsten (aus Durchforstung höher als aus Sägenebenprodukten und Ofen höher als Kessel). Die THG-Emissionen aus Feuerungsanlagen mit Scheitholz sind annähernd so hoch wie jene des HG-Kessels.

Beim „SH-Kessel SZ“ liegt der Anteil der Nutzungsphase bei 84%. Der Anteil der Bereitstellung von Brennstoff beträgt 63%, von der Feuerungsanlage bei 17% und von der Bereitstellung von Strom bei 4% (Wartung <1%). Siehe dazu Abbildung 11 mit den THG-Emissionen in den Lebenszyklusphasen der Feuerungsanlage mit Detaillierung der Nutzungsphase, sowie Errichtung und Entsorgung.

Beim „P-Ofen (D)“ liegt der Anteil der THG-Emissionen an der Nutzungsphase bei 92%. Der Anteil der Bereitstellung von Brennstoff liegt bei 82%, von der Feuerungsanlage bei 7% und von der Bereitstellung von Strom bei 3% (Wartung <1%), d.h. der Großteil der THG-Emissionen fällt bei der Pelletserzeugung an (siehe Abbildung 12).

Der Anteil der Lebenszyklusphase Errichtung beträgt bei den BC-Kessel zwischen 6% („P-Kessel (D)“) und 15% („SH-Kessel SZ“) und für die BC-Ofen zwischen 8% („P-Ofen (D)“) und 11% („SH-Ofen“). Der Anteil der Materialien hat den größten Einfluss und liegt zwischen maximal 11% beim „SH-Kessel SZ“ und 4% beim „P-Kessel (D)“. Der Anteil des Transports liegt bei den BC-Feuerungsanlagen unter 1%. Der Anteil des Zusammenbaus liegt bei 1-4%.

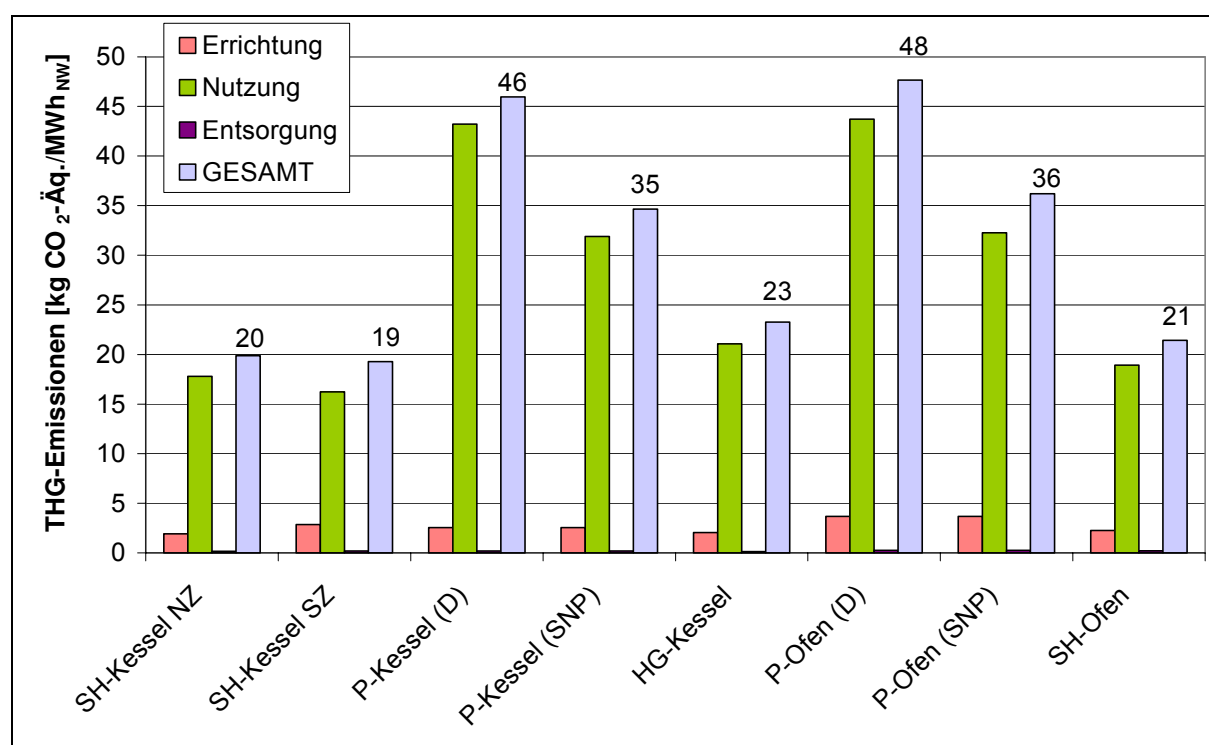


Abbildung 9: Spezifische Treibhausgas-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen

Tabelle 25: Treibhausgas-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Treibhausgas-Emissionen														
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	kg CO ₂ -Äq.	1.047	409	44	1.501	23	10.470	3.385	0	13.878	122	5	116	15.495
SH-Kessel SZ	kg CO ₂ -Äq.	1.611	553	61	2.225	30	9.492	2.527	615	12.664	168	8	160	15.049
P-Kessel (D)	kg CO ₂ -Äq.	1.059	356	42	1.456	23	21.867	1.846	898	24.634	126	14	112	26.202
P-Kessel (SNP)	kg CO ₂ -Äq.	1.059	356	42	1.456	23	15.420	1.846	898	18.187	126	14	112	19.755
HG-Kessel	kg CO ₂ -Äq.	2.135	688	71	2.894	37	23.661	4.174	1.852	29.724	206	15	190	32.808
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	kg CO ₂ -Äq.	408	166	14	588	15	6.217	535	230	6.997	44	3	41	7.626
P-Ofen (SNP)	kg CO ₂ -Äq.	408	166	14	588	15	4.384	535	230	5.164	44	3	41	5.793
SH-Ofen	kg CO ₂ -Äq.	258	93	12	363	12	2.247	771	0	3.030	36	2	34	3.427
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	1	1	0,1	2	0,03	13	4	0	18	0,2	0,01	0,1	20
SH-Kessel SZ	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	3	0,04	12	3	1	16	0,2	0,01	0,2	19
P-Kessel (D)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	3	0,04	38	3	2	43	0,2	0,02	0,2	46
P-Kessel (SNP)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	3	0,04	27	3	2	32	0,2	0,02	0,2	35
HG-Kessel	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	0,5	0,1	2	0,03	17	3	1	21	0,1	0,01	0,1	23
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	3	1	0,1	4	0,1	39	3	1	44	0,3	0,02	0,3	48
P-Ofen (SNP)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	3	1	0,1	4	0,1	27	3	1	32	0,3	0,02	0,3	36
SH-Ofen	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	2	0,1	14	5	0	19	0,2	0,01	0,2	21
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	7%	3%	0,3%	10%	0,1%	68%	22%	0%	90%	1%	0,0%	1%	100%
SH-Kessel SZ	%	11%	4%	0,4%	15%	0,2%	63%	17%	4%	84%	1%	0,1%	1%	100%
P-Kessel (D)	%	4%	1%	0,2%	6%	0,1%	83%	7%	3%	94%	0,5%	0,1%	0,4%	100%
P-Kessel (SNP)	%	5%	2%	0,2%	7%	0,1%	78%	9%	5%	92%	1%	0,1%	1%	100%
HG-Kessel	%	7%	2%	0,2%	9%	0,1%	72%	13%	6%	91%	1%	0,0%	1%	100%
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	%	5%	2%	0,2%	8%	0,2%	82%	7%	3%	92%	1%	0,04%	1%	100%
P-Ofen (SNP)	%	7%	3%	0,2%	10%	0,3%	76%	9%	4%	89%	1%	0,1%	1%	100%
SH-Ofen	%	8%	3%	0,3%	11%	0,4%	66%	22%	0%	88%	1%	0,1%	1%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

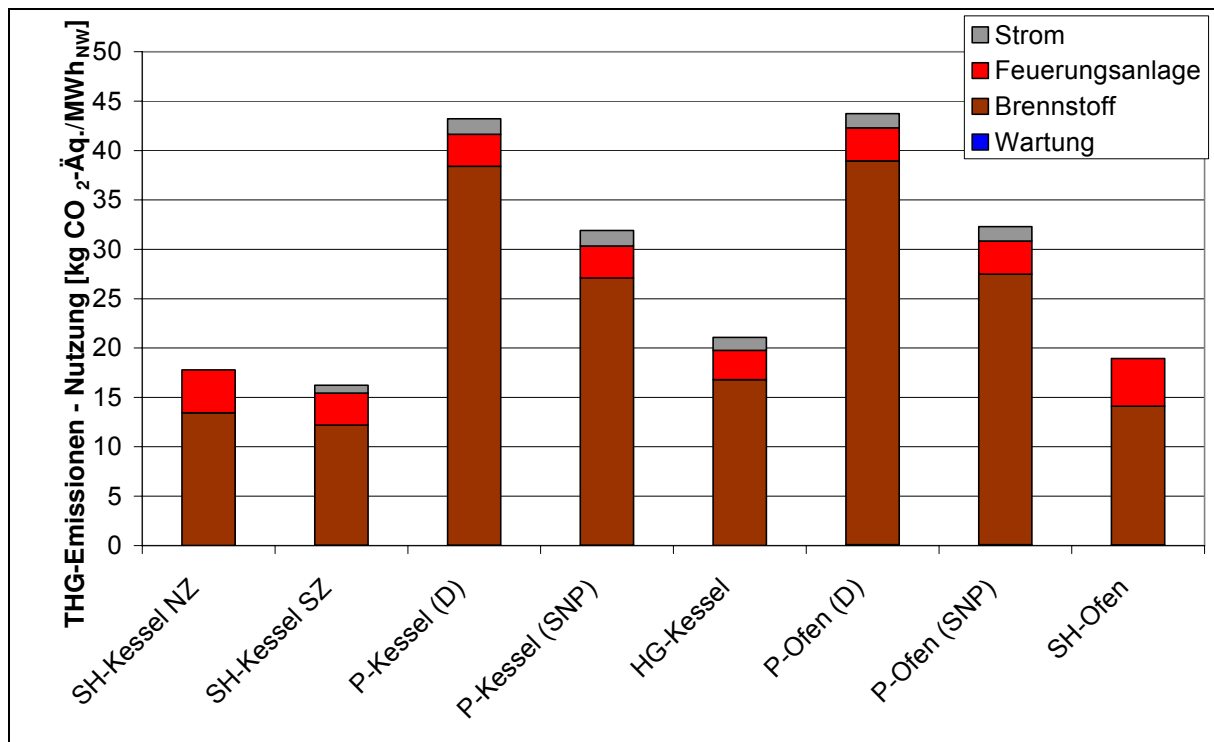


Abbildung 10: Spezifische Treibhausgas-Emissionen in der Nutzungsphase

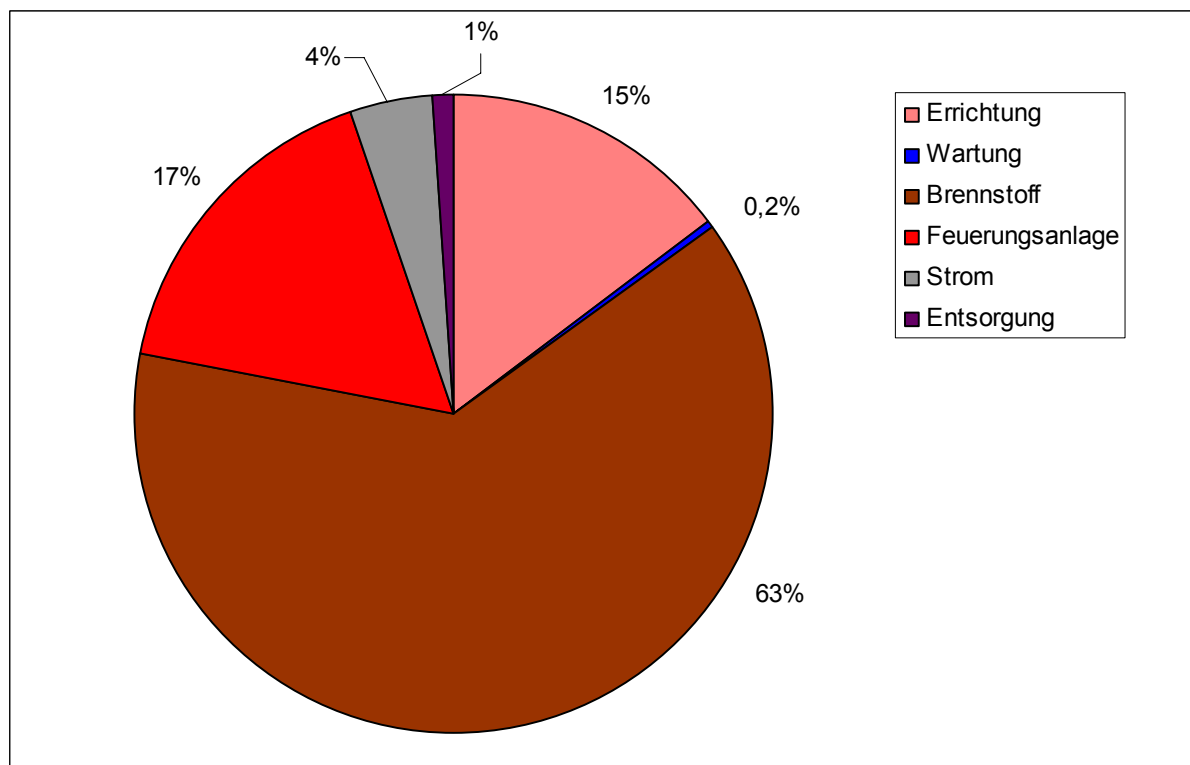


Abbildung 11: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Treibhausgas-Emissionen des „SH-Kessel SZ“

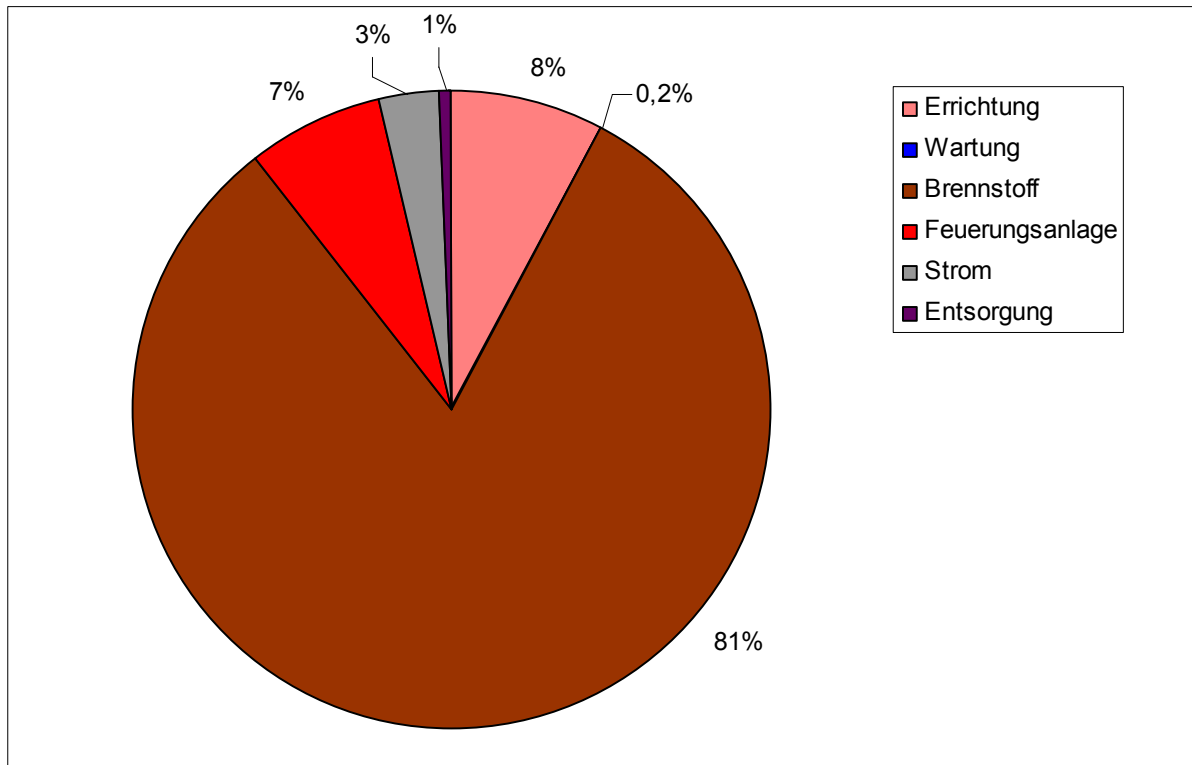


Abbildung 12: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Treibhausgas-Emissionen des „P-Ofen (D)“

3. Versauerungspotential

Das Versauerungspotential (VP) ist in Tabelle 26 für die Kessel und die Öfen des BC angegeben. Abbildung 13 zeigt das gesamte VP und in den 3 Lebenszyklusphasen und Abbildung 14 in der Nutzungsphase. Die Ergebnisse zeigen, dass der größte Anteil für alle Feuerungsanlagen wieder die Nutzungsphase mit 97-99%. Der Anteil der Feuerungsanlage bei Scheitholz und Hackgut bei 71-75%, bei Pellets aus Sägenebenprodukten bei 51-52% und Pellets aus der Durchforstung bei 43-44% liegt. Damit liegt der Anteil des Brennstoffs bei Feuerungsanlagen mit Pellets aus der Durchforstung bei über 50%. Der Anteil der anderen Lebenszyklusphasen liegt für die Errichtung bei 1-3% und für die Entsorgung bei <1%.

Das spezifische VP für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge beträgt:

- **SH-Ofen** 435 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 438 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+1%)
- **SH-Kessel NZ** 486 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+12%)
- **HG-Kessel** 513 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+18%)
- **P-Kessel (SNP)** 528 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+21%)
- **P-Ofen (SNP)** 548 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+26%)
- **P-Kessel (D)** 628 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+44%)
- **P-Ofen (D)** 650 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+49%)

Damit hat der „SH-Ofen“ das niedrigste VP und die Feuerungsanlagen mit Pellets aus Durchforstung das höchste.

Beim Kessel „SH-Ofen“ liegt der Anteil der Nutzungsphase (siehe Abbildung 15) bei 98%, davon 71% von der Feuerungsanlage, 27% von der Bereitstellung von Brennstoff und <1% von der Wartung (kein Strom).

Der Anteil der Nutzungsphase liegt beim „P-Ofen (D)“ bei 98%, davon 54% von der Bereitstellung von Brennstoff und 44% von der Feuerungsanlage, 1% von der Bereitstellung von Strom und <1% von der Wartung (siehe Abbildung 16). Der Anteil der Bereitstellung von Brennstoff liegt bei den Feuerungsanlagen mit Pellets aus der Durchforstung über dem Anteil der Feuerungsanlage.

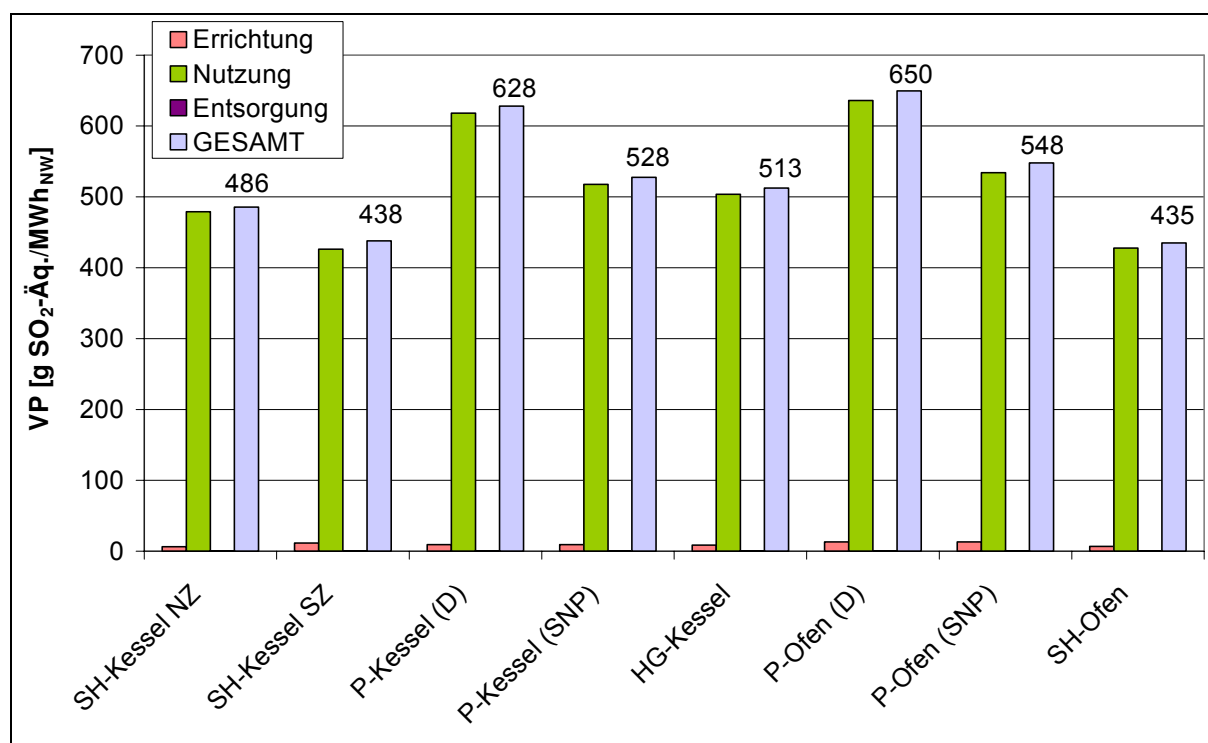


Abbildung 13: Spezifisches Versauerungspotential der Base Cases für Kessel und Öfen

Tabelle 26: Versauerungspotential der Base Cases für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Versauerungspotential														
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	g SO ₂ -Äq.	2.766	1.861	276	4.903	72	88.712	284.938	0	373.721	239	7	232	378.856
SH-Kessel SZ	g SO ₂ -Äq.	6.020	2.549	378	8.948	111	80.432	250.481	1.419	332.443	330	10	320	341.711
P-Kessel (D)	g SO ₂ -Äq.	3.446	1.629	258	5.334	77	196.220	154.034	2.074	352.405	248	15	233	357.972
P-Kessel (SNP)	g SO ₂ -Äq.	3.446	1.629	258	5.334	77	138.947	154.034	2.074	295.132	248	15	233	300.698
HG-Kessel	g SO ₂ -Äq.	8.519	3.212	443	12.173	142	195.484	510.217	4.276	710.119	405	14	390	722.683
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	g SO ₂ -Äq.	1.257	774	87	2.118	47	55.786	45.342	582	101.758	80	3	77	103.954
P-Ofen (SNP)	g SO ₂ -Äq.	1.257	774	87	2.118	47	39.503	45.342	582	85.475	80	3	77	87.671
SH-Ofen	g SO ₂ -Äq.	631	416	74	1.121	38	19.037	49.359	0	68.435	66	3	63	69.620
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	4	2	0,4	6	0,1	114	365	0	479	0,3	0,0	0,3	486
SH-Kessel SZ	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	8	3	0,5	11	0,1	103	321	2	426	0,4	0,0	0,4	438
P-Kessel (D)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	6	3	0,5	9	0,1	344	270	4	618	0,4	0,0	0,4	628
P-Kessel (SNP)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	6	3	0,5	9	0,1	244	270	4	518	0,4	0,0	0,4	528
HG-Kessel	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	6	2	0,3	9	0,1	139	362	3	504	0,3	0,0	0,3	513
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	8	5	0,5	13	0,3	349	283	4	636	0,5	0,0	0,5	650
P-Ofen (SNP)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	8	5	0,5	13	0,3	247	283	4	534	0,5	0,0	0,5	548
SH-Ofen	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	4	3	0,5	7	0,2	119	308	0	428	0,4	0,0	0,4	435
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	1%	0,5%	0,1%	1%	0,0%	23%	75%	0%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
SH-Kessel SZ	%	2%	1%	0,1%	3%	0,0%	24%	73%	0,4%	97%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Kessel (D)	%	1%	0,5%	0,1%	1%	0,0%	55%	43%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Kessel (SNP)	%	1%	1%	0,1%	2%	0,0%	46%	51%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
HG-Kessel	%	1%	0,4%	0,1%	2%	0,0%	27%	71%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	%	1%	1%	0,1%	2%	0,0%	54%	44%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Ofen (SNP)	%	1%	1%	0,1%	2%	0,1%	45%	52%	1%	97%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
SH-Ofen	%	1%	1%	0,1%	2%	0,1%	27%	71%	0%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

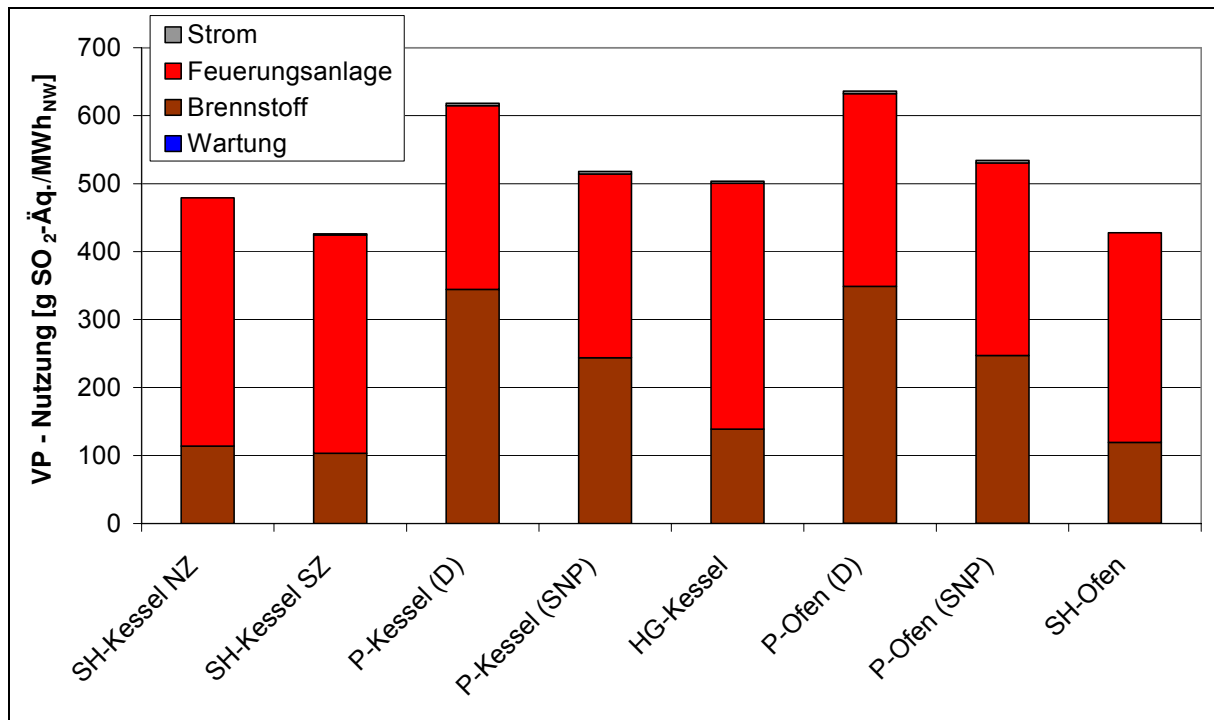


Abbildung 14: Spezifisches Versauerungspotential in der Nutzungsphase

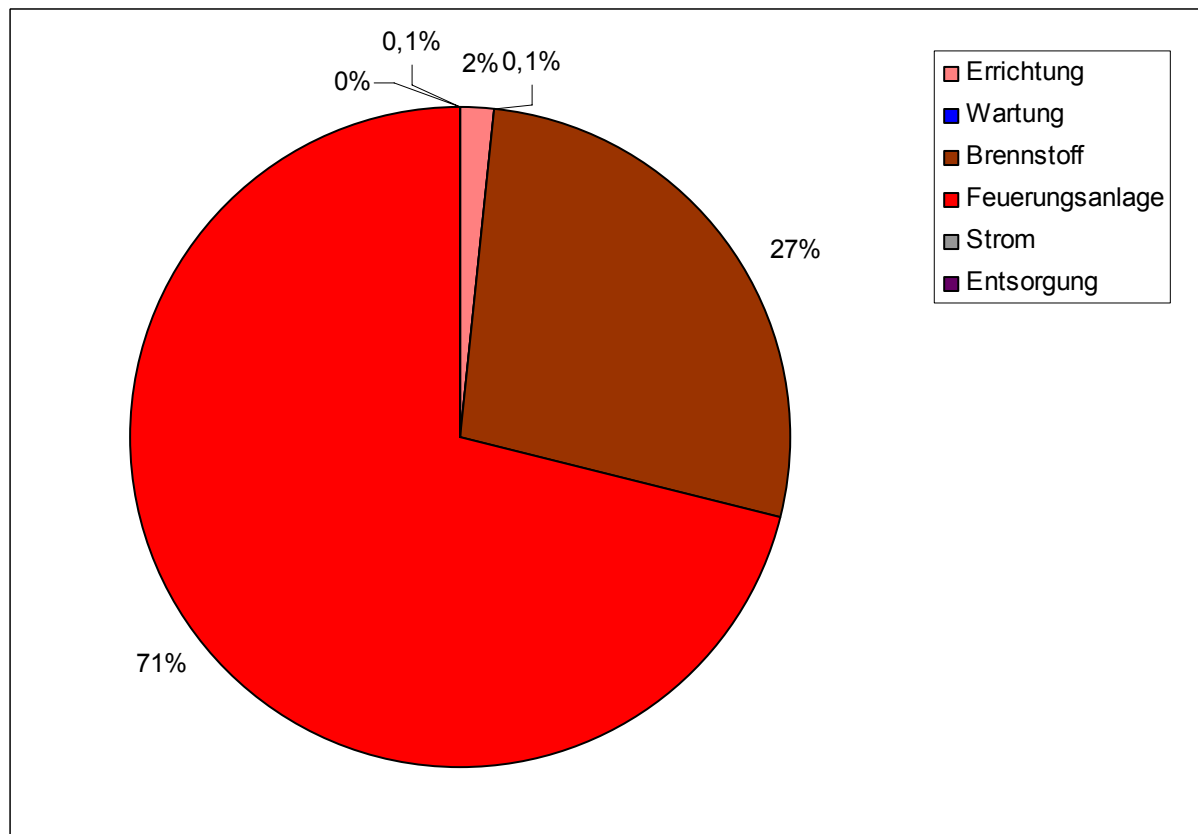


Abbildung 15: Anteile der Lebenszyklusphasen am spezifischen Versauerungspotential des „SH-Ofen“

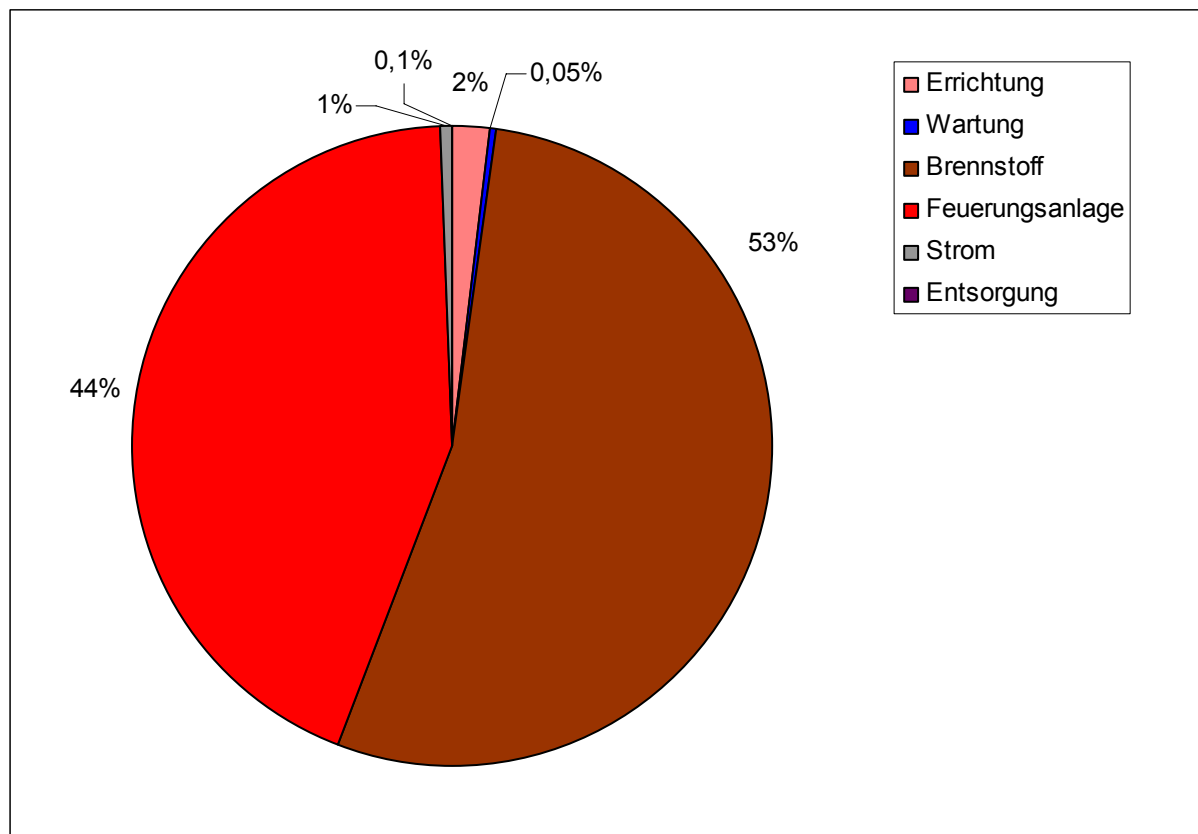


Abbildung 16: Anteile der Lebenszyklusphasen am spezifischen Versauerungspotential des „P-Ofen (D)“

4. Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen

Die flüchtigen Kohlenwasserstoff- (VOC) Emissionen sind in Tabelle 27 für die Kessel und Ofen des BC angegeben. Abbildung 17 zeigt die gesamten VOC-Emissionen und in den 3 Lebenszyklusphasen. Die Ergebnisse zeigen der größte Anteil für alle Feuerungsanlagen wieder in der Nutzungsphase mit 98-100%. Je nach Feuerungsanlage dominiert die Bereitstellung von Brennstoff (Feuerungsanlagen mit Pellets und Hackgut) oder die Feuerungsanlage (Feuerungsanlagen mit Scheitholz), wie Abbildung 18 zeigt. Der Anteil der anderen Lebenszyklusphasen wie Errichtung (1-2%) und Entsorgung (<1%) ist im Vergleich dazu vernachlässigbar.

Die spezifischen VOC-Emissionen für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge betragen:

- **HG-Kessel** 23 g/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 41 g/MWh_{NW} (+79%)
- **P-Kessel (SNP)** 89 g/MWh_{NW} (+292%)
- **P-Kessel (D)** 94 g/MWh_{NW} (+313%)
- **P-Ofen (SNP)** 108 g/MWh_{NW} (+377%)
- **P-Ofen (D)** 113 g/MWh_{NW} (+398%)
- **SH-Kessel NZ** 163 g/MWh_{NW} (+617%)
- **SH-Ofen** 214 g/MWh_{NW} (+845%)

Damit hat der „HG-Kessel“ die niedrigsten VOC-Emissionen und der „SH-Ofen“ die höchsten (ca. 9x).

Beim „HG-Kessel“ liegt der Anteil der Nutzungsphase bei 99% davon stammen 55% von der Bereitstellung von Brennstoff, 23% von der Bereitstellung von Strom, 20% von der Feuerungsanlage und <1% von der Wartung (siehe Abbildung 19).

Beim „SH-Ofen“ liegt der Anteil der Nutzungsphase (siehe Abbildung 20) bei 100% davon stammen 96% von der Feuerungsanlage, 4% von der Bereitstellung von Brennstoff und <1% von der Wartung (kein Strom).

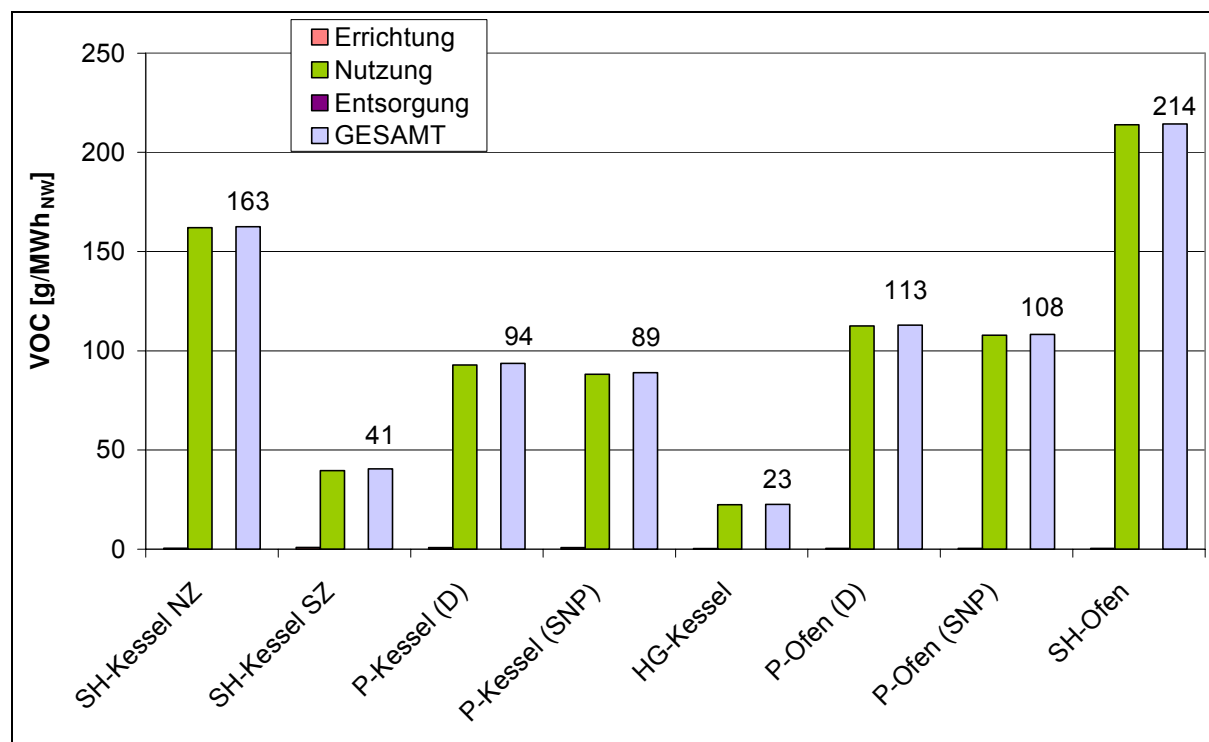


Abbildung 17: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen

Tabelle 27: Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen														
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	g	183	31	178	392	33	6.576	119.756	0	126.365	7	0,1	6	126.764
SH-Kessel SZ	g	402	34	245	681	35	5.962	22.465	2.456	30.918	9	0,1	9	31.607
P-Kessel (D)	g	266	29	167	462	33	46.701	2.598	3.590	52.921	6	0,3	6	53.389
P-Kessel (SNP)	g	266	29	167	462	33	44.027	2.598	3.590	50.247	6	0,3	6	50.715
HG-Kessel	g	61	46	286	393	32	17.630	6.508	7.400	31.569	11	0,5	10	31.972
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	g	3	4	56	64	31	13.277	3.692	1.008	18.008	2	0,1	2	18.074
P-Ofen (SNP)	g	3	4	56	64	31	12.517	3.692	1.008	17.248	2	0,1	2	17.313
SH-Ofen	g	10	2	48	60	31	1.411	32.788	0	34.231	2	0,0	2	34.292
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	g/MWh _{NW}	0,2	0,0	0,2	1	0,0	8	154	0	162	0,0	0,0	0,0	163
SH-Kessel SZ	g/MWh _{NW}	1	0,0	0,3	1	0,0	8	29	3	40	0,0	0,0	0,0	41
P-Kessel (D)	g/MWh _{NW}	0,5	0,1	0,3	1	0,1	82	5	6	93	0,0	0,0	0,0	94
P-Kessel (SNP)	g/MWh _{NW}	0,5	0,1	0,3	1	0,1	77	5	6	88	0,0	0,0	0,0	89
HG-Kessel	g/MWh _{NW}	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	13	5	5	22	0,0	0,0	0,0	23
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	g/MWh _{NW}	0,0	0,0	0,4	0,4	0,2	83	23	6	113	0,0	0,0	0,0	113
P-Ofen (SNP)	g/MWh _{NW}	0,0	0,0	0,4	0,4	0,2	78	23	6	108	0,0	0,0	0,0	108
SH-Ofen	g/MWh _{NW}	0,1	0,0	0,3	0,4	0,2	9	205	0	214	0,0	0,0	0,0	214
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	0,1%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%	5%	94%	0%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
SH-Kessel SZ	%	1%	0,1%	1%	2%	0,1%	19%	71%	8%	98%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Kessel (D)	%	0,5%	0,1%	0,3%	1%	0,1%	87%	5%	7%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Kessel (SNP)	%	1%	0,1%	0,3%	1%	0,1%	87%	5%	7%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
HG-Kessel	%	0,2%	0,1%	1%	1%	0,1%	55%	20%	23%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	%	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,2%	73%	20%	6%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Ofen (SNP)	%	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,2%	72%	21%	6%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
SH-Ofen	%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,1%	4%	96%	0%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

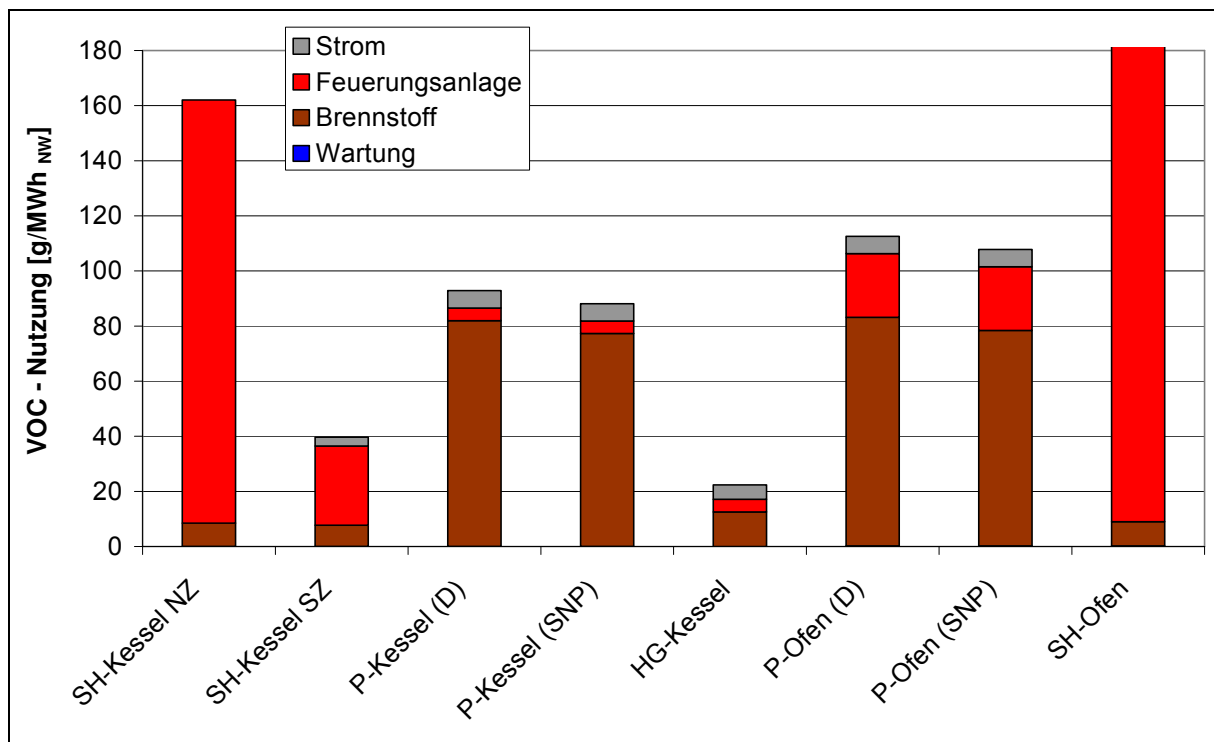


Abbildung 18: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen in der Nutzungsphase

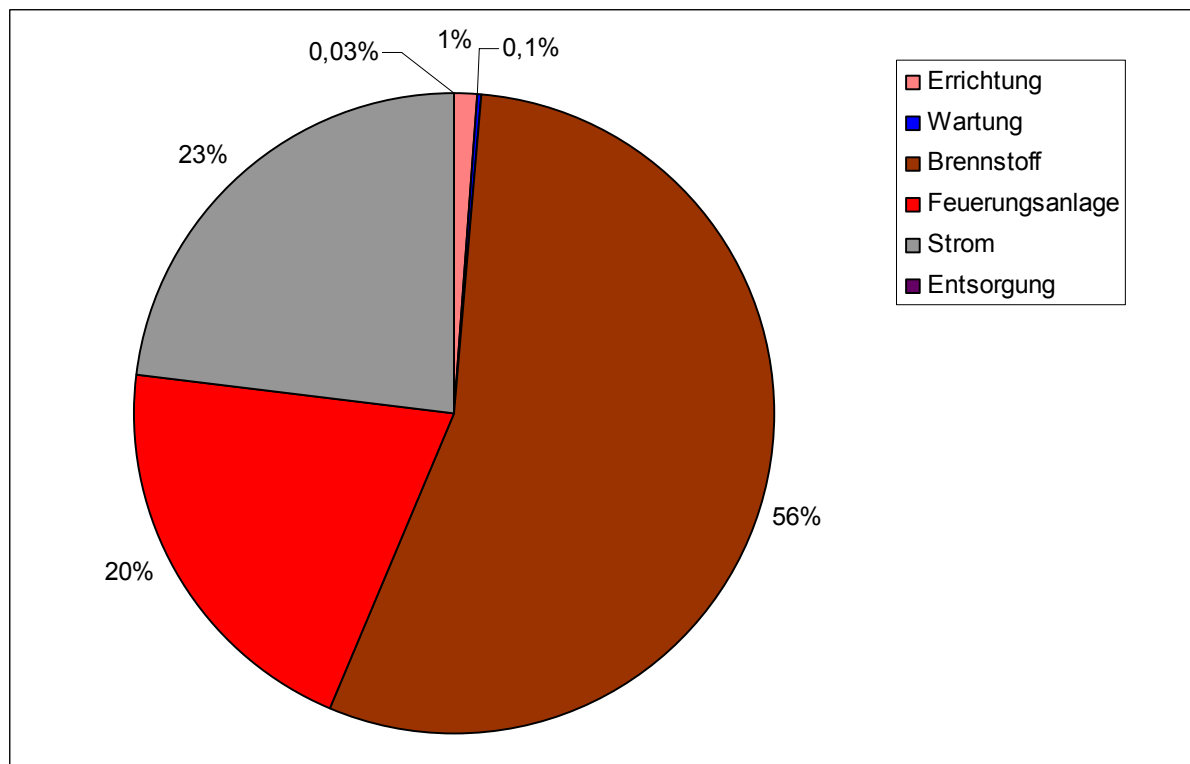


Abbildung 19: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen flüchtigen Kohlenwasserstoff-Emissionen des „HG-Kessel“

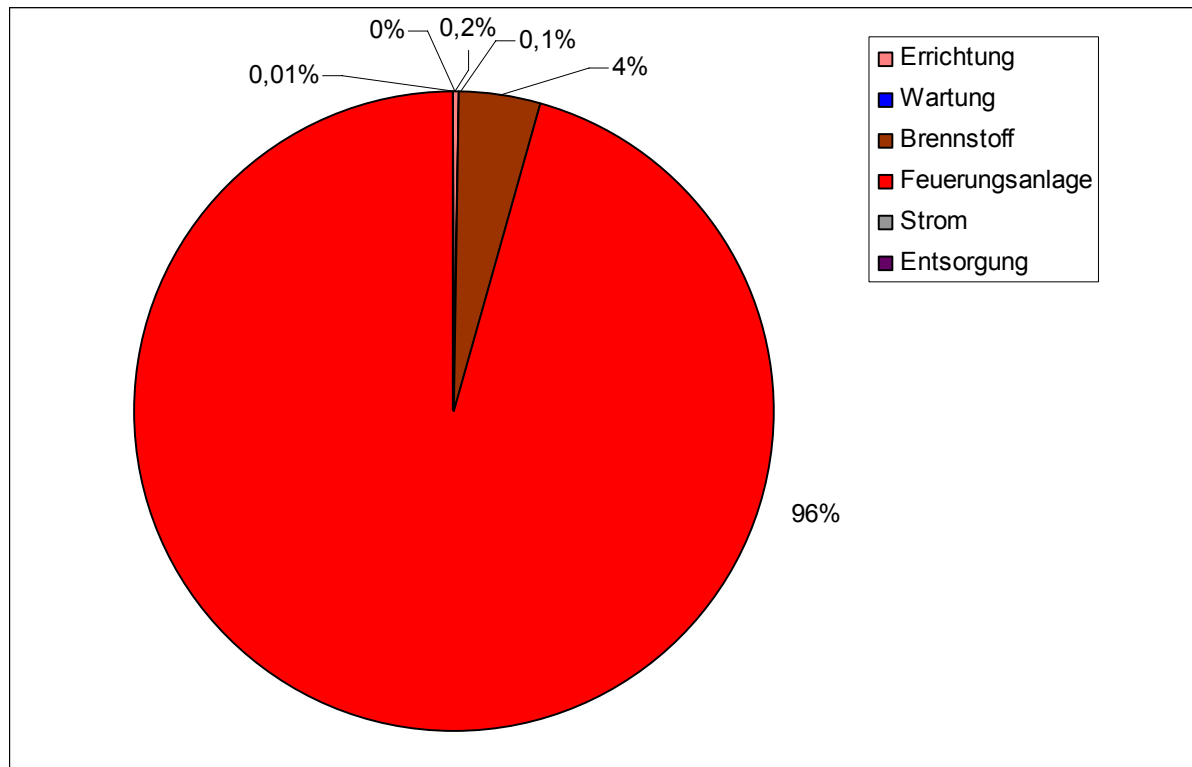


Abbildung 20: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen flüchtigen Kohlenwasserstoff-Emissionen des „SH-Ofen“

5. Staub-Emissionen

Die Staub-Emissionen sind in Tabelle 28 für die Kessel und Öfen des BC angegeben. Abbildung 21 zeigt die gesamten Staub-Emissionen und in den 3 Lebenszyklusphasen. Den größten Anteil für alle Feuerungsanlagen hat die Nutzungsphase mit 83-91% und, wie aus Abbildung 22 ersichtlich, die Feuerungsanlage (56-80%). Die Anteile der Lebenszyklusphasen Entsorgung (2-4%) und Errichtung (6-12%) sind im Vergleich dazu gering.

Die spezifischen Staub-Emissionen für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge betragen:

- **SH-Kessel NZ** 65 g/MWh_{NW} (Basis)
- **P-Kessel (SNP)** 87 g/MWh_{NW} (+33%)
- **SH-Kessel SZ** 92 g/MWh_{NW} (+40%)
- **P-Kessel (D)** 98 g/MWh_{NW} (+50%)
- **HG-Kessel** 102 g/MWh_{NW} (+56%)
- **P-Ofen (SNP)** 104 g/MWh_{NW} (+59%)
- **P-Ofen (D)** 115 g/MWh_{NW} (+77%)
- **SH-Ofen** 131 g/MWh_{NW} (+101%)

Damit hat der „SH-Kessel NZ“ die niedrigsten spezifischen Staub-Emissionen und der „SH-Ofen“ die höchsten (ca. 2x). Die Kessel haben insgesamt niedrigere Staub-Emissionen als die Öfen. Feuerungsanlagen mit Pellets aus Sägenebenprodukten liegen besser als solche die Pellets aus der Durchforstung verwenden.

Der Anteil Nutzungsphase beim „SH-Kessel NZ“ (siehe Abbildung 23) liegt bei 83%, davon 65% von der Feuerungsanlage und 18% von der Bereitstellung von Brennstoff und $\leq 1\%$ von der Wartung (kein Strom). Der Anteil der Phase Errichtung liegt bei 13% mit 10% aus dem Zusammenbau der Feuerungsanlage und 3% aus den Materialien (Transport $\leq 1\%$). Der Anteil der Phase Entsorgung liegt bei 4%, dieser Anteil stammt aus der Verwertung (Recycling vernachlässigbar).

Der Anteil der Nutzungsphase des „SH-Ofen“ (siehe Abbildung 24) liegt bei 90%, davon 80% von der Feuerungsanlage, 9% von der Bereitstellung von Brennstoff und $\leq 1\%$ von der Wartung (kein Strom). Der Anteil der Phase Errichtung liegt bei 8% mit 7% aus dem Zusammenbau der Feuerungsanlage und 1% von den verwendeten Materialien (Transport $\leq 1\%$).

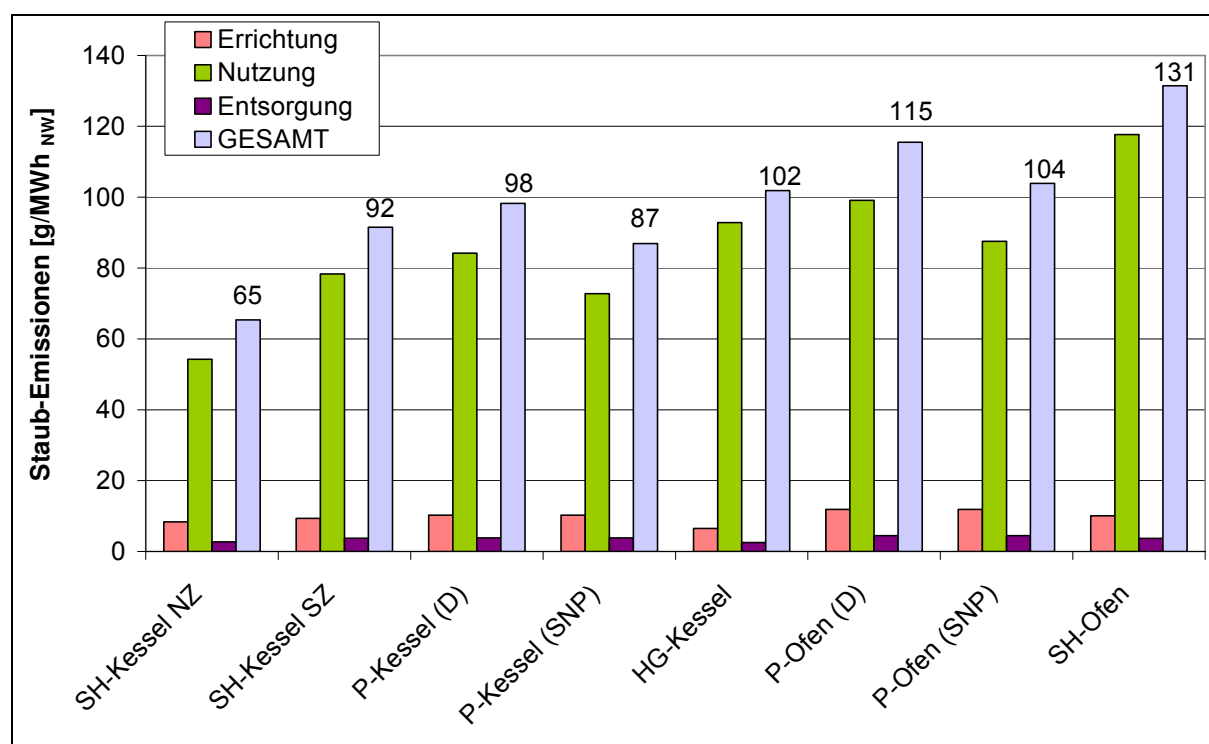


Abbildung 21: Spezifische Staub-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen

Tabelle 28: Staub-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Staub-Emissionen														
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	g	1.326	5.211	15	6.552	21	9.257	33.036	0	42.314	2.122	2	2.120	50.986
SH-Kessel SZ	g	1.912	5.383	21	7.316	28	8.393	52.417	295	61.134	2.933	3	2.930	71.380
P-Kessel (D)	g	1.309	4.517	14	5.840	20	16.360	31.171	431	47.982	2.198	9	2.189	56.011
P-Kessel (SNP)	g	1.309	4.517	14	5.840	20	9.865	31.171	431	41.486	2.198	9	2.189	49.515
HG-Kessel	g	2.624	6.489	24	9.138	37	19.372	110.634	889	130.931	3.589	15	3.574	143.643
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	g	441	1.461	5	1.907	10	4.651	11.077	121	15.859	712	2	710	18.477
P-Ofen (SNP)	g	441	1.461	5	1.907	10	2.805	11.077	121	14.012	712	2	710	16.630
SH-Ofen	g	241	1.370	4	1.615	7	1.987	16.837	0	18.831	587	0,1	587	21.032
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	g/MWh _{NW}	2	7	0,0	8	0,0	12	42	0	54	3	0,0	3	65
SH-Kessel SZ	g/MWh _{NW}	2	7	0,0	9	0,0	11	67	0,4	78	4	0,0	4	92
P-Kessel (D)	g/MWh _{NW}	2	8	0,0	10	0,0	29	55	1	84	4	0,0	4	98
P-Kessel (SNP)	g/MWh _{NW}	2	8	0,0	10	0,0	17	55	1	73	4	0,0	4	87
HG-Kessel	g/MWh _{NW}	2	5	0,0	6	0,0	14	78	1	93	3	0,0	3	102
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	g/MWh _{NW}	3	9	0	12	0,1	29	69	1	99	4	0,0	4	115
P-Ofen (SNP)	g/MWh _{NW}	3	9	0	12	0,1	18	69	1	88	4	0,0	4	104
SH-Ofen	g/MWh _{NW}	2	9	0	10	0,0	12	105	0	118	4	0,0	4	131
BC-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	3%	10%	0,0%	13%	0,0%	18%	65%	0%	83%	4%	0,0%	4%	100%
SH-Kessel SZ	%	3%	8%	0,0%	10%	0,0%	12%	73%	0,4%	86%	4%	0,0%	4%	100%
P-Kessel (D)	%	2%	8%	0,0%	10%	0,0%	29%	56%	1%	86%	4%	0,0%	4%	100%
P-Kessel (SNP)	%	3%	9%	0,0%	12%	0,0%	20%	63%	1%	84%	4%	0,0%	4%	100%
HG-Kessel	%	2%	5%	0,0%	6%	0,0%	13%	77%	1%	91%	2%	0,0%	2%	100%
BC-Ofen														
P-Ofen (D)	%	2%	8%	0%	10%	0,1%	25%	60%	1%	86%	4%	0,0%	4%	100%
P-Ofen (SNP)	%	3%	9%	0%	11%	0,1%	17%	67%	1%	84%	4%	0,0%	4%	100%
SH-Ofen	%	1%	7%	0%	8%	0,0%	9%	80%	0%	90%	3%	0,0%	3%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

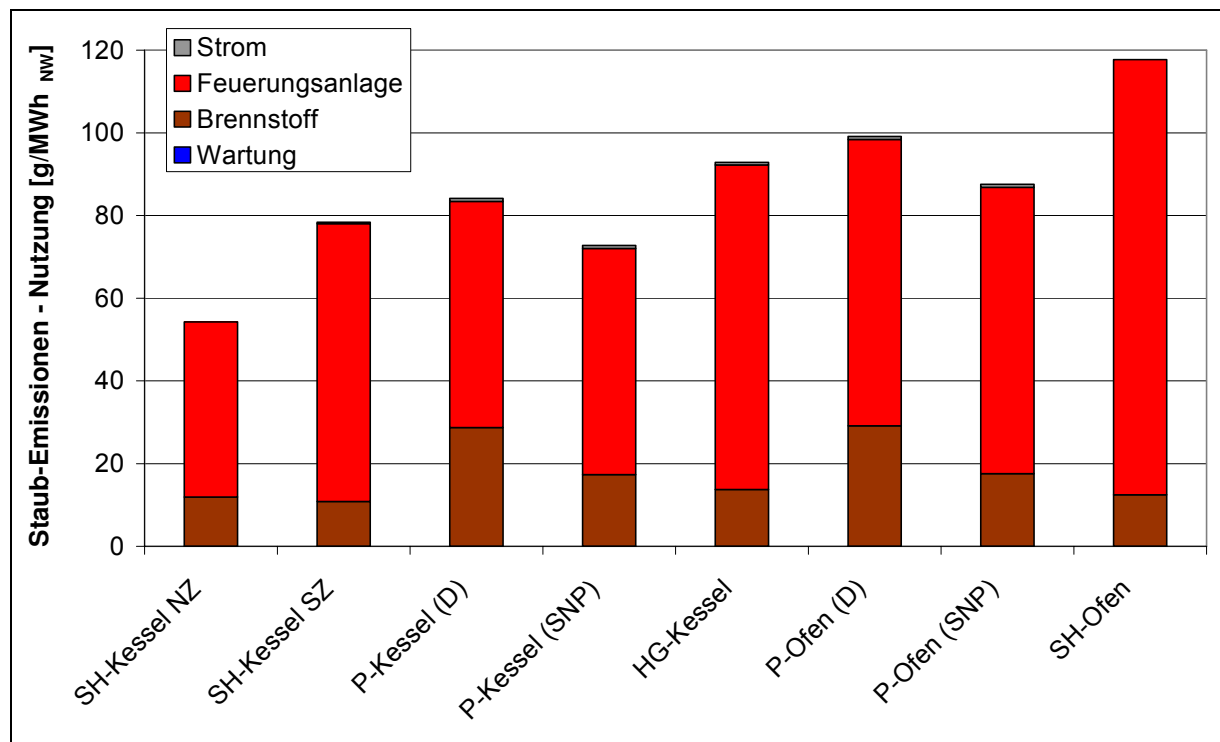


Abbildung 22: Spezifische Staub-Emissionen in der Nutzungsphase

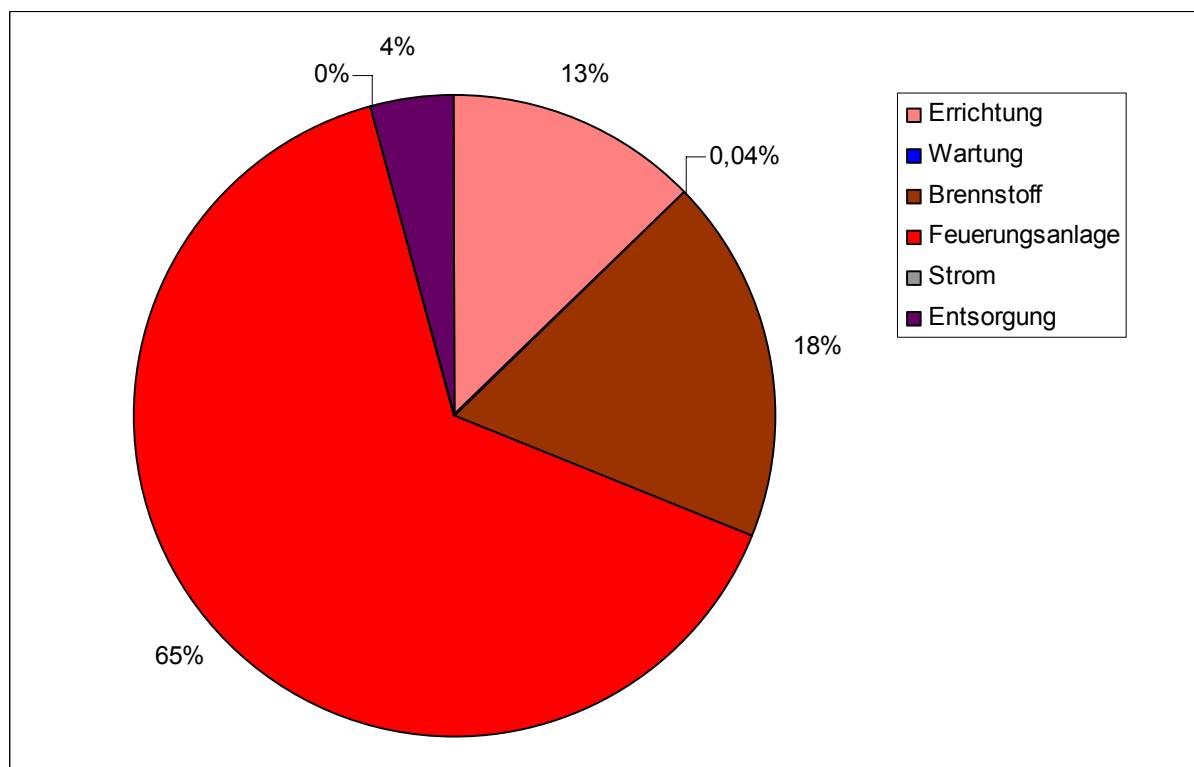


Abbildung 23: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Staub-Emissionen des Kessels „SH-Kessel NZ“

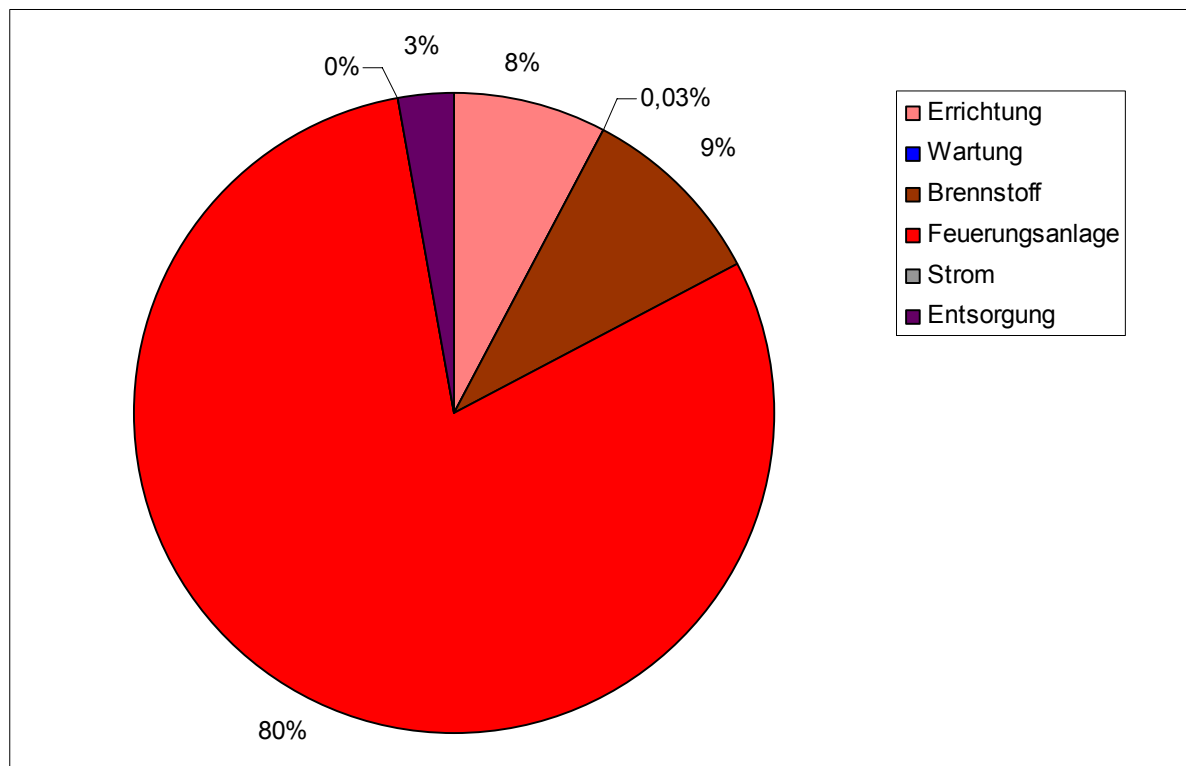


Abbildung 24: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Staub-Emissionen des „SH-Ofen“

5 Analyse Best Available Technology

Der Stand der Technik im Bezug (BAT) auf das Ökodesign wurde anhand von Literaturrecherchen, Interviews mit Herstellern und der Dokumentation des spezifischen Know-hows des Konsortiums analysiert. Unterschieden werden in der Folge die Produktebene und die Komponentenebene. Abgerundet wird das Kapitel mit dem Stand der Wissenschaft (BNAT beste noch nicht verfügbare Technik, langfristige potentielle technologische Verbesserungen).

5.1 Beste am Markt verfügbare Produkte (BAT auf Produktebene)

Um die Best Available Technology auf Produktebene aufzuzeigen, wurden die besten Werte aus Prüfberichte des Biowärmeforums und von [FJ-BLT 2010] bzw. RIKA und Calimax aus dem Zeitraum 1997 bis 2008 ermittelt. In Tabelle 29 bis Tabelle 34 sind für die 6 untersuchten Produktgruppen jeweils Wirkungsgrad, Emissionen und elektrische Leistungsaufnahme bei Nennwärmeleistung für den Base Case, für BAT Los 15¹⁰, für das Gerät mit höchstem Wirkungsgrad und geringeren CO-Emissionen als der Base Case sowie die besten Einzelwerte angeführt. Die besten Prüfstandswerte heben sich nicht mehr wesentlich vom Base Case ab. D.h. am Prüfstand existiert in Österreich kaum bis gar kein Verbesserungspotential, der ausgewählte Base Case ist im europäischen Vergleich bereits annähernd beste verfügbare Technik.

Tabelle 29: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Scheitholzöfen (8 Prüfberichte aus 2001-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)

Bewertungsgröße	Base Case	BAT Los 15	RIKA X-Back	beste Einzelwerte
Wirkungsgrad [%]	80	81	81	81
CO [mg/MJ]	740	928	473	276
NOx [mg/MJ]	71	126	65	34
OGC [mg/MJ]	37	66	19	16
Staub [mg/MJ]	19	46	13	10
Elektr. Leistungsaufnahme (%NWL)	0	0	0	0

¹⁰ Internes Arbeitspapier des Los 15 zum „Task 6: Technical analysis of BATs“, Folgeversion von [Los 15 final Report Task 6]

Tabelle 30: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Pelletsöfen (6 Prüfberichte aus 2007-2008, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)

Bewertungsgröße	Base Case	BAT Los 15	RIKA Memo	beste Einzelwerte
Wirkungsgrad [%]	93	92	92	93
CO [mg/MJ]	50	113	22	22
NOx [mg/MJ]	82	93	82	80
OGC [mg/MJ]	5	2	5	5
Staub [mg/MJ]	15	20	15	14
Elektr. Leistungs- aufnahme (%NWL)	0,6	-	-	

Tabelle 31: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für SH-Kessel Naturzug (3 Prüfberichte aus 2007-2008, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)

Bewertungsgröße	Base Case	BAT Los 15	SHT thermosolid NZA	beste Einzelwerte
Wirkungsgrad [%]	83	-	84	84
CO [mg/MJ]	641	-	491	394
NOx [mg/MJ]	90	-	86	80
OGC [mg/MJ]	29	-	10	10
Staub [mg/MJ]	8	-	5	5
Elektr. Leistungs- aufnahme (%NWL)	0	-	0	0

Tabelle 32: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für SH-Kessel Saugzug (44 Prüfberichte aus 1999-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)

Bewertungsgröße	Base Case	BAT Los 15	Herz F.s. 30 De Luxe	beste Einzelwerte
Wirkungsgrad [%]	90	90	93	93
CO [mg/MJ]	101	66	85	7
NOx [mg/MJ]	87	92	103	50
OGC [mg/MJ]	6	2	4	1
Staub [mg/MJ]	14	39	13	5
Elektr. Leistungs- aufnahme (%NWL)	0,3	-	0,2	0,1

Tabelle 33: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Pelletskessel (93 Prüfberichte aus 2000-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)

Bewertungsgröße	Base Case	BAT Los 15	Evotherm HP 50	beste Einzelwerte
Wirkungsgrad [%]	92	92	96	96
CO [mg/MJ]	35	113	12	1
NOx [mg/MJ]	79	93	73	48
OGC [mg/MJ]	1	2	1	1
Staub [mg/MJ]	12	16	5	3
Elektr. Leistungs- aufnahme (%NWL)	0,6	-	0,3	0,1

Tabelle 34: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Hackgutkessel (54 Prüfberichte aus 1997-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)

Bewertungsgröße	Base Case	BAT Los 15	Guntamatic Powercorn 50	beste Einzelwerte
Wirkungsgrad [%]	91	90	94	95
CO [mg/MJ]	34	112	23	4
NOx [mg/MJ]	102	92	96	61
OGC [mg/MJ]	1	2	1	1
Staub [mg/MJ]	17	19	11	4
Elektr. Leistungs- aufnahme (%NWL)	0,5	-	0,6	0,3

5.2 Technische Optionen (BAT auf Komponentenebene)

Anhand verschiedener technischer Optionen kann die Ausführung einer Biomassefeuerung beschrieben werden. Zu den technischen Optionen zählen: Luftstufung (gegebenenfalls inkl. Scheibenspülung), Sichtfenster, Brennkammer mit keramischer Auskleidung, Konvektionsgebläse, Saugzug, Temperaturregelung, fortschrittliche Regelung (mit Lambda- oder CO-Sensor), automatische Brennstoffförderung, Wasserwärmetauscher (bei Zimmergeräten), Zugbegrenzer, Speichermasse, katalytische Nachverbrennung, Elektrofilter, Gewebefilter, Kondensationswärmetauscher, Abgas-Rezirkulation. Die Zuordnung zum Entwicklungsstand erfolgt für jeden Base Case getrennt. Dabei werden 3 Gruppen unterschieden:

- Basisanforderung: Diese Optionen zeichnen den Großteil der am Markt befindlichen Geräte aus (Prüfungen in den letzten 10 Jahren)
- Stand der Technik: Option zeichnet zumindest einzelne am Markt befindliche Produkte aus oder stellt eine umsetzungsnahe technische Option dar
- Stand der Entwicklung: Technisch denkbare Option, die in den nächsten 2-3 Jahren wahrscheinlich nicht umgesetzt wird

Optionen ohne Verbesserungspotential werden nicht betrachtet.

Scheitholzofen

Die Basisanforderungen eines modernen Scheitholzofens sind Luftstufung inkl. Scheibenspülung, Sichtfenster und keramische Auskleidung der Brennkammer. In Zukunft werden alle Geräte am Stand der Technik die 1. BImSchV in Deutschland erfüllen, da sie nur dann verkauft werden dürfen. Für weitere Verbesserungen, vor allem Reduktion der Emissionen, sind sekundäre Maßnahmen am Stand der Technik bzw. Entwicklung erforderlich, beispielsweise Elektrofilter oder katalytische Nachverbrennung. Ein Konvektionsgebläse stellt eine technische Option für die Wärmeverteilung dar. Temperaturregelung und fortschrittliche Regelung (neben CO und Lambda auch Volumenstrom der Verbrennungsluft) bringen am Prüfstand kaum Verbesserungen. Ebenso ein Zugregler, da die Prüfung mit definiertem Zug durchgeführt wird. Dieses Verbesserungspotential für den Praxisbetrieb müsste mit einer geeigneten adaptieren Prüfung dargestellt werden.

Pelletsofen

Moderne Pelletsöfen haben bereits einen hohen Stand der Technik erreicht. Luftstufung inkl. Scheibenspülung, ein Sichtfenster, Saugzug & Temperaturregelung sowie eine automatische Brennstoffförderung zählen zu den Basisanforderungen. Die keramische Auskleidung der Brennkammer zählt zu den Optionen. Verbesserungen können wie beim Scheitholzofen mit sekundären Maßnahmen getroffen werden: Mit Elektro- oder Gewebefiltern können die bereits sehr niedrigen Staubemissionen weiter reduziert werden. Verbesserungspotential vor allem im praktischen Betrieb bietet eine fortschrittliche Regelung mit CO-Sensor oder Messung des Volumenstroms der Verbrennungsluft.

Scheitholzkessel Naturzug

Ein moderner Scheitholzkessel mit Naturzug weist Luftstufung, eine keramische Brennkammer und eine thermomechanische Lastregelung der Verbrennungsluft auf, benötigt keine elektrischen Komponenten und wird in Kombination mit einem Pufferspeicher betrieben. Verbesserungspotential bieten katalytische Nachverbrennung, ein Elektro- oder ein Gewebefilter, ebenso ein Zugregler. Dieses Verbesserungspotential für den Praxistrieb müsste mit einer geeigneten adaptieren Prüfung dargestellt werden, da die Prüfung mit definiertem Zug durchgeführt wird.

Scheitholzkessel Saugzug

Ein moderner Scheitholzkessel mit Saugzug weist Luftstufung, eine Brennkammer mit keramischer Auskleidung, einen Saugzug, eine fortschrittliche Regelung (Lamba- oder CO-Sensor inkl. Leistungsregelung) auf und wird mit Pufferspeicher betrieben. Verbesserungspotential bieten katalytische Nachverbrennung, ein Elektro- oder ein Gewebefilter. Am Markt sind auch Geräte mit halbautomatischer Brennstoffförderung aus einem Zwischenlager.

Pelletsessel

Die Basisanforderungen eines modernen Pelletsessel sind Temperaturregelung, automatische Brennstoffförderung, automatische Entaschung, Rückbrandschutz, Saugzug und automatische Wärmetauscher-Reinigung. Verbesserungspotential bieten ein Brennwertwärmetauscher und ein Elektrofilter, Gewebefilter oder katalytische Nachverbrennung. Die Modulationsfähigkeit und thermische Speicherung, welche sich auf den Jahresnutzungsgrad auswirken, werden mit den aktuellen Prüfmethoden unter stationären Bedingungen nicht bewertet.

Hackgutkessel

Beim Hackgutkessel verhält es sich ähnlich wie beim Pelletsessel. Basisanforderung ist jedoch bereits eine fortschrittliche Regelung, bei größeren Leistungen könnte eine sekundäre Entstickung interessant werden.

5.3 Stand der Entwicklung bzw. Wissenschaft (BNAT)

Aktuelle Forschungsarbeiten im Bereich der Biomassekleinfeuerungen konzentrieren sich auf den Einsatz alternativer Brennstoffe, Emissionsminderung, Leistungsminderung, Komfort- und Zuverlässigkeitssteigerung, Wirkungsgradsteigerung, Kostenreduktion, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Regelungs- und Systemoptimierung (z.B. auch für Kombinationen mit Solaranlagen, im Bereich der Wärmespeicherung und -verteilung oder der Abgassysteme). Besonders innovative Entwicklungstendenzen sind zur Wirkungsgradsteigerung die aktive Kondensation der Abgase, im Bereich der KWK die Entwicklung einer Freikolbendampfmaschine, verschiedener Stirlingmotoren, Mirko-ORC Anlagen und die Integration thermoelektrischer Generatoren (letztere in erster Linie zur Erzielung eines netzunabhängigen Betriebs). Sowohl Wirkungsgradsteigerung als auch Emissionsminderung könnte eine fortschrittliche Regelung mit Hilfe eines CO-Sensors bewirken, da unabhängig von etwaigen Störeinflüssen der Luftüberschuss immer minimal gehalten werden kann bei gleichzeitiger Vermeidung unvollständiger Verbrennung. Einige Forschungsarbeiten laufen zur Staubabscheidung mit Elektro-, Staub- und Gewebefilter. Im Bereich Bestimmung von Jahresnutzungsgrad und Emissionsfaktoren von Biomasse-Kleinfeuerungen am Prüfstand ist vor allem das gleichnamige Projekt unter der Leitung von Bioenergy 2020+ in der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ zu erwähnen.

6 Identifikation Verbesserungspotential – Definition der Designvarianten (DV)

Die Verbrennungstechnologie von Biomassekleinfeuerungen am Stand der Technik weisen kaum noch Verbesserungspotential durch primäre technische Maßnahmen auf. Auf technologischer Ebene können sekundäre Maßnahmen wie etwa Staubabscheidung Umweltvorteile bringen. Systemoptimierung und Komponentenauslegung weisen ebenfalls Verbesserungspotential auf. Erhebliches jedoch kaum quantifizierbares Verbesserungspotential bzgl. Emissionsminderung und Wirkungsgradsteigerung werden dem Benutzereinfluss und dem Einfluss der Brennstoffqualität zugeschrieben. Die Kombination aus besten Produkten mit derzeit besten verfügbaren Komponenten stellt das aktuelle technische Potential dar und wird in der Folge mit Designvarianten definiert und in der anschließenden Bewertung mit den entsprechenden Base Case verglichen.

Für die Designvarianten wurden die besten Einzelwerte der Prüfberichte aus Kapitel 5.1 herangezogen und mit Komponenten entsprechend der Beschreibung in Kapitel 5.2 kombiniert, um minimale Umwelteinwirkungen zu erzielen. Maßnahmen zur Emissionsminderung sind dabei für den Kunden lediglich mit Mehrkosten verbunden. Verbesserungsoptionen, die den Jahresnutzungsgrad steigern, können für den Kunden auch geringere Lebenszykluskosten bewirken (Produktmehrpriess kann durch Brennstoffeinsparung kompensiert werden).

Für die Produktgruppen Scheitholzöfen und Pelletöfen sind die Werte der Designvarianten in Tabelle 35 angegeben. Für beide Öfen wurde für die Designvariante die Kombination mit Zugregler und Elektrofilter angenommen, was zu einem Mehrgewicht von 5 kg (4 Kg Stahlblech, jeweils 0,5 kg Kupfer und Elektronik) sowie zu einem Produktmehrpriess von 630 € und einem zusätzlichen Wartungsaufwand von 500 € (einmaliger Austausch des E-Filter) führt.

Tabelle 35: Designvarianten Öfen und Vergleich zu Base Cases

	Scheitholzofen		Pelletofen	
	Base Case	Design-variante	Base Case	Design-variante
Nennwärmeleistung NWL [kW]	8	8	8	8
Wirkungsgrad* [%]	80	81	93	93
Jahresnutzungsgrad [%]	65	69	78	81
CO* [mg/MJ]	740	473	50	22
OGC* [mg/MJ]	37	19	5	5
NOx* [mg/MJ]	71	71	82	82
Staub* [mg/MJ]	19	5	15	5
Elektr. Leistungsaufnahme* [% der NWL]	-	0,4	0,6	1,0

*mittlere Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung

Diese Annahmen für den erzielbaren Jahresnutzungsgrad der Öfen sind noch äußerst konservativ. So geht beispielsweise das Los 15 im letzten verteilten internen Arbeitspapier vom Dezember 2009 von

einem Unterschied zwischen Wirkungsgrad am Prüfstand und Jahrsnutzungsgrad von lediglich 5 %-Punkten aus.

Für die Produktgruppen Scheitholzkessel Naturzug bzw. Saugzug sind die Werte der Designvarianten in Tabelle 36 angegeben. Für den Scheitholzkessel Naturzug wurde für die Designvariante die Kombination mit Zugregler angenommen, was zu einem Mehrgewicht von 4 Kg Stahlblech sowie zu einem Produktmehrpreis von 130 € führt. Für den Scheitholzkessel Saugzug wurde für die Designvariante die Kombination mit Zugregler und Elektrofilter angenommen, was zu einem Mehrgewicht von 5 kg (4 kg Stahlblech, jeweils 0,5 kg Kupfer und Elektronik) sowie zu einem Produktmehrpreis von 630 € und einem zusätzlichen Wartungsaufwand von 500 € (einmaliger Austausch des E-Filter) führt.

Tabelle 36: Designvarianten Scheitholz-Kessel und Vergleich zu Base Cases

	SH-Kessel NZ		SH-Kessel SZ	
	Base Case	Design-variante	Base Case	Design-variante
Nennwärmeleistung [kW]	26	26	26	26
Wirkungsgrad* [%]	83	84	90	93
Jahresnutzungsgrad [%]	68	72	75	81
CO* [mg/MJ]	641	491	101	85
OGC* [mg/MJ]	29	10	6	4
NOx* [mg/MJ]	90	90	87	87
Staub* [mg/MJ]	8	5	14	7
Elektr. Leistungsaufnahme* [% der NWL]	-	-	0,3	0,5

*mittlere Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung

Für die Produktgruppen Pelletsessel und Hackgutkessel sind die Werte der Designvarianten in Tabelle 37 angegeben. Für beide Kessel wurde für die Designvariante die Kombination mit Brennwertwärmetauscher und Elektrofilter angenommen, was zu einem Mehrgewicht von 15 kg bzw. 29 kg (14 kg bzw. 28 kg Stahlblech, jeweils 0,5 kg Kupfer und Elektronik) sowie zu einem Produktmehrprijs von 4000 € und einem zusätzlichen Wartungsaufwand von 500 € (einmaliger Austausch des E-Filter) führt.

Tabelle 37: Designvarianten Pellets- und Hackgutkessel und Vergleich zu Base Cases

	P-Kessel		HG-Kessel	
	Base Case	Design-variante	Base Case	Design-variante
Nennwärmeleistung [kW]	19	19	47	47
Wirkungsgrad* [%]	92	102	91	101
Jahresnutzungsgrad [%]	79	85	78	84
CO* [mg/MJ]	35	12	34	23
OGC* [mg/MJ]	1	1	1	1
NOx* [mg/MJ]	79	79	102	102
Staub* [mg/MJ]	12	1	17	2
Elektr. Leistungsaufnahme* [% der NWL]	0,6	0,8	0,5	0,7

*mittlere Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung

Diese Annahmen für den erzielbaren Jahresnutzungsgrad der Brennwertgeräte sind noch äußerst konservativ. Bei optimaler hydraulischer Einbindung und passender Wärmeabnahme kann von einem Unterschied zwischen Wirkungsgrad am Prüfstand und Jahresnutzungsgrad von 12 %-Punkten ausgegangen werden.

7 Bewertung der Designvarianten

Wie beim Base Case erfolgt die Bewertung der Designvarianten einerseits anhand der Lebenszykluskosten (LZK) und wird andererseits eine ökologische Analyse (LCA) durchgeführt, um im nächsten Kapitel Base Case und Designvarianten zu vergleichen.

7.1 Lebenszykluskosten (LZK)

Die Ermittlung der Lebenszykluskosten folgt der gleichen Methodik wie in Kapitel 4.1, also wie bei der Bewertung des Base Case.

7.1.1 Ökonomische Grunddaten der Design Varianten

Im Folgenden sind die Kosten für die Feuerungsanlage, deren Installation, Brennstoff und Strom, Reparatur und Wartung für die Designvarianten angeführt. Die Designvarianten (DV) sind die 4 Kessel und 2 Öfen des Base Case (BC), definiert als Best Available Technology (BAT) zusätzlich mit Zugbegrenzer, Elektrofilter oder Brennwert-Wärmetauscher (Brennwert-WT). Die Designvarianten zeigen zum Base Case Unterschiede bei den Kosten für die Feuerungsanlage, sowie für Reparatur und Wartung, dem Strombedarf und dem Jahresnutzungsgrad und damit dem Brennstoffbedarf. Die Kosten für die Installation bleiben unverändert.

Als Bezugsjahr zur Ermittlung der Lebenszykluskosten wird das Jahr 2006 herangezogen. Es werden auch die Nutzwärme und die Brennstoffenergie, sowie der Stromverbrauch der Feuerungsanlage über den Lebenszyklus angeführt.

Die Grunddaten für die 4 DV-Kessel sind in Tabelle 38 und die 2 DV-Öfen in Tabelle 39 dargestellt (siehe auch Kapitel „3 Definition des Base Case“).

Tabelle 38: Grunddaten Designvariante-Kessel

		DV-Kessel			
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel
Designvariante: BAT mit		Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer	Brennwert-WT und Elektrofilter	Brennwert-WT und Elektrofilter
Nennwärmeleistung	kW	26	26	19	47
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20	20
Kosten:					
Feuerungsanlage	€/Stück	3.830	10.100	13.600	21.800
Installation	€/Stück	1.300	1.300	1.300	1.800
Brennstoff	€/MWh	33,8	33,8	42,8	29,2
Strom	€/kWh	0	0,17	0,17	0,17
Reparatur und Wartung	€/Nutzungsdauer	1.110	3.100	3.380	5.840
Kalkulatorischer Zinssatz	%	3,2	3,2	3,2	3,2
Present Worth Factor (PWF)	Jahre	14,6	14,6	14,6	14,6
Nutzwärme über die Nutzungsdauer	MWh	780	780	570	1.410
Strombedarf über die Nutzungsdauer	kWh	0	3.900	4.560	9.870
Brennstoffbedarf über die Nutzungsdauer	MWh	1.083	963	671	1.679

Tabelle 39: Grunddaten Designvariante-Ofen

		DV-Ofen	
		P-Ofen	SH-Ofen
Designvariante: BAT mit		Elektrofilter und Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer
Nennwärmeleistung	kW	8	8
Nutzungsdauer	Jahre	20	20
Kosten:			
Feuerungsanlage	€/Stück	4.950	3.510
Installation	€/Stück	200	200
Brennstoff	€/MWh	43	34
Strom	€/kWh	0,17	0,17
Reparatur und Wartung	€/Nutzungsdauer	1.364	788
Kalkulatorischer Zinssatz	%	3,2	3,2
Present Worth Factor (PWF)	Jahre	14,6	14,6
Nutzwärme über die Nutzungsdauer	MWh	160	160
Strombedarf über die Nutzungsdauer	kWh	1.600	640
Brennstoffbedarf über die Nutzungsdauer	MWh	198	232

7.1.2 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Lebenszykluskosten für die Designvarianten der Feuerungsanlagen (4 Kessel, 2 Öfen) dargestellt und diskutiert. Die Lebenszykluskosten werden exklusive der Entsorgungskosten (<0,1%) berechnet. Die Ergebnisse werden in €/Stück, €/MWh_{NW} und deren Kostenanteil pro Lebenszyklusphase in % angegeben.

Die Ergebnisse für die LZK pro Feuerungsanlage sind in Tabelle 40 für die 4 DV-Kessel und die 2 DV-Ofen dargestellt. Abbildung 25 zeigt die spezifischen LZK in €/MWh_{NW} und Abbildung 26 den Kostenanteil pro Lebenszyklusphase in %.

Die spezifischen LZK für die DV in aufsteigender Reihenfolge sind:

- **SH-Kessel NZ** 41,9 €/MWh_{NW} (Basis)
- **HG-Kessel** 46,0 €/MWh_{NW} (+10%)
- **SH-Kessel SZ** 48,6 €/MWh_{NW} (+16%)
- **SH-Ofen** 63,1 €/MWh_{NW} (+50%)
- **P-Kessel** 68,3 €/MWh_{NW} (+63%)
- **P-Ofen** 78,3 €/MWh_{NW} (+87%).

Die niedrigsten spezifischen LZK (siehe Abbildung 25) hat wie beim BC der „SH-Kessel NZ“ und die Feuerungsanlagen mit Pellets haben wieder die höchsten spezifischen LZK. Die Reihung ist damit gleich wie beim BC.

Für die DV-Feuerungsanlagen gilt wieder, dass der Anteil an den LZK für die Nutzung (59-84%) höher liegt als der Anteil für die Anschaffung (16-41%) mit einem höheren Anteil für die Anschaffung der Öfen (37-41%) als für die Kessel (um die 30-38%; Ausnahme „SH-Kessel NZ“ mit 16%).

Den mit Abstand größten Anteil an den LZK haben bei den Kesseln wieder die Brennstoffkosten (54-82%), gefolgt von den Kosten für die Feuerungsanlage (12-35%) (siehe Abbildung 26). Der Anteil der Brennstoffkosten ist für die Kessel beim „SH-Kessel NZ“ mit 82% am höchsten und beim „HG-Kessel“ mit 55% am niedrigsten. Damit hat aber auch der „SH-Kessel NZ“ mit 12% wieder den niedrigsten Anteil bei der Anschaffung und der „HG-Kessel“ den höchsten mit 34%. Bei den Öfen ist der Brennstoffkostenanteil nur geringfügig höher als der für die Kosten der Feuerungsanlage und liegt damit für den „SH-Ofen“ bei 57% und für den „P-Ofen“ bei 49%.

Die Anteile an den LZK für die Installation liegen für die DV-Kessel bei 3-4% und für die DV-Öfen wieder bei 2%.

Die Anteile an den LZK für den Strom liegen für „SH-Kessel SZ“, „P-Kessel“ und „SH-Ofen“ bei 1% und für „HG-Kessel“ und „P-Ofen“ bei 2%. Der „SH-Kessel NZ“ hat keinen Strombedarf.

Die Anteile an den LZK für Reparatur und Wartung liegen für den „SH-Kessel NZ“ bei 2%, für den „SH-Kessel SZ“, „P-Kessel“ und „SH-Ofen“ bei 6%, dem „HG-Kessel“ bei 7% und für den „P-Ofen“ bei 8%.

Die spezifischen LZK für die Nutzung entsprechen zu 84-97% den Brennstoffkosten. Die spezifischen Brennstoffkosten betragen für die DV:

- **HG-Kessel** 25,4 €/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 30,5 €/MWh_{NW} (+20%)
- **SH-Kessel NZ** 34,3 €/MWh_{NW} (+35%)
- **SH-Ofen** 35,8 €/MWh_{NW} (+41%)
- **P-Kessel** 36,8 €/MWh_{NW} (+45%)
- **P-Ofen** 38,6 €/MWh_{NW} (+52%).

Die Reihenfolge ist gleich wie beim BC mit niedrigeren spezifischen Brennstoffkosten für Hackgut vor Scheitholz und Pellets.

Die spezifischen LZK für die Anschaffung sind für den „SH-Kessel NZ“ mit 6,6 €/MWh_{NW} am Niedrigsten und für den „P-Ofen“ mit 32,2 €/MWh_{NW} am Höchsten. Die restlichen Feuerungsanlagen liegen bei 14,6-26,1 €/MWh_{NW}.

Die spezifischen LZK für die Feuerungsanlage betragen für die Designvarianten:

- **SH-Kessel NZ** 4,9 €/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 12,9 €/MWh_{NW} (+164%)
- **HG-Kessel** 15,5 €/MWh_{NW} (+215%)
- **SH-Ofen** 21,9 €/MWh_{NW} (+347%)
- **P-Kessel** 23,9 €/MWh_{NW} (+386%)
- **P-Ofen** 30,9 €/MWh_{NW} (+530%).

Damit hat der „SH-Kessel NZ“ wieder die niedrigsten und der „P-Ofen“ die mit Abstand höchsten spezifischen LZK für die Feuerungsanlage (ca. 6x).

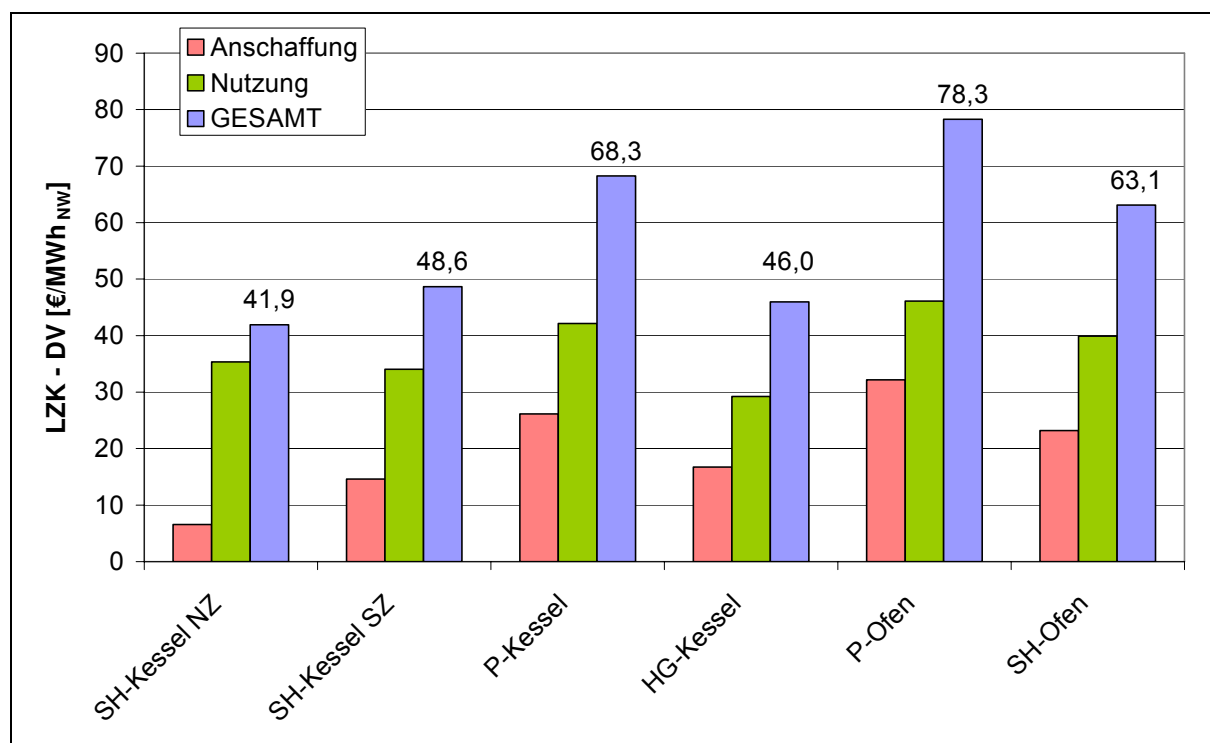


Abbildung 25: Lebenszykluskosten bezogen auf Nutzwärme für die Designvarianten

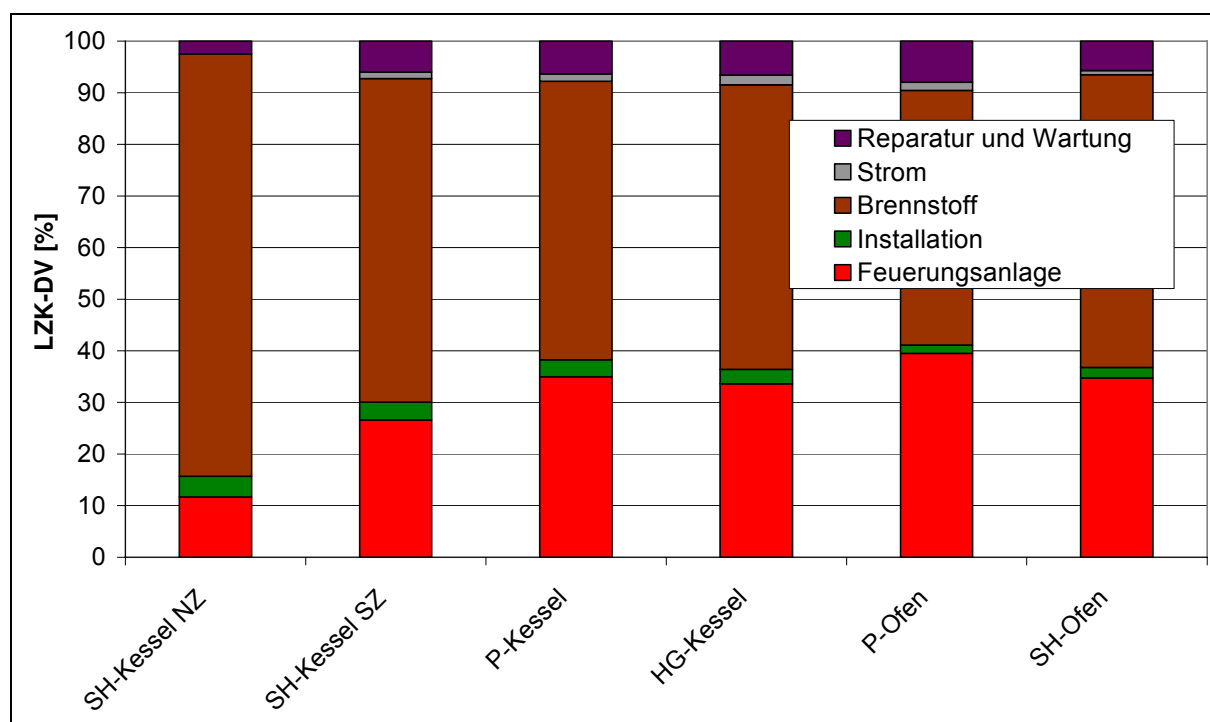


Abbildung 26: Anteile der Lebenszykluskosten für die Designvarianten

Tabelle 40: Lebenszykluskosten für die Designvarianten

Lebenszyklusphase -->		ANSCHAFFUNG			NUTZUNG				GESAMT
		Feuerungsanlage	Installation	GESAMT	Brennstoff	Strom	Wartung und Reparatur	GESAMT	
DV-Kessel									
SH-Kessel NZ	€/Stück	3.830	1.300	5.130	26.774	0	811	27.584	32.714
SH-Kessel SZ	€/Stück	10.100	1.300	11.400	23.799	484	2.264	26.547	37.947
P-Kessel	€/Stück	13.600	1.300	14.900	20.981	566	2.468	24.015	38.915
HG-Kessel	€/Stück	21.800	1.800	23.600	35.747	1.225	4.265	41.238	64.838
DV-Ofen									
P-Ofen	€/Stück	4.950	200	5.150	6.180	199	996	7.375	12.525
SH-Ofen	€/Stück	3.510	200	3.710	5.731	79	575	6.386	10.096
DV-Kessel									
SH-Kessel NZ	€/MWh _{NW}	4,9	1,7	6,6	34,3	0	1,0	35,4	41,9
SH-Kessel SZ	€/MWh _{NW}	12,9	1,7	14,6	30,5	0,6	2,9	34,0	48,6
P-Kessel	€/MWh _{NW}	23,9	2,3	26,1	36,8	1,0	4,3	42,1	68,3
HG-Kessel	€/MWh _{NW}	15,5	1,3	16,7	25,4	0,9	3,0	29,2	46,0
DV-Ofen									
P-Ofen	€/MWh _{NW}	30,9	1,3	32,2	38,6	1,2	6,2	46,1	78,3
SH-Ofen	€/MWh _{NW}	21,9	1,3	23,2	35,8	0,5	3,6	39,9	63,1
DV-Kessel									
SH-Kessel NZ	%	12%	4%	16%	82%	0%	2%	84%	100%
SH-Kessel SZ	%	27%	3%	30%	63%	1%	6%	70%	100%
P-Kessel	%	35%	3%	38%	54%	1%	6%	62%	100%
HG-Kessel	%	34%	3%	36%	55%	2%	7%	64%	100%
DV-Ofen									
P-Ofen	%	40%	2%	41%	49%	2%	8%	59%	100%
SH-Ofen	%	35%	2%	37%	57%	1%	6%	63%	100%

7.2 Ökologische Bewertung – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Die ökologische Bewertung folgt der gleichen Methodik wie in Kapitel 4.2, also wie bei der Bewertung des Base Case.

7.2.1 Ökologische Grunddaten der Designvarianten

Im Folgenden sind für die betrachteten Feuerungsanlagen für die Designvarianten (DV) die Brennstoffe mit Wassergehalt, Nennwärmeleistung, Nutzungsdauer, jährliche Betriebsstunden und Jahresnutzungsgrad der Feuerungsanlage, sowie Nutzwärme und Stromverbrauch über den Lebenszyklus angeführt. Neben den direkten Emissionen der Feuerungsanlage wie Stickoxide (NO_x), flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) mit Methan (CH_4) und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen (NMVOC), Lachgas (N_2O), Schwefeldioxid (SO_2) und Staub, werden auch das Gewicht der Feuerungsanlage mit den verwendeten Materialien und Zukaufteilen, sowie das Volumen der verpackten Feuerungsanlage angegeben.

Die Designvarianten sind die 4 Kessel und 2 Öfen des Base Case, definiert als Best Available Technology (BAT) zusätzlich mit Zugbegrenzer, Elektrofilter oder Brennwert-Wärmetauscher (Brennwert-WT). Die Designvarianten zeigen zum Base Case Unterschiede beim Jahresnutzungsgrad (JNG), dem Gesamtgewicht der Feuerungsanlage, dem Strombedarf und den direkten Emissionen der Feuerungsanlage (VOC- und Staub-Emissionen).

Für die DV werden jeweils 4 Kessel und 2 Öfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Scheitholz, Pellets, Hackgut) untersucht. Die Feuerungsanlagen, die Pellets verwenden, werden für 2 unterschiedliche Arten der Holzgewinnung (Pellets aus der Durchforstung (D) und Pellets aus Sägenebenprodukten (SNP)) ökologisch bewertet. Folgende Feuerungsanlagen werden betrachtet:

- Scheitholz-Naturzug (SH-Kessel NZ)
- Scheitholz-gebläseunterstützt (SH-Kessel SZ)
- Pelletskessel-D (P-Kessel (D))
- Pelletskessel-SNP (P-Kessel (SNP))
- Hackgutkessel (HG-Kessel)
- Pelletsofen-D (P-Ofen (D))
- Pelletsofen-SNP (P-Ofen (SNP))
- Scheitholzofen (SH-Ofen)

Die Grunddaten für die 4 DV-Kessel sind in Tabelle 41 und für die 2 DV-Öfen in Tabelle 42 dargestellt (siehe auch Kapitel „3 Definition des Base Case“).

Tabelle 41: Grunddaten Designvariante–Kessel

		DV-Kessel			
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel
Designvariante: BAT mit		Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer	Brennwert-WT und Elektrofilter	Brennwert-WT und Elektrofilter
Brennstoff (B)		Scheitholz	Scheitholz	Pellets*	Hackgut
Kenndaten:					
Wassergehalt von B	%	20	20	8	35
Nennwärmeleistung	kW	26	26	19	47
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20	20
Betriebsstunden	h/a	1.500	1.500	1.500	1.500
JNG der Feuerungsanlage	%	72%	81%	85%	84%
Nutzwärme über den Lebenszyklus	MWh	780	780	570	1.410
Stromverbrauch über den Lebenszyklus	kWh	0	3.900	4.560	9.870
Luft-Emissionen:					
NO _x	mg/MJ	90	87	79	102
VOC mit	mg/MJ	10	4	1	1
CH ₄	mg/MJ	3	1	0,2	0,5
NM VOC	mg/MJ	7	3	0,8	0,5
N ₂ O	mg/MJ	2,2	2,2	2,4	2,1
SO ₂	mg/MJ	6	6	4	7
Staub	mg/MJ	5	7	1	2
Materialien und Zukaufteile:					
Gesamtgewicht inkl. Verpackung	kg	455	624	438	753
Edelstahl/Hitzebeständiger Stahl	kg	0	36,6	9,2	16,8
Stahlblech	kg	325,6	425,8	266,4	548,8
Stahlprofile, -rohre	kg	45,2	0	43,6	74,9
Guss	kg	13,3	7,8	18,8	26,6
Aluminiumblech	kg	0	0	0	1,4
Aluminiumdruckguss	kg	0	1,2	7,6	25,9
Kupferrohre, -blech	kg	2,2	3,0	0	4,9
Kupferdrähte, -kabel	kg	0	1,7	0,5	5,4
Kunststoffe	kg	0,4	1,2	2,4	2,1
Beschichtung	kg	0,4	2,4	2,4	2,1
Elektronik gesamt	kg	0	0,5	1,7	3,3
Glas- /Steinwolle	kg	9,9	21,0	14,8	2,8
Vermiculite	kg	5,2	5,4	6,4	0
Keramikfaser	kg	0,4	3,0	3,6	13,3
Keramiken/Feuerfestmaterialien	kg	32,3	94,8	37,2	0
Kunststoffe (Verpackung)	kg	1,0	1,0	0,9	1,0
Karton	kg	1,0	1,0	2,1	2,3
Papier	kg	0,3	0,3	0,2	0,3
Holz	kg	17,7	17,7	20,0	21,5
Volumen der verpackten Feuerungsanlage	m³	1,5	1,5	1,3	1,8

* aus Durchforstung (D) und aus Sägenebenprodukten (SNP)

Tabelle 42: Grunddaten Designvariante–Ofen

		DV-Ofen	
		P-Ofen	SH-Ofen
Designvariante: BAT mit		Elektrofilter und Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer
Brennstoff (B)		Pellets*	Scheitholz
Kenndaten:			
Wassergehalt von B	%	8	20
Nennwärmeleistung	kW	8	8
Nutzungsdauer	Jahre	20	20
Betriebsstunden	h/a	1.000	1.000
JNG der Feuerungsanlage	%	81%	69%
Nutzwärme über den Lebenszyklus	MWh	160	160
Stromverbrauch über den Lebenszyklus	kWh	1.600	640
Luft-Emissionen:			
NO _x	mg/MJ	82	71
VOC mit	mg/MJ	5	19
CH ₄	mg/MJ	0,9	5,7
NM VOC	mg/MJ	4,2	13,3
N ₂ O	mg/MJ	2,4	2,2
SO ₂	mg/MJ	4	6
Staub	mg/MJ	5	5
Materialien und Zukaufteile:			
Gesamtgewicht inkl. Verpackung	kg	148	127
Edelstahl/Hitzebeständiger Stahl	kg	1,0	0
Stahlblech	kg	139,1	74,0
Aluminiumblech	kg	0	3,1
Kupferdrähte, -kabel	kg	0,5	0,5
Glas	kg	0,4	0
Kunststoffe	kg	0,6	0,5
Beschichtung	kg	0,4	1,1
Elektronik gesamt	kg	1,1	0,5
Refractories/chamotte	kg	1,0	12,0
Verkleidung (Speckstein)	kg	0	31,0
Kunststoffe (Verpackung)	kg	0,1	0,1
Karton	kg	1,0	1,0
Holz	kg	3,0	3,0
Volumen der verpackten Feuerungsanlage	m³	0,4	0,4

* aus Durchforstung (D) und aus Sägenebenprodukten (SNP)

7.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse für die Designvarianten (DV) der 6 Feuerungsanlagen für den kumulierten Primärenergieverbrauch und die Luft-Emissionen aufgeteilt nach den Lebenszyklusphasen dargestellt. Die Designvarianten (DV) unterscheiden sich vom BC durch den Einbau von zusätzlichen Komponenten wie Zugbegrenzer, Elektrofilter oder Brennwert-Wärmetauscher, die zu einer Erhöhung des Jahresnutzungsgrades, des Gesamtgewichtes der Feuerungsanlage und des Strombedarfs (Ausnahme „SH-Kessel NZ“) führen und die direkten Emissionen der Feuerungsanlage (z.B. VOC- und Staub-Emissionen) senken.

1. Primärenergieverbrauch

Die Ergebnisse für den kumulierten Primärenergieverbrauch (KEV) sind in Tabelle 43 für die DV der Kessel und Öfen angegeben. Abbildung 27 zeigt den gesamten KEV und in den 3 Lebenszyklusphasen. Die Ergebnisse zeigen wieder den größten Anteil für alle Feuerungsanlagen in der Nutzungsphase und, wie aus Abbildung 28 ersichtlich, trägt die Bereitstellung von Brennstoff 98-99% zum gesamten KEV bei. Die anderen Lebenszyklusphasen wie Errichtung und Entsorgung sind im Vergleich dazu vernachlässigbar (<1%).

Der spezifische KEV für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge beträgt:

- **HG-Kessel** 1.279 kWh/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 1.305 kWh/MWh_{NW} (+2%)
- **SH-Kessel NZ** 1.454 kWh/MWh_{NW} (+14%)
- **SH-Ofen** 1.526 kWh/MWh_{NW} (+19%)
- **P-Kessel (SNP)** 1.530 kWh/MWh_{NW} (+20%)
- **P-Kessel (D)** 1.580 kWh/MWh_{NW} (+24%)
- **P-Ofen (SNP)** 1.613 kWh/MWh_{NW} (+26%)
- **P-Ofen (D)** 1.666 kWh/MWh_{NW} (+30%)

Damit hat der „HG-Kessel“ wieder den niedrigsten spezifischen KEV und die Feuerungsanlagen mit Pellets den höchsten, wobei bei den DV die Öfen höher liegen als die Kessel. Der spezifische KEV der DV sinkt im Vergleich zum BC um 3-7%.

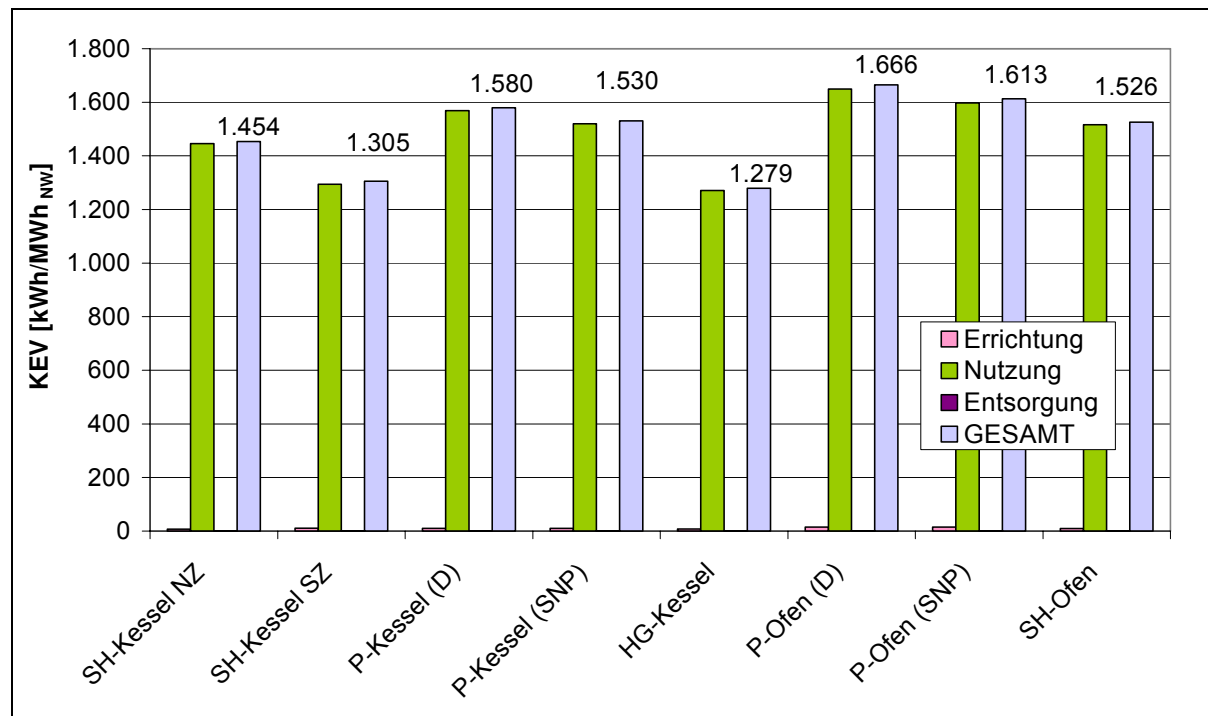


Abbildung 27: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch der Designvarianten für die Kessel und Öfen

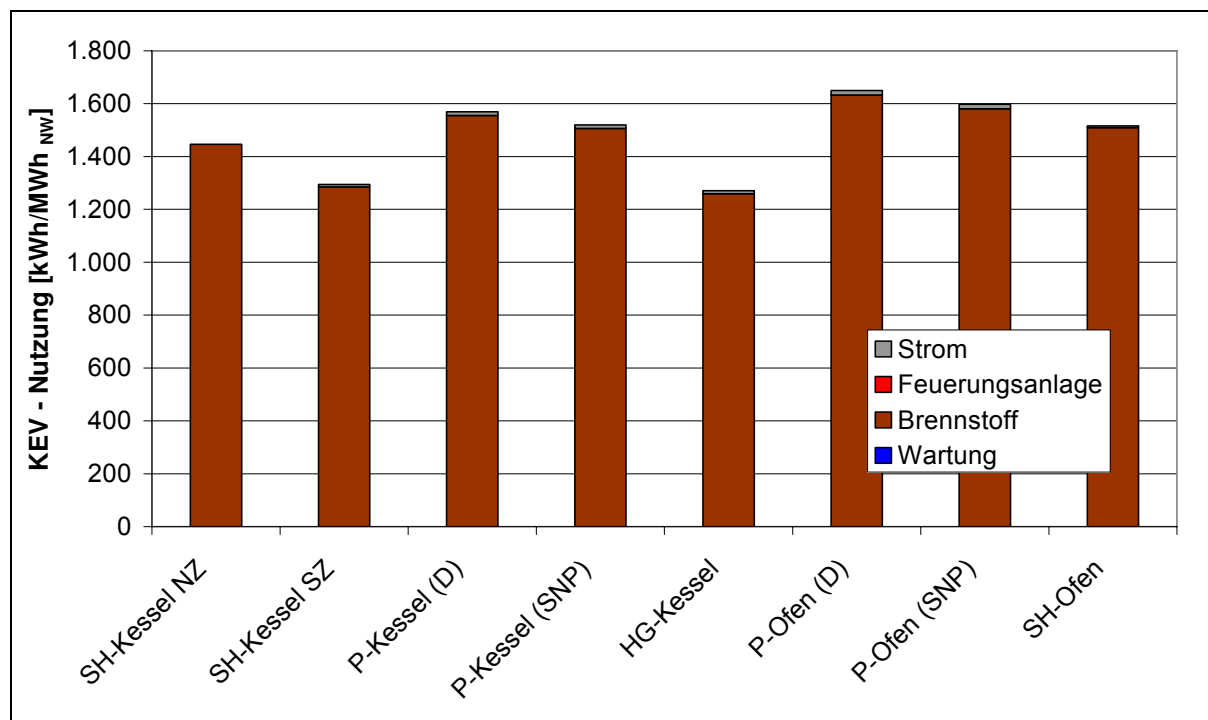


Abbildung 28: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch der Designvarianten in der Nutzungsphase

Tabelle 43: Kumulierter Primärenergieverbrauch der Designvarianten für die Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Kumulierter Primärenergieverbrauch														
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	GJ	13	7	1	21	0,3	4.060	0	0	4.061	2	0,1	2	4.083
SH-Kessel SZ	GJ	20	10	1	30	0,4	3.609	0	24	3.633	2	0,1	2	3.666
P-Kessel (D)	GJ	14	6	1	21	0,3	3.192	0	28	3.220	2	0,2	2	3.242
P-Kessel (SNP)	GJ	14	6	1	21	0,3	3.090	0	28	3.118	2	0,2	2	3.140
HG-Kessel	GJ	26	12	1	40	0,5	6.390	0	60	6.451	3	0,3	3	6.493
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	GJ	5	3	0	9	0,2	940	0	10	950	1	0,1	0,5	959
P-Ofen (SNP)	GJ	5	3	0	9	0,2	910	0	10	920	1	0,1	0,5	929
SH-Ofen	GJ	3	2	0	5	0,2	869	0	4	873	0,5	0,0	0,4	879
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	kWh/MWh _{NW}	5	2	0	7	0,1	1.446	0	0	1.446	1	0,0	1	1.454
SH-Kessel SZ	kWh/MWh _{NW}	7	3	0	11	0,1	1.285	0	8	1.294	1	0,0	1	1.305
P-Kessel (D)	kWh/MWh _{NW}	7	3	0	10	0,2	1.556	0	14	1.569	1	0,1	1	1.580
P-Kessel (SNP)	kWh/MWh _{NW}	7	3	0	10	0,2	1.506	0	14	1.520	1	0,1	1	1.530
HG-Kessel	kWh/MWh _{NW}	5	2	0	8	0,1	1.259	0	12	1.271	1	0,1	0,5	1.279
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	kWh/MWh _{NW}	9	5	0	15	0,3	1.632	0	17	1.650	1	0,1	1	1.666
P-Ofen (SNP)	kWh/MWh _{NW}	9	5	0	15	0,3	1.580	0	17	1.598	1	0,1	1	1.613
SH-Ofen	kWh/MWh _{NW}	6	3	0	9	0,3	1.509	0	7	1.516	1	0,1	1	1.526
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	0,3%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
SH-Kessel SZ	%	0,5%	0,3%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	1%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Kessel (D)	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	1%	99%	0,1%	0,0%	0,0%	100%
P-Kessel (SNP)	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	1%	99%	0,1%	0,0%	0,0%	100%
HG-Kessel	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	1%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	%	1%	0,3%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	1%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Ofen (SNP)	%	1%	0,3%	0,0%	1%	0,0%	98%	0%	1%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
SH-Ofen	%	0,4%	0,2%	0,0%	1%	0,0%	99%	0%	0,4%	99%	0,1%	0,0%	0,0%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

2. Treibhausgas-Emissionen

Die Treibhausgas- (THG) Emissionen sind in Tabelle 44 für die DV der Kessel und Öfen angegeben. Abbildung 29 zeigt die gesamten THG-Emissionen und in den 3 Lebenszyklusphasen. Die Ergebnisse zeigen wieder, dass der größte Anteil zu den THG-Emissionen für alle Feuerungsanlagen die Nutzungsphase mit 83-93% und, wie aus Abbildung 30 ersichtlich, die Bereitstellung von Brennstoff (60-82%) liefert. Der Anteil der anderen Lebenszyklusphasen liegt bei 6-15% für die Errichtung und bei <1% für die Entsorgung.

Die spezifischen THG-Emissionen für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge betragen:

- **SH-Kessel NZ** 18 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 19 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+2%)
- **SH-Ofen** 21 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+14%)
- **HG-Kessel** 22 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+23%)
- **P-Kessel (SNP)** 33 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+81%)
- **P-Ofen (SNP)** 36 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+98%)
- **P-Kessel (D)** 44 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+139%)
- **P-Ofen (D)** 47 kg CO₂-Äq./MWh_{NW} (+158%)

Damit haben bei den DV der „SH-Kessel NZ“ die niedrigsten spezifischen THG-Emissionen und die Feuerungsanlagen mit Pellets wieder die höchsten (aus Durchforstung höher als aus Sägenebenprodukten und Ofen höher als Kessel). Die Reihenfolge ist bis auf den „SH-Kessel NZ“, der an die erste Stelle rückt, gleich wie beim BC. Die spezifischen THG-Emissionen sinken im Vergleich zum BC um 0-8%.

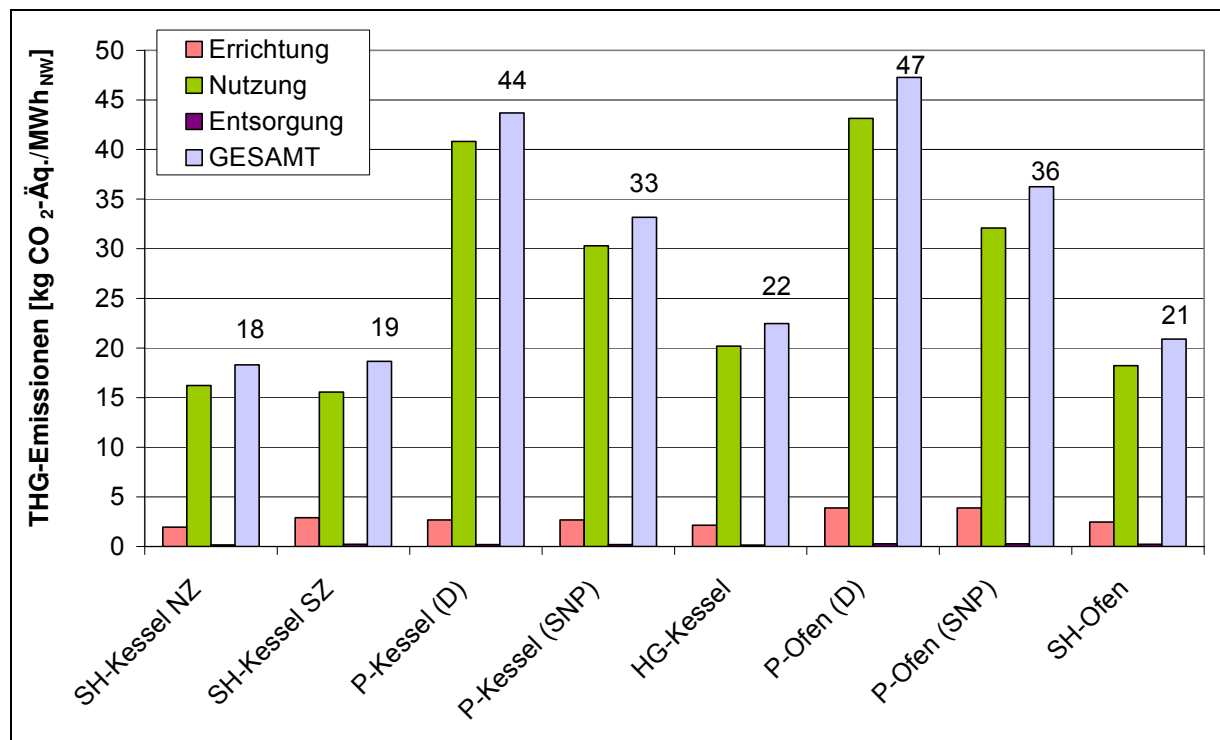


Abbildung 29: Spezifische Treibhausgas-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen

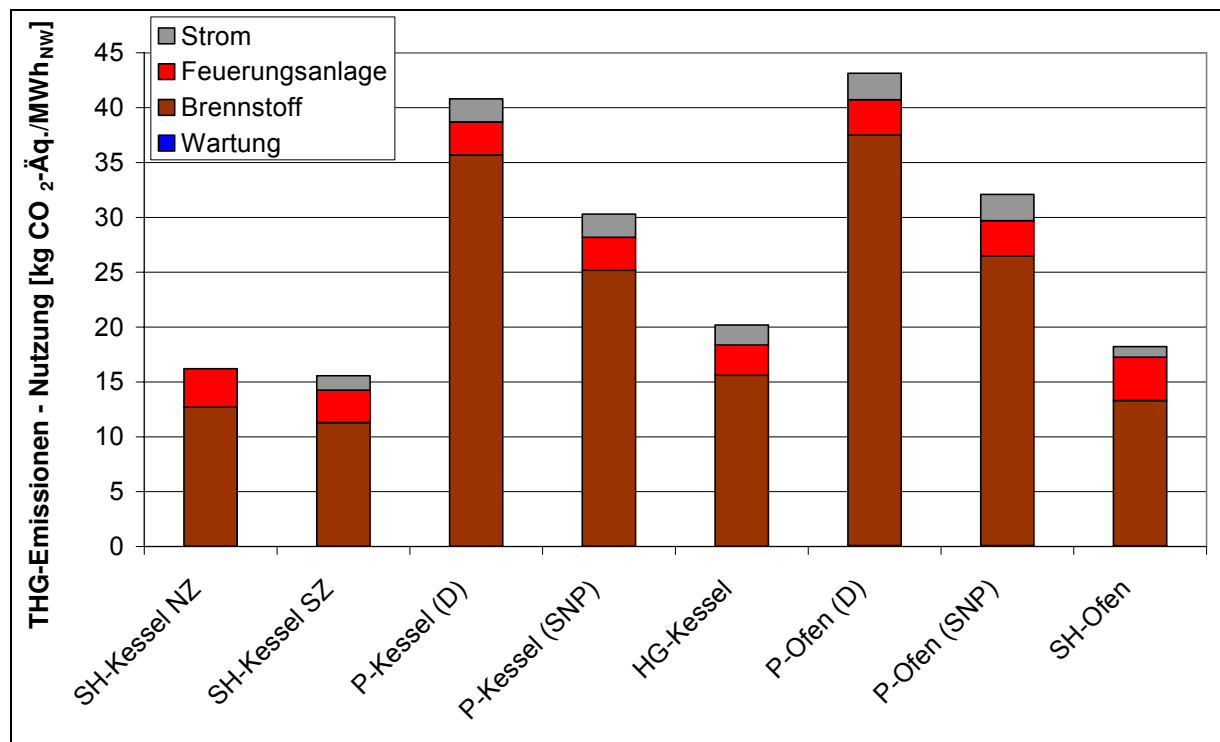


Abbildung 30: Spezifische Treibhausgas-Emissionen der Designvarianten in der Nutzungsphase

Tabelle 44: Treibhausgas-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Treibhausgas-Emissionen														
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	kg CO ₂ -Äq.	1.058	414	45	1.516	23	9.888	2.730	0	12.641	123	5	117	14.275
SH-Kessel SZ	kg CO ₂ -Äq.	1.633	562	61	2.256	30	8.789	2.296	1.024	12.140	171	9	162	14.558
P-Kessel (D)	kg CO ₂ -Äq.	1.109	374	43	1.527	23	20.323	1.716	1.198	23.260	131	15	117	24.903
P-Kessel (SNP)	kg CO ₂ -Äq.	1.109	374	43	1.527	23	14.332	1.716	1.198	17.269	131	15	117	18.912
HG-Kessel	kg CO ₂ -Äq.	2.225	721	74	3.020	38	21.971	3.876	2.593	28.478	215	16	198	31.696
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	kg CO ₂ -Äq.	430	175	15	619	15	5.986	516	384	6.901	47	4	43	7.563
P-Ofen (SNP)	kg CO ₂ -Äq.	430	175	15	619	15	4.222	516	384	5.136	47	4	43	5.798
SH-Ofen	kg CO ₂ -Äq.	280	101	12	394	13	2.116	632	154	2.915	39	3	36	3.345
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	1	1	0,1	2	0,0	13	4	0	16	0,2	0,0	0,2	18
SH-Kessel SZ	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	3	0,0	11	3	1	16	0,2	0,0	0,2	19
P-Kessel (D)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	3	0,0	36	3	2	41	0,2	0,0	0,2	44
P-Kessel (SNP)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	3	0,0	25	3	2	30	0,2	0,0	0,2	33
HG-Kessel	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	0,5	0,1	2	0,0	16	3	2	20	0,2	0,0	0,1	22
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	3	1	0,1	4	0,1	37	3	2	43	0,3	0,0	0,3	47
P-Ofen (SNP)	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	3	1	0,1	4	0,1	26	3	2	32	0,3	0,0	0,3	36
SH-Ofen	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	2	1	0,1	2	0,1	13	4	1	18	0,2	0,0	0,2	21
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	7%	3%	0,3%	11%	0,2%	69%	19%	0%	89%	1%	0,0%	1%	100%
SH-Kessel SZ	%	11%	4%	0,4%	15%	0,2%	60%	16%	7%	83%	1%	0,1%	1%	100%
P-Kessel (D)	%	4%	2%	0,2%	6%	0,1%	82%	7%	5%	93%	1%	0,1%	0,5%	100%
P-Kessel (SNP)	%	6%	2%	0,2%	8%	0,1%	76%	9%	6%	91%	1%	0,1%	1%	100%
HG-Kessel	%	7%	2%	0,2%	10%	0,1%	69%	12%	8%	90%	1%	0,1%	1%	100%
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	%	6%	2%	0,2%	8%	0,2%	79%	7%	5%	91%	1%	0,1%	1%	100%
P-Ofen (SNP)	%	7%	3%	0,3%	11%	0,3%	73%	9%	7%	89%	1%	0,1%	1%	100%
SH-Ofen	%	8%	3%	0,4%	12%	0,4%	63%	19%	5%	87%	1%	0,1%	1%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

3. Versauerungspotential

Das Versauerungspotential (VP) ist in Tabelle 45 für die DV der Kessel und Öfen angegeben. Abbildung 31 zeigt das gesamte VP und in den 3 Lebenszyklusphasen und in Abbildung 32 für die Nutzungsphase. Die Ergebnisse zeigen wie im BC, dass der größte Anteil für alle Feuerungsanlagen wieder die Nutzungsphase mit 97-99% hat. Der Anteil der Feuerungsanlage liegt bei Scheitholz und Hackgut bei 70-75% am gesamten VP, bei Pellets aus Sägenebenprodukten bei 51% und Pellets aus der Durchforstung bei 43% liegt. Damit liegt der Anteil des Brennstoffs bei Feuerungsanlagen mit Pellets bei annähernd 50%. Der Anteil der anderen Lebenszyklusphasen liegt für die Errichtung bei 1-3% und für die Entsorgung bei <1%.

Das spezifische VP für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge beträgt:

- **SH-Kessel SZ** 408 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Ofen** 415 kg SO₂-Äq./MWh_{NW}(+2%)
- **SH-Kessel NZ** 459 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+12%)
- **HG-Kessel** 479 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+17%)
- **P-Kessel (SNP)** 493 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+21%)
- **P-Ofen (SNP)** 533 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+31%)
- **P-Kessel (D)** 587 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+44%)
- **P-Ofen (D)** 631 kg SO₂-Äq./MWh_{NW} (+55%)

Damit hat bei den DV der „SH-Kessel SZ“ das niedrigste spezifische VP und die Feuerungsanlagen mit Pellets aus Durchforstung wie im BC das höchste. Die Reihenfolge ist bis auf den „SH-Kessel SZ“, der an die erste Stelle rückt, gleich wie beim BC. Das spezifische VP sinkt im Vergleich zum BC um 3-7%.

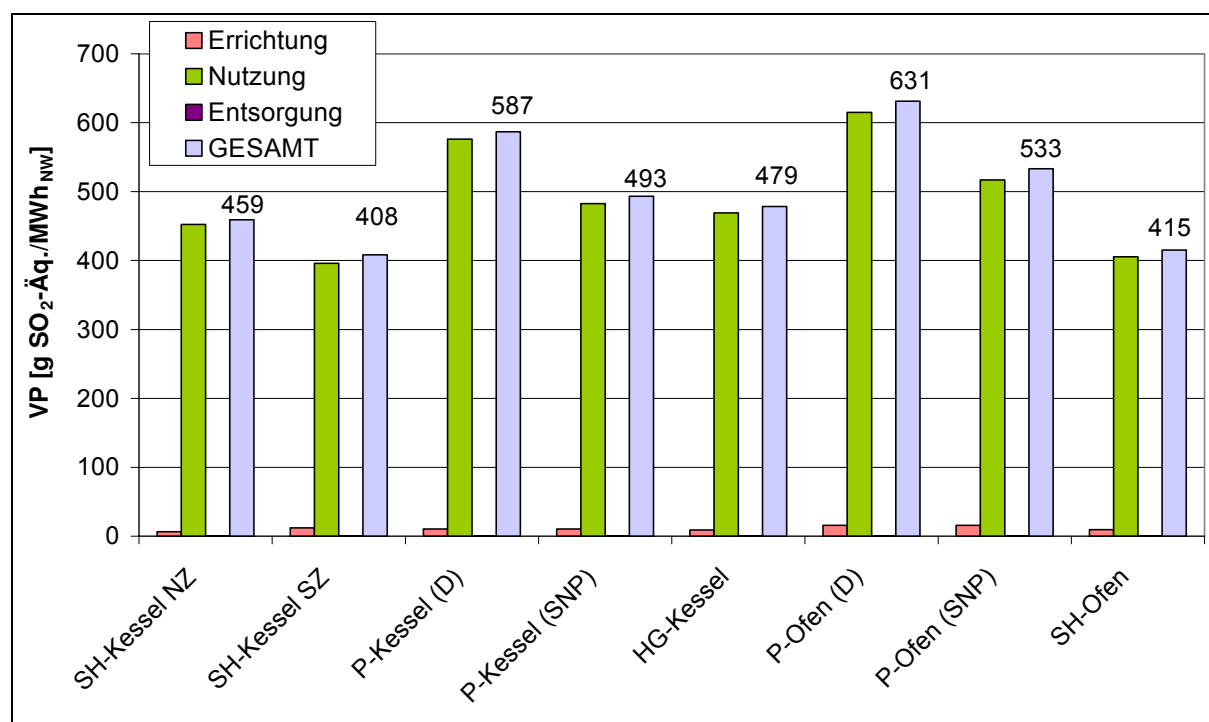


Abbildung 31: Spezifisches Versauerungspotential der Designvarianten für Kessel und Öfen

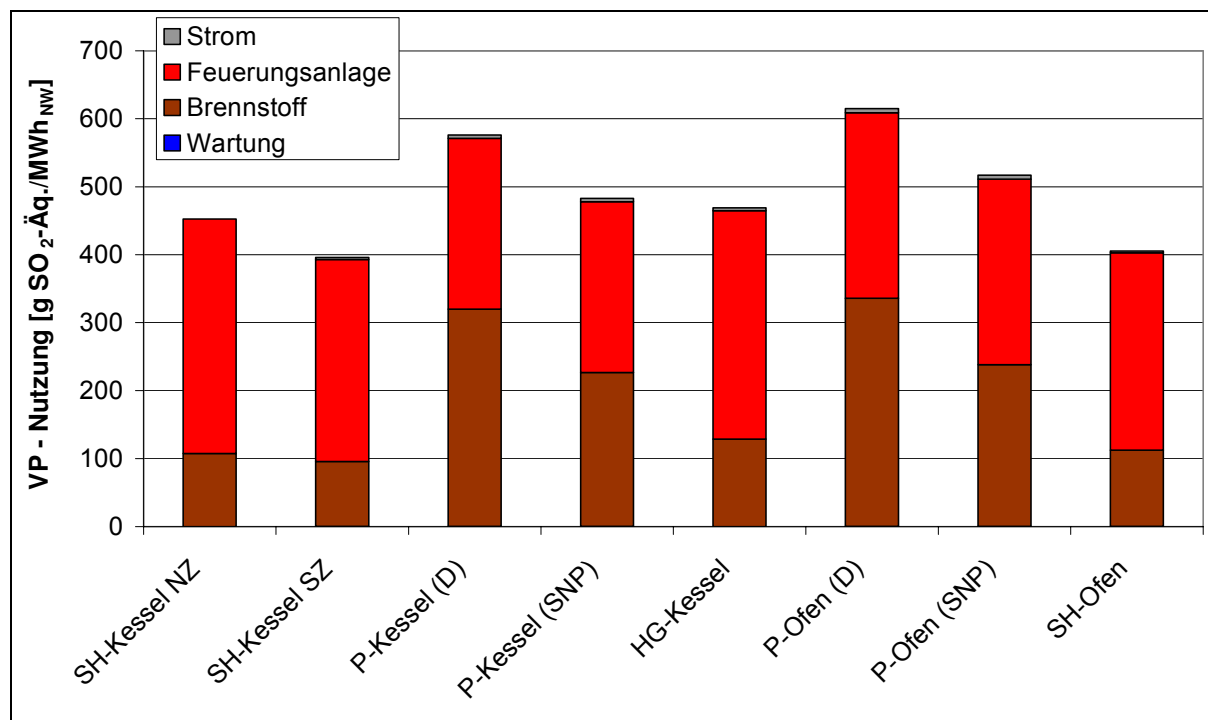


Abbildung 32: Spezifisches Versauerungspotential in der Nutzungsphase

Tabelle 45: Versauerungspotential der Designvarianten für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Versauerungspotential														
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	g SO ₂ -Äq.	2.794	1.881	278	4.953	72	83.784	269.100	0	352.964	241	7	234	358.151
SH-Kessel SZ	g SO ₂ -Äq.	6.392	2.594	382	9.367	115	74.474	231.920	2.365	308.882	335	10	325	318.574
P-Kessel (D)	g SO ₂ -Äq.	3.888	1.724	268	5.880	82	182.370	143.157	2.766	328.378	258	15	243	334.501
P-Kessel (SNP)	g SO ₂ -Äq.	3.888	1.724	268	5.880	82	129.139	143.157	2.766	275.148	258	15	243	281.270
HG-Kessel	g SO ₂ -Äq.	9.059	3.376	460	12.896	149	181.521	473.760	5.986	661.430	422	15	407	674.732
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	g SO ₂ -Äq.	1.629	819	90	2.538	52	53.719	43.662	970	98.405	85	3	82	101.025
P-Ofen (SNP)	g SO ₂ -Äq.	1.629	819	90	2.538	52	38.040	43.662	970	82.725	85	3	82	85.345
SH-Ofen	g SO ₂ -Äq.	1.003	460	77	1.541	42	17.934	46.497	388	64.862	71	3	68	66.471
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	4	2	0,4	6	0,1	107	345	0	453	0,3	0,0	0,3	459
SH-Kessel SZ	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	8	3	0,5	12	0,1	95	297	3	396	0,4	0,0	0,4	408
P-Kessel (D)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	7	3	0,5	10	0,1	320	251	5	576	0,5	0,0	0,4	587
P-Kessel (SNP)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	7	3	0,5	10	0,1	227	251	5	483	0,5	0,0	0,4	493
HG-Kessel	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	6	2	0,3	9	0,1	129	336	4	469	0,3	0,0	0,3	479
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	10	5	0,6	16	0,3	336	273	6	615	0,5	0,0	0,5	631
P-Ofen (SNP)	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	10	5	0,6	16	0,3	238	273	6	517	0,5	0,0	0,5	533
SH-Ofen	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	6	3	0,5	10	0,3	112	291	2	405	0,4	0,0	0,4	415
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	1%	1%	0,1%	1%	0,0%	23%	75%	0%	99%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
SH-Kessel SZ	%	2%	1%	0,1%	3%	0,0%	23%	73%	1%	97%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Kessel (D)	%	1%	1%	0,1%	2%	0,0%	55%	43%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Kessel (SNP)	%	1%	1%	0,1%	2%	0,0%	46%	51%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
HG-Kessel	%	1%	1%	0,1%	2%	0,0%	27%	70%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	%	2%	1%	0,1%	3%	0,1%	53%	43%	1%	97%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
P-Ofen (SNP)	%	2%	1%	0,1%	3%	0,1%	45%	51%	1%	97%	0,1%	0,0%	0,1%	100%
SH-Ofen	%	2%	1%	0,1%	2%	0,1%	27%	70%	1%	98%	0,1%	0,0%	0,1%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

4. Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen

Die flüchtigen Kohlenwasserstoff- (VOC) Emissionen sind in Tabelle 46 für DV der Kessel und Öfen angegeben. Abbildung 33 zeigt die gesamten VOC-Emissionen und in den 3 Lebenszyklusphasen. Die Ergebnisse zeigen den größten Anteil für alle Feuerungsanlagen wieder in der Nutzungsphase mit 97-100%. Wie im BC dominiert je nach Feuerungsanlage die Bereitstellung von Brennstoff (Feuerungsanlagen mit Pellets) oder die Feuerungsanlage (Feuerungsanlagen mit Scheitholz), wie Abbildung 34 zeigt. Beim „HG-Kessel“ hat neben dem Anteil für die Bereitstellung von Brennstoff mit 49%, die Bereitstellung von Strom mit 31% einen großen Anteil. Der Anteil für die Bereitstellung Strom für die restlichen Feuerungsanlagen liegt bei 4-17%. Der Anteil der anderen Lebenszyklusphasen wie Errichtung (1-3%) und Entsorgung (<1%) ist im Vergleich dazu vernachlässigbar.

Die spezifischen VOC-Emissionen für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge betragen:

- **HG-Kessel** 24 g/MWh_{NW} (Basis)
- **SH-Kessel SZ** 31 g/MWh_{NW} (+32%)
- **SH-Kessel NZ** 59 g/MWh_{NW} (+148%)
- **P-Kessel (SNP)** 85 g/MWh_{NW} (+262%)
- **P-Kessel (D)** 90 g/MWh_{NW} (+281%)
- **P-Ofen (SNP)** 109 g/MWh_{NW} (+361%)
- **SH-Ofen** 112 g/MWh_{NW} (+376%)
- **P-Ofen (D)** 113 g/MWh_{NW} (+381%)

Damit hat der „HG-Kessel“ wie im BC die niedrigsten spezifischen VOC-Emissionen für die DV aber der „P-Ofen“ die höchsten (ca. 4-mal höher). Die Öfen liegen für die DV insgesamt höher als die Kessel. Die VOC-Emissionen steigen für den „HG-Kessel“ für die DV um 4% im Vergleich zum BC. Für die P-Öfen bleiben sie gleich, und für die P-Kessel sinken sie um 4%. Für die Feuerungsanlagen mit Scheitholz sinken sie um 23-64%. Dadurch ist der Unterschied zwischen der Feuerungsanlage mit den höchsten und der mit den niedrigsten spezifischen VOC-Emissionen geringer als beim BC.

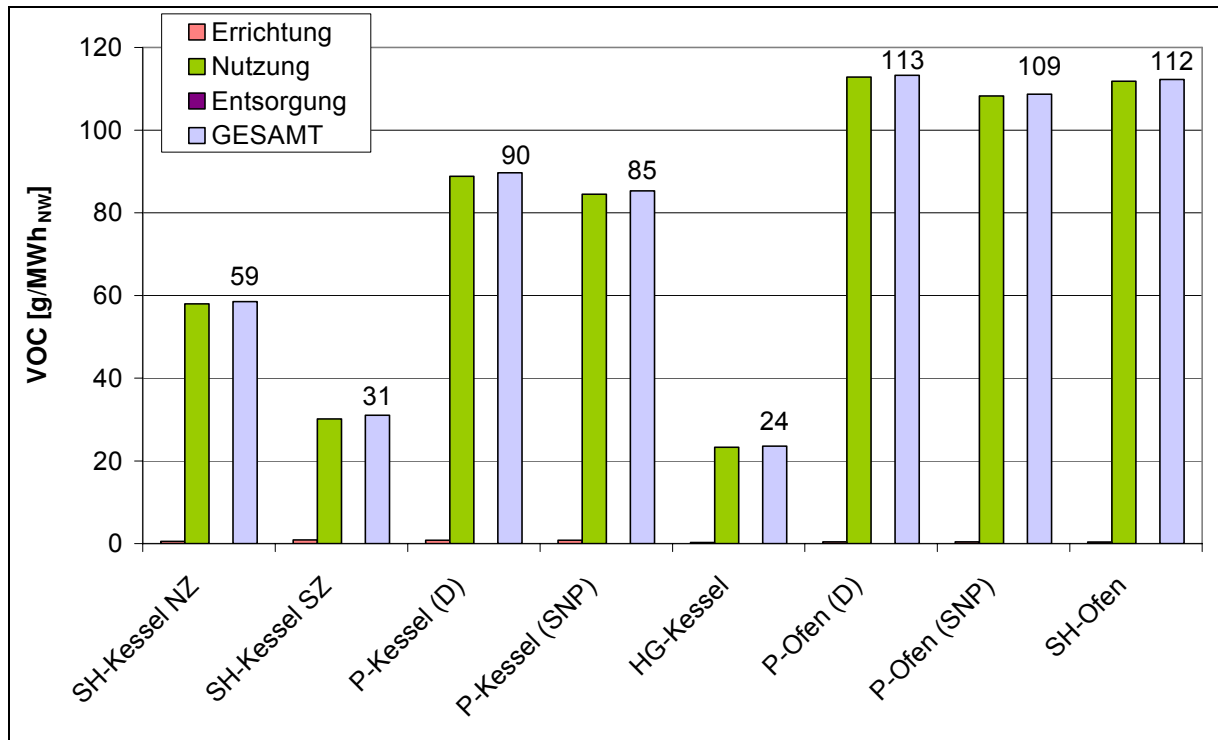


Abbildung 33: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen

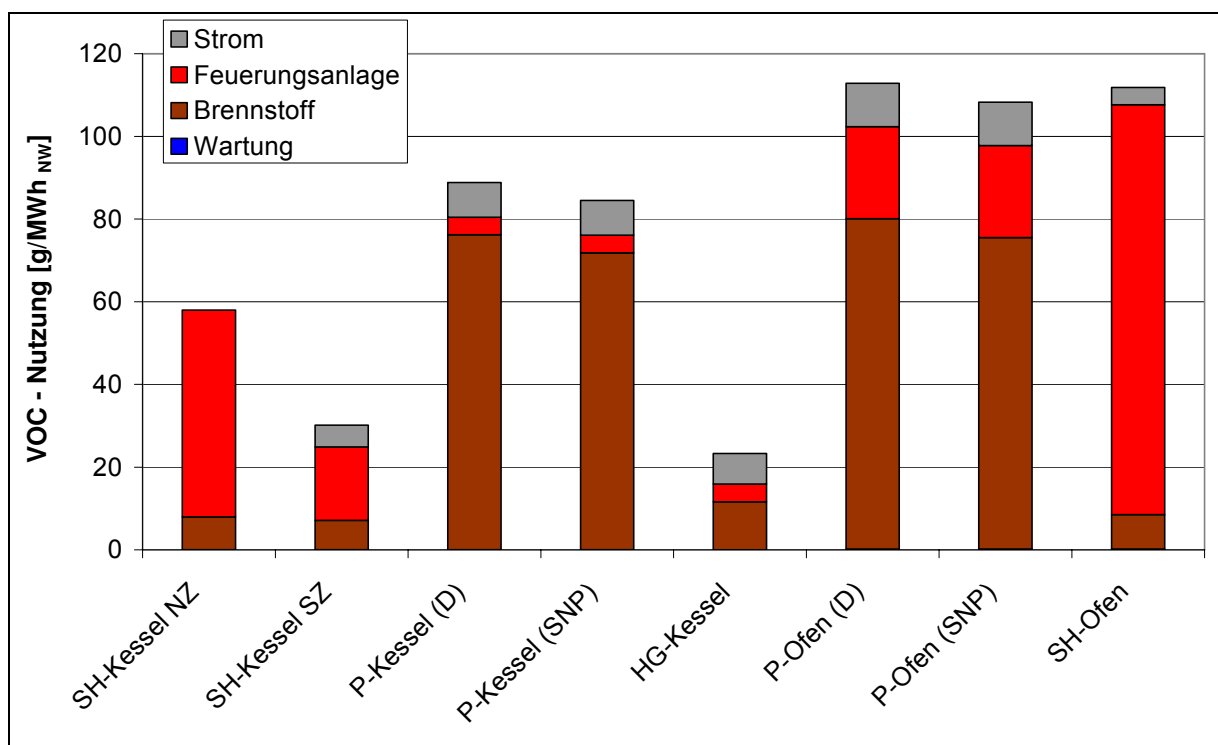


Abbildung 34: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen in der Nutzungsphase

Tabelle 46: Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen														
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	g	183	31	180	394	33	6.211	39.000	0	45.244	7	0,1	6	45.645
SH-Kessel SZ	g	402	35	246	684	35	5.521	13.867	4.093	23.516	9	0,2	9	24.209
P-Kessel (D)	g	266	30	173	469	33	43.404	2.414	4.786	50.638	7	0,4	6	51.113
P-Kessel (SNP)	g	266	30	173	469	33	40.919	2.414	4.786	48.153	7	0,4	6	48.628
HG-Kessel	g	61	48	297	406	32	16.371	6.043	10.359	32.805	11	0,5	11	33.221
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	g	3	5	58	67	31	12.785	3.556	1.679	18.051	2	0,1	2	18.120
P-Ofen (SNP)	g	3	5	58	67	31	12.053	3.556	1.679	17.319	2	0,1	2	17.388
SH-Ofen	g	10	3	50	63	31	1.329	15.861	672	17.893	2	0,1	2	17.958
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	g/MWh _{NW}	0,2	0,0	0,2	1	0,0	8	50,0	0	58	0,0	0,0	0,0	59
SH-Kessel SZ	g/MWh _{NW}	1	0,0	0,3	1	0,0	7	17,8	5,2	30	0,0	0,0	0,0	31
P-Kessel (D)	g/MWh _{NW}	0,5	0,1	0,3	1	0,1	76	4,2	8,4	89	0,0	0,0	0,0	90
P-Kessel (SNP)	g/MWh _{NW}	0,5	0,1	0,3	1	0,1	72	4,2	8,4	84	0,0	0,0	0,0	85
HG-Kessel	g/MWh _{NW}	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	12	4,3	7,3	23	0,0	0,0	0,0	24
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	g/MWh _{NW}	0,0	0,0	0,4	0,4	0,2	80	22	10	113	0,0	0,0	0,0	113
P-Ofen (SNP)	g/MWh _{NW}	0,0	0,0	0,4	0,4	0,2	75	22	10	108	0,0	0,0	0,0	109
SH-Ofen	g/MWh _{NW}	0,1	0,0	0,3	0,4	0,2	8	99	4	112	0,0	0,0	0,0	112
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	0,4%	0,1%	0,4%	1%	0,1%	14%	85%	0%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
SH-Kessel SZ	%	2%	0,1%	1%	3%	0,1%	23%	57%	17%	97%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Kessel (D)	%	1%	0,1%	0,3%	1%	0,1%	85%	5%	9%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Kessel (SNP)	%	1%	0,1%	0,4%	1%	0,1%	84%	5%	10%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
HG-Kessel	%	0,2%	0,1%	1%	1%	0,1%	49%	18%	31%	99%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	%	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,2%	71%	20%	9%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
P-Ofen (SNP)	%	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,2%	69%	20%	10%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
SH-Ofen	%	0,1%	0,0%	0,3%	0,4%	0,2%	7%	88%	4%	100%	0,0%	0,0%	0,0%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

5. Staub-Emissionen

Die Staub-Emissionen sind in Tabelle 47 für die Designvarianten der Kessel und Öfen angegeben. Abbildung 35 zeigt die gesamten Staub-Emissionen sowie in den 3 Lebenszyklusphasen und Abbildung 36 in der Nutzungsphase. Den größten Anteil für alle Feuerungsanlagen hat die Nutzungsphase mit 60-76%. Die Anteile für die Errichtung liegen bei 17-29% und für die Entsorgung bei 6-11%. Der Anteil an der Nutzungsphase liegt für die Feuerungsanlagen mit Scheitholz bei 50-57% für die Feuerungsanlage; d.h. für die Bereitstellung von Brennstoff bei 18-24%. Für die restlichen Feuerungsanlagen mit Pellets und Hackgut liegt der Anteil für die Bereitstellung von Brennstoff (41-58%) über dem der Feuerungsanlage. Eine Ausnahme ist der „P-Ofen (SNP) mit einem Anteil der Bereitstellung von Brennstoff mit 29% und der Feuerungsanlage von 39%.

Die spezifischen Staub-Emissionen für die 6 Feuerungsanlagen in aufsteigender Reihenfolge betragen:

- **HG-Kessel** 31 g/MWh_{NW} (Basis)
- **P-Kessel (SNP)** 36 g/MWh_{NW} (+14%)
- **P-Kessel (D)** 46 g/MWh_{NW} (+47%)
- **SH-Kessel NZ** 47 g/MWh_{NW} (+51%)
- **SH-Ofen** 53 g/MWh_{NW} (+67%)
- **SH-Kessel SZ** 55 g/MWh_{NW} (+75%)
- **P-Ofen (SNP)** 57 g/MWh_{NW} (+82%)
- **P-Ofen (D)** 68 g/MWh_{NW} (+118%)

Damit haben bei den DV der „HG-Kessel“ die niedrigsten spezifischen Staub-Emissionen und der „P-Ofen (D)“ die höchsten. Durch die Verbesserungsmaßnahmen bei den DV reduzieren sich die Staub-Emissionen beim „HG-Kessel“ im Vergleich zum BC um 69%, beim „SH-Ofen“ um 60%, den Kesseln mit Pellets 53-59%, den Öfen mit Pellets um 41-45% und dem „SH-Kessel SZ“ um 40%. Beim „SH-Kessel NZ“, der keinen Elektrofilter hat, reduzieren sich die Staub-Emissionen im Vergleich zum BC um 27%. Damit steigt bei den DV der Anteil der Bereitstellung des Brennstoffes in der Nutzungsphase. Ebenso steigt bei den DV Anteil der Errichtung und Entsorgung im Vergleich zum BC.

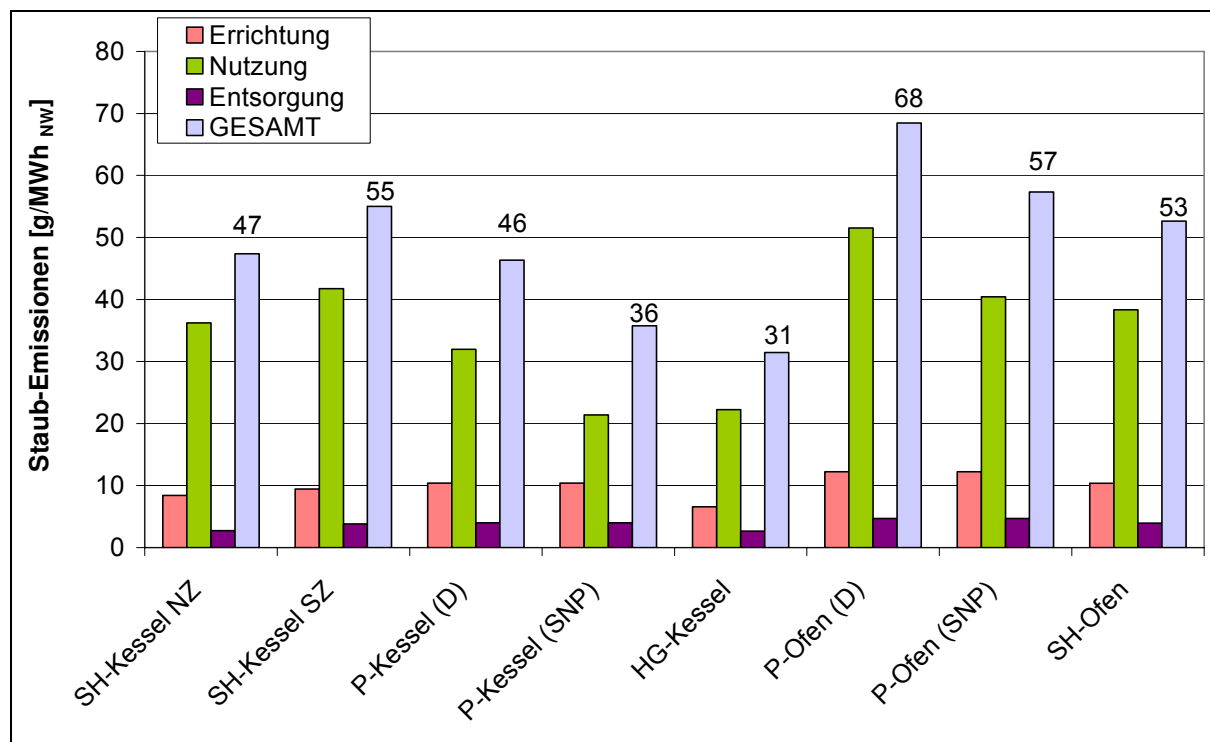


Abbildung 35: Spezifische Staub-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen

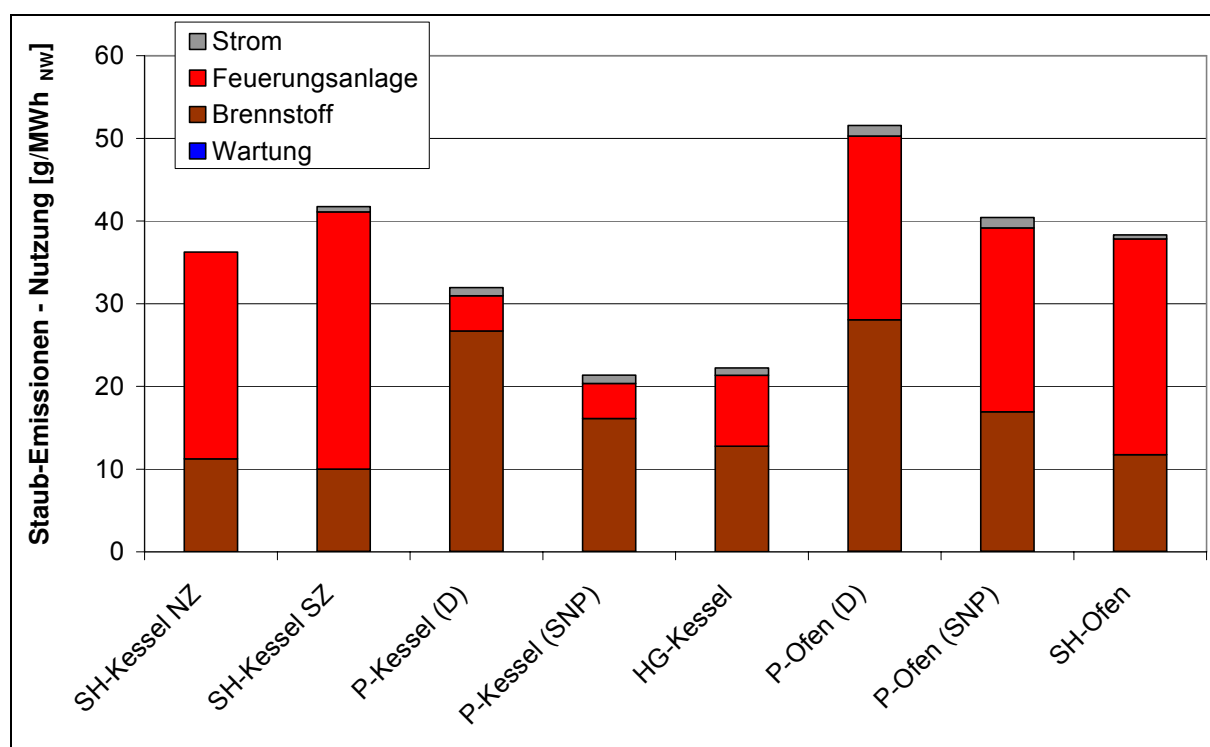


Abbildung 36: Spezifische Staub-Emissionen in der Nutzungsphase

Tabelle 47: Staub-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen

Lebenszyklusphase -->		ERRICHTUNG				NUTZUNG					ENTSORGUNG			GESAMT
		Materialien	Zusammenbau	Transport	GESAMT	Wartung	Brennstoff	Feuerungsanlage	Strom	GESAMT	Verwertung	Recycling	GESAMT	
Staub-Emissionen														
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	g	1.338	5.216	15	6.569	21	8.743	19.500	0	28.264	2.139	2	2.137	36.971
SH-Kessel SZ	g	1.944	5.396	21	7.361	29	7.771	24.267	492	32.559	2.976	5	2.971	42.891
P-Kessel (D)	g	1.371	4.542	15	5.928	21	15.205	2.414	575	18.215	2.286	11	2.275	26.418
P-Kessel (SNP)	g	1.371	4.542	15	5.928	21	9.168	2.414	575	12.178	2.286	11	2.275	20.381
HG-Kessel	g	2.728	6.532	25	9.285	38	17.988	12.086	1.244	31.357	3.739	17	3.722	44.364
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	g	473	1.474	5	1.952	10	4.479	3.556	202	8.246	756	4	752	10.950
P-Ofen (SNP)	g	473	1.474	5	1.952	10	2.701	3.556	202	6.468	756	4	752	9.172
SH-Ofen	g	273	1.383	4	1.660	7	1.871	4.174	81	6.133	630	2	628	8.421
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	g/MWh _{NW}	2	7	0,0	8	0,0	11	25	0	36	3	0,0	3	47
SH-Kessel SZ	g/MWh _{NW}	2	7	0,0	9	0,0	10	31	1	42	4	0,0	4	55
P-Kessel (D)	g/MWh _{NW}	2	8	0,0	10	0,0	27	4	1	32	4	0,0	4	46
P-Kessel (SNP)	g/MWh _{NW}	2	8	0,0	10	0,0	16	4	1	21	4	0,0	4	36
HG-Kessel	g/MWh _{NW}	2	5	0,0	7	0,0	13	9	1	22	3	0,0	3	31
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	g/MWh _{NW}	3	9	0,0	12	0,1	28	22	1	52	5	0,0	5	68
P-Ofen (SNP)	g/MWh _{NW}	3	9	0,0	12	0,1	17	22	1	40	5	0,0	5	57
SH-Ofen	g/MWh _{NW}	2	9	0,0	10	0,0	12	26	1	38	4	0,0	4	53
DV-Kessel														
SH-Kessel NZ	%	4%	14%	0,0%	18%	0,1%	24%	53%	0%	76%	6%	0,0%	6%	100%
SH-Kessel SZ	%	5%	13%	0,0%	17%	0,1%	18%	57%	1%	76%	7%	0,0%	7%	100%
P-Kessel (D)	%	5%	17%	0,1%	22%	0,1%	58%	9%	2%	69%	9%	0,0%	9%	100%
P-Kessel (SNP)	%	7%	22%	0,1%	29%	0,1%	45%	12%	3%	60%	11%	0,1%	11%	100%
HG-Kessel	%	6%	15%	0,1%	21%	0,1%	41%	27%	3%	71%	8%	0,0%	8%	100%
DV-Ofen														
P-Ofen (D)	%	4%	13%	0,0%	18%	0,1%	41%	32%	2%	75%	7%	0,0%	7%	100%
P-Ofen (SNP)	%	5%	16%	0,1%	21%	0,1%	29%	39%	2%	71%	8%	0,0%	8%	100%
SH-Ofen	%	3%	16%	0,1%	20%	0,1%	22%	50%	1%	73%	7%	0,0%	7%	100%

0,0 .. Wert ist <0,1

0 .. Wert ist 0

8 Vergleich Base Case – Designvarianten

8.1 Lebenszykluskosten

Der Vergleich der LZK der DV mit dem des BC, wie in Tabelle 48 dargestellt, zeigt eine Erhöhung gegenüber den BC für die Anschaffung (Feuerungsanlage und Installation) und teilweise Reduktion für die Nutzung (Brennstoff, Strom, Wartung und Reparatur).

In der Anschaffung bleiben die spezifischen Kosten für die Installation für BC und DV gleich. Die spezifischen Kosten für die Feuerungsanlage steigen für die DV für den „SH-Kessel NZ“ um 4%, für den „SH-Kessel SZ“ um 12%, den „P-Ofen“ um 15%, den „HG-Kessel“ und „SH-Ofen“ um 22% und den „P-Kessel“ um 42% im Vergleich um BC.

In der Nutzung reduzieren sich die spezifischen Brennstoffkosten der DV im Vergleich zum BC für die Kessel und den „SH-Ofen“ um 6-7% und für den „P-Ofen“ um 4% aufgrund eines höheren Jahresnutzungsgrades für die DV. Die Brennstoffkosten haben den größten Einfluss (ca. 90%). Die spezifischen Stromkosten erhöhen sich für den „P-Kessel“ um 33%, den „HG-Kessel“ um 40%, sowie „SH-Kessel SZ“ und „P-Ofen“ um 67% (kein Strombedarf bei „SH-Kessel NZ“ und für BC „SH-Ofen“). Die spezifischen Kosten für Reparatur und Wartung erhöhen sich im Vergleich zum BC bei den DV-Kessel 9-17% (Ausnahme „SH-Kessel NZ“ 0%), für den „P-Ofen“ 58% und für den „SH-Ofen“ 174%.

Für den „SH-Kessel NZ“ ergibt sich mit 4% die größte Reduktion der LZK im Vergleich zum BC. Die Reduktion ergibt sich aus höheren spezifischen Kosten in der Anschaffung (+3%) durch den zusätzlichen Zugbegrenzer und niedrigeren Kosten in der Nutzungsphase (-5%) durch einen höheren Jahresnutzungsgrad (kein Strom, Reparatur und Wartung wie im BC).

Den niedrigeren spezifischen Brennstoffkosten (-6%) für die DV stehen höhere spezifischen Kosten (+4%) für die Feuerungsanlage gegenüber.

Auch für den „SH-Kessel SZ“ zeigt sich eine Reduktion von 1% gegenüber den BC.

Dies ergibt sich wieder aus höheren spezifischen Kosten in der Anschaffung (+11%), hier die Feuerungsanlage (+12%) und niedrigeren Kosten in der Nutzungsphase (-5%). In der Nutzungsphase steigen bei niedrigeren spezifischen Brennstoffkosten von (-7%) die spezifischen Kosten für den Strom (+67%) und Reparatur und Wartung (+15%).

Für die anderen Feuerungsanlagen gibt es eine Erhöhung der spezifischen LZK von 3-8% gegenüber dem BC (siehe auch Abbildung 37). Die Reduktion bei den spezifischen Brennstoffkosten wird durch höhere spezifische Kosten für die Feuerungsanlage, Strom und Reparatur und Wartung aufgehoben. Der „P-Kessel“ und der „SH-Ofen“ haben mit 8% die größte Steigerung der LZK gegenüber dem BC. Beim „P-Kessel“ steht einer Reduktion der spezifischen Brennstoffkosten um 7% eine Erhöhung der spezifischen Kosten für die Feuerungsanlage um 42%, Reparatur und Wartung um 17% und der Stromkosten um 33% gegenüber. Beim „SH-Ofen“ reduzieren sich die spezifischen Brennstoffkosten um 6%, bei einer Erhöhung der spezifischen Kosten für die Feuerungsanlage um 22%, Reparatur und Wartung um 174% und zusätzlichen Stromkosten für den Elektrofilter. Der „HG-Kessel“ hat die

geringste Erhöhung mit 3% gegenüber dem BC mit einer Reduktion der spezifischen Kosten für den Brennstoff um 7% und einer Erhöhung der spezifischen Kosten für die Feuerungsanlage um 42%, Reparatur und Wartung um 9% und Strom um 40%.

Tabelle 48: Vergleich der Lebenszykluskosten des Base Case mit den Designvarianten

		Kessel				Ofen	
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel	HG-Kessel	P-Ofen	SH-Ofen
Anschaffungskosten							
BC	€/Stück	34.159	38.265	36.002	62.872	11.688	9.374
Veränderung zum BC	%	-4%	-1%	8%	3%	7%	8%
Lebenszykluskosten							
BC	€/MWh _{NW}	43,8	49,1	63,2	44,6	73,0	58,6
DV	€/MWh _{NW}	41,9	48,6	68,3	46,0	78,3	63,1
Veränderung zum BC							
Anschaffung	%	3%	11%	37%	20%	14%	20%
Nutzung	%	-5%	-5%	-4%	-5%	3%	1%
GESAMT	%	-4%	-1%	8%	3%	7%	8%

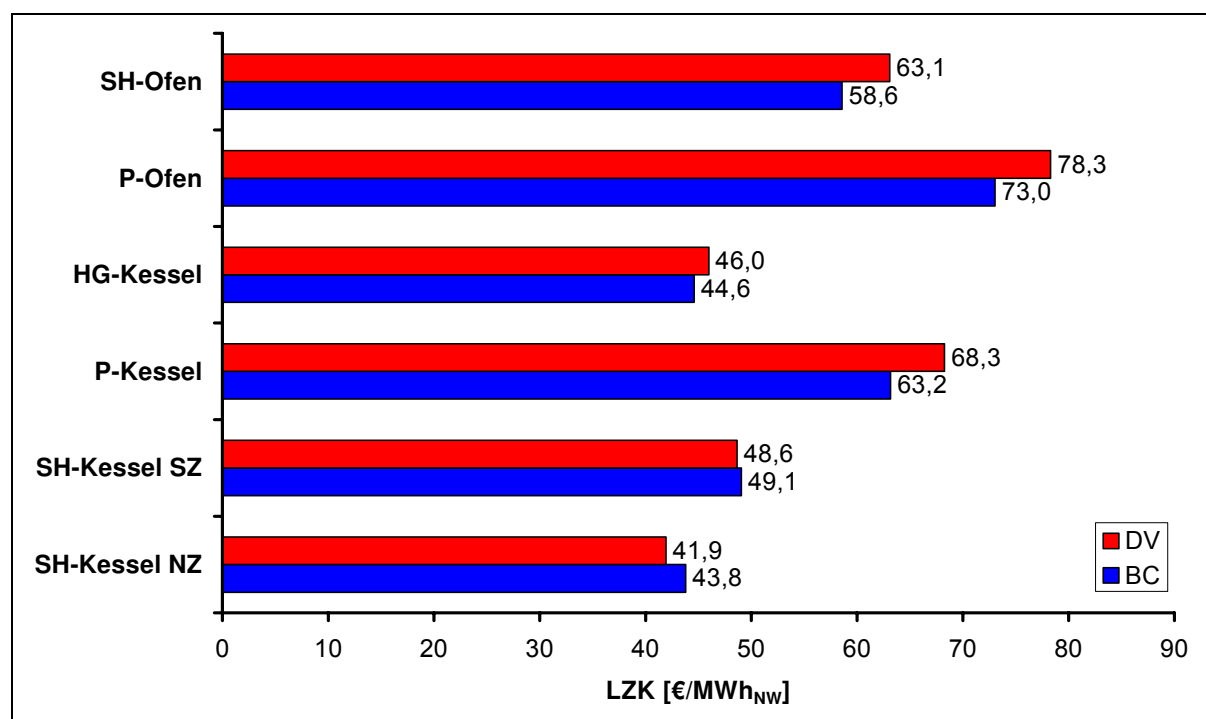


Abbildung 37: Vergleich der Lebenszykluskosten des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)

8.2 Ökologische Bewertung – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Die DV unterscheiden sich vom BC durch den Einbau von zusätzlichen Komponenten wie Zugbegrenzer, Elektrofilter oder Brennwert-Wärmetauscher, die zu einer Erhöhung des Jahresnutzungsgrades und des Strombedarfs (Ausnahme „SH-Kessel NZ“) führen und die direkten Emissionen der Feuerungsanlage (z.B. VOC- und Staub-Emissionen) senken.

Die Lebenszyklusphase Nutzung leistet wieder den größten Beitrag zu den Umwelteinwirkungen (60-100%). Für die Staub-Emissionen erhöht die Verwendung der zusätzlichen Komponenten aber den Anteil für Errichtung und Entsorgung an den Lebenszyklusphasen im Vergleich zum BC.

Der Vergleich des KEV und der Luft-Emissionen der DV der 6 Feuerungsanlagen mit dem BC, wie in Tabelle 49 bzw. Abbildung 38 bis Abbildung 42 dargestellt, zeigt eine Reduktion für alle Feuerungsanlagen für KEV, VP und Staub-Emissionen. Die THG-Emissionen sinken für alle Feuerungsanlagen bis auf den „P-Ofen (SNP)“ der unverändert bleibt. Die VOC-Emissionen steigen für den „HG-Kessel“, bleiben unverändert für die Öfen mit Pellets und sinken für die restlichen Feuerungsanlagen.

Der KEV sinkt für die Kessel um 6-7% und die Öfen um 3-5% im Vergleich zum BC. Die Bereitstellung von Brennstoff hat mit ca. 99% für den KEV den größten Anteil an den Lebenszyklusphasen. Der KEV sinkt für alle Feuerungsanlagen, da durch einen höheren Jahresnutzungsgrad für die DV weniger Brennstoff für die Erzeugung der Nutzwärme aufgewandt wird. Bei BC und den DV hat der „HG-Kessel“ den niedrigsten und der „P-Ofen (D)“ den höchsten spezifischen KEV.

Die THG-Emissionen sinken für die Kessel um 3-8% und die Öfen um 0-2% im Vergleich zum BC. Die größte Reduktion mit 8% zeigt sich bei den THG-Emissionen für den „SH-Kessel NZ“, der bei den DV wie im BC keinen Strombedarf hat. Die Bereitstellung von Brennstoff hat für Scheitholz und Hackgut mit 60-69% (DV und BC), sowie für Pellets mit 72-82% den größten Anteil an den Lebenszyklusphasen. Beim BC und den DV hat jeweils der „P-Ofen (D)“ die höchsten spezifischen THG-Emissionen. Beim BC hat der „SH-Kessel SZ“ die niedrigsten, bei den DV der „SH-Kessel NZ“.

Das VP sinkt für die Kessel um 5-6% und die Öfen um 3-5% im Vergleich zum BC. Die Feuerungsanlage hat mit 70-75% (DV und BC) für Feuerungsanlagen mit Scheitholz und Hackgut den größten Anteil. Für die Feuerungsanlagen mit Pellets aus Sägenebenprodukten 51-52% und aus der Durchforstung 43-44%. Damit liegt hier der Anteil aus der Bereitstellung von Brennstoff an den Lebenszyklusphasen annähernd so hoch wie für die Feuerungsanlage. Beim BC und den DV hat jeweils der „P-Ofen (D)“ das höchste spezifische VP. Beim BC hat der „SH-Ofen“ das niedrigste, bei den DV der „SH-Kessel SZ“.

Die größte Reduktion zeigt sich bei den VOC-Emissionen für den „SH-Kessel NZ“ mit 64% gefolgt vom „SH-Ofen“ mit 48% im Vergleich zum BC. Sie sinken im Vergleich zum BC auch für den „SH-Kessel SZ um 23% und die Kessel mit Pellets um 4%. (Öfen). Die spezifischen VOC-Emissionen bleiben für die Öfen mit Pellets gleich und steigen für den „HG-Kessel“ um 4%. Die Bereitstellung von Brennstoff hat für die Feuerungsanlagen mit Pellets den größten Anteil, hingegen liefert für die Feuerungsanlagen mit Scheitholz die Feuerungsanlage den größten Beitrag für BC und DV. Für den „HG-Kessel“ haben die Bereitstellung von Brennstoff (49% im DV und 55% im BC) gefolgt von der Bereitstellung von Strom (31% im DV und 23% im BC) den größten Anteil. Bei BC und DV hat jeweils der „HG-Kessel die niedrigsten spezifischen VOC-Emissionen. Beim BC hat der „SH-Ofen“ die höchsten, bei den DV der „P-Ofen (D)“.

Die spezifischen Staub-Emissionen sinken für die Feuerungsanlagen im Bereich von 27% („SH-Kessel NZ“) bis 69% („HG-Kessel“) im Vergleich zum BC. Der Anteil für die Errichtung steigt von 6-

12% im BC auf 17-29% für die DV und für die Entsorgung von 2-4% im BC auf 6-11% für die DV. Im BC liefert für alle Feuerungsanlagen die Feuerungsanlage mit 56-80% den größten Beitrag, während sich für die DV ein differenzierteres Bild zeigt. Für die Feuerungsanlagen mit Scheitholz liegt der Anteil der Feuerungsanlage bei 50-57% und für die Öfen mit Pellets 32-39%, den „HG-Kessel“ 27% und die Kessel mit Pellets 9-12%. Beim BC hat der „SH-Kessel NZ“ die niedrigsten spezifischen Staub-Emissionen und der „SH-Ofen“ die höchsten. Während bei den DV der „HG-Kessel“ die niedrigsten und der „P-Ofen (D)“ die höchsten hat.

Tabelle 49: Vergleich des Base Case mit den Designvarianten

		Kessel					Ofen		
		SH-Kessel NZ	SH-Kessel SZ	P-Kessel (D)	P-Kessel (SNP)	HG-Kessel	P-Ofen (D)	P-Ofen (SNP)	SH-Ofen
DV: BAT mit		Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer	Brennwert-WT und Elektrofilter	Brennwert-WT und Elektrofilter	Brennwert-WT und Elektrofilter	Elektrofilter und Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer	Elektrofilter und Zugbegrenzer
Kumulierter Primärenergieverbrauch									
DV	kWh/MWh _{NW}	1,454	1,305	1,580	1,530	1,279	1,666	1,613	1,526
BC	kWh/MWh _{NW}	1,539	1,405	1,694	1,641	1,372	1,721	1,666	1,611
Veränderung zum BC	%	-6%	-7%	-7%	-7%	-7%	-3%	-3%	-5%
Luft-Emissionen									
Treibhausgas-Emissionen									
DV	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	18	19	44	33	22	47	36	21
BC	kg CO ₂ -Äq./MWh _{NW}	20	19	46	35	23	48	36	21
Veränderung zum BC	%	-8%	-3%	-5%	-4%	-3%	-1%	0%	-2%
Versauerungspotential									
DV	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	459	408	587	493	479	631	533	415
BC	g SO ₂ -Äq./MWh _{NW}	486	438	628	528	513	650	548	435
Veränderung zum BC	%	-5%	-7%	-7%	-6%	-7%	-3%	-3%	-5%
Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen									
DV	g/MWh _{NW}	59	31	90	85	24	113	109	112
BC	g/MWh _{NW}	163	41	94	89	23	113	108	214
Veränderung zum BC	%	-64%	-23%	-4%	-4%	4%	0%	0%	-48%
Staub-Emissionen									
DV	g/MWh _{NW}	47	55	46	36	31	68	57	53
BC	g/MWh _{NW}	65	92	98	87	102	115	104	131
Veränderung zum BC	%	-27%	-40%	-53%	-59%	-69%	-41%	-45%	-60%

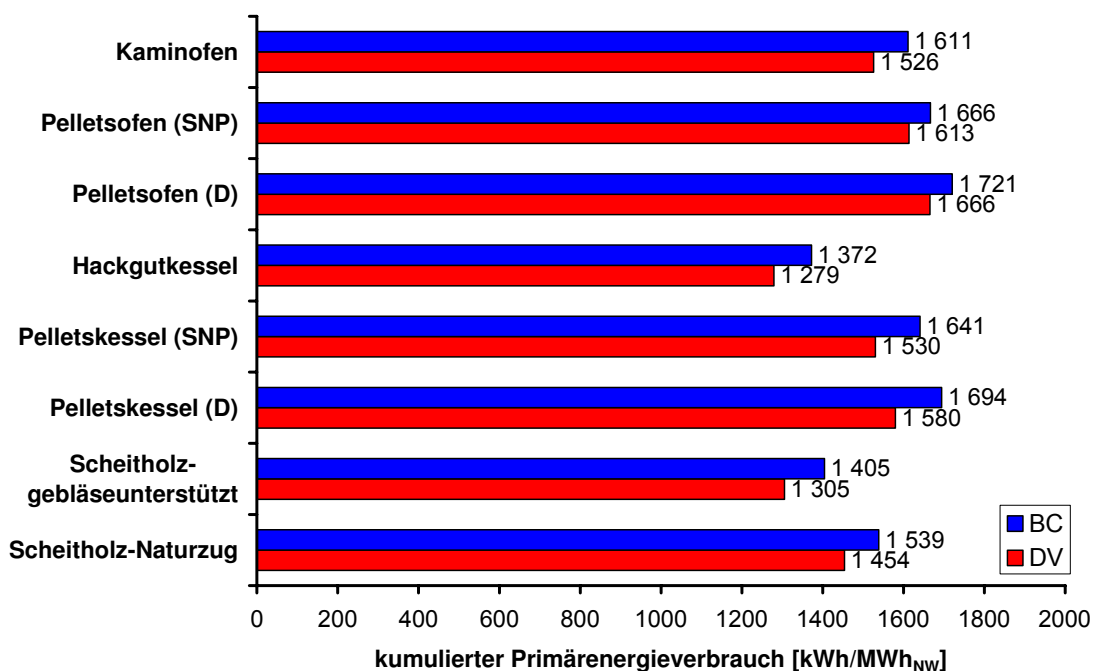


Abbildung 38: Vergleich des kumulierten Primärenergieverbrauchs des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)

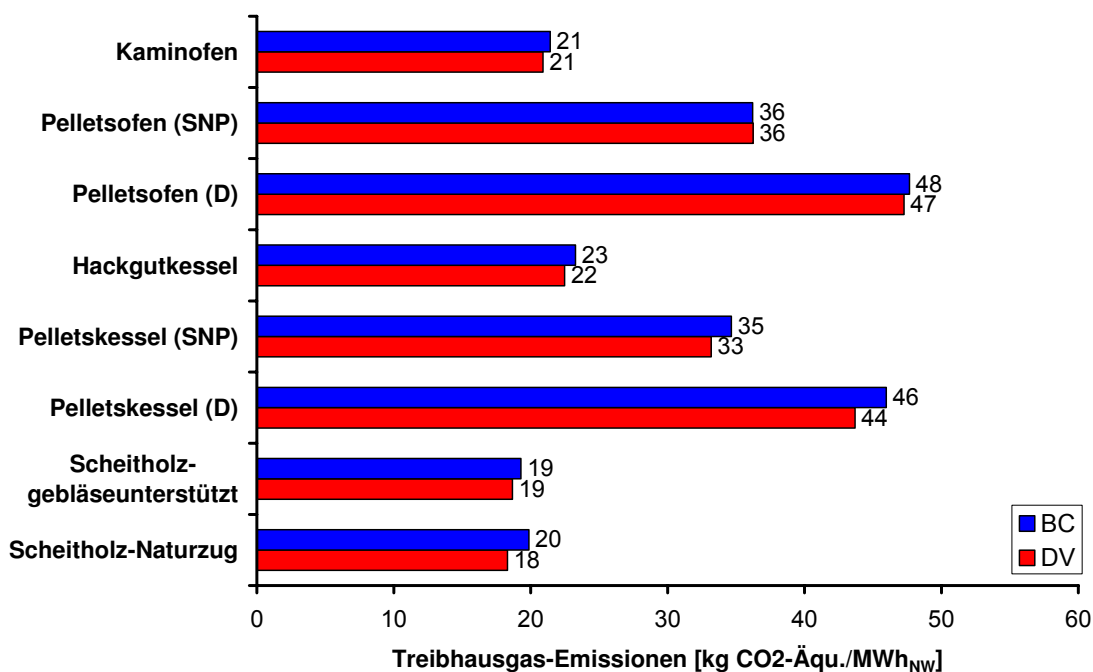


Abbildung 39: Vergleich der Treibhausgas-Emissionen des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)

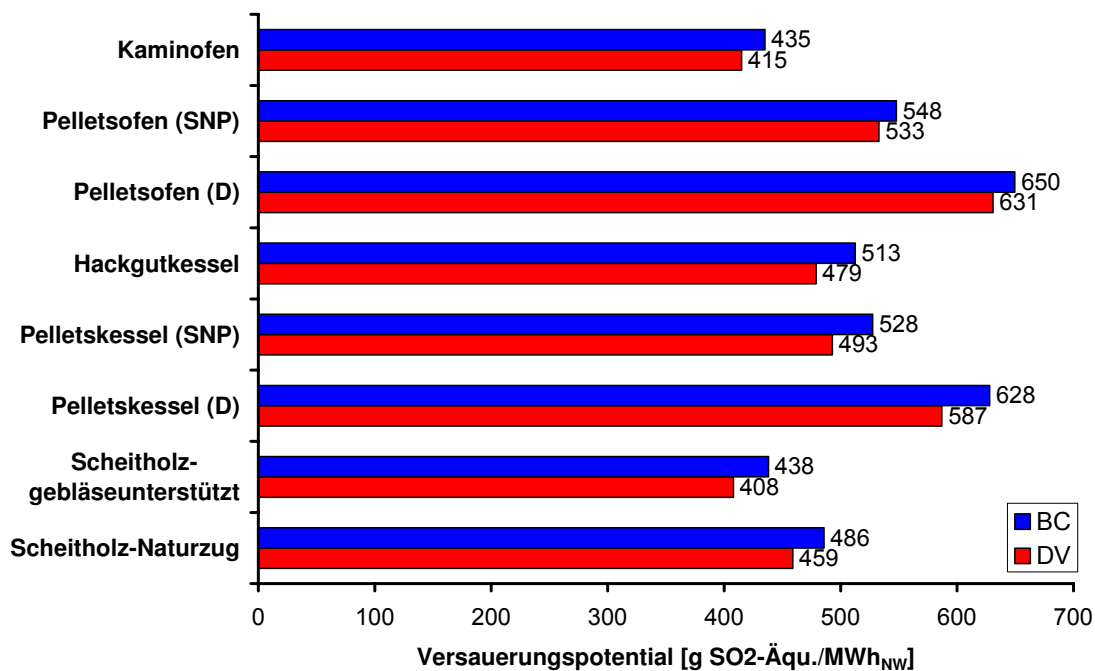


Abbildung 40: Vergleich des Versauerungspotentials des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)

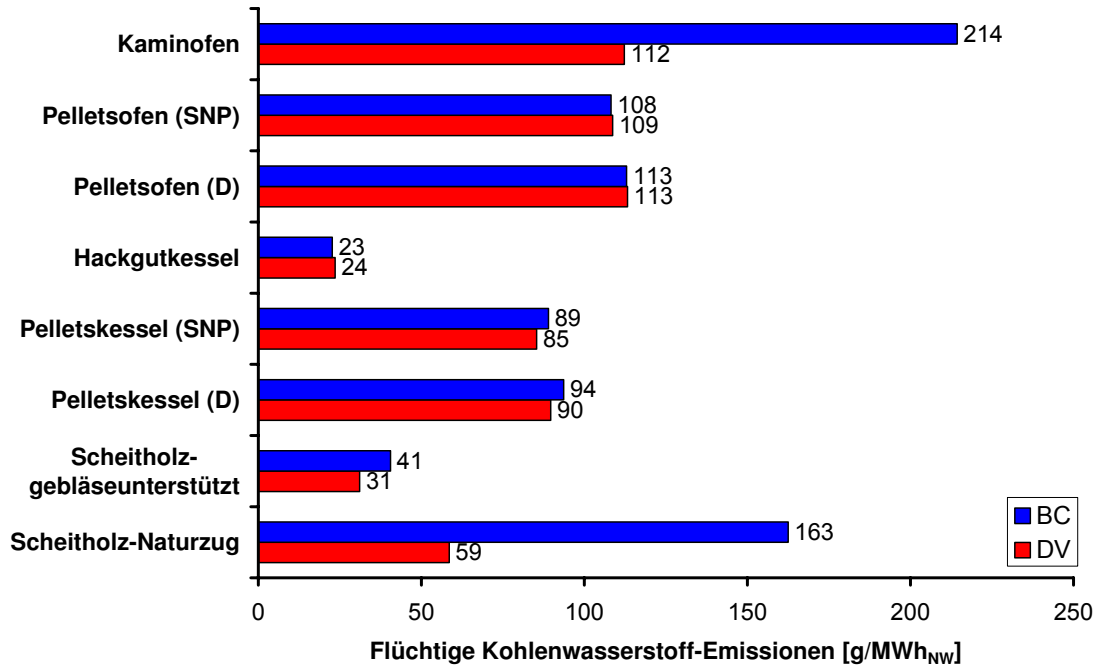


Abbildung 41: Vergleich der flüchtigen Kohlenwasserstoff-Emissionen des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)

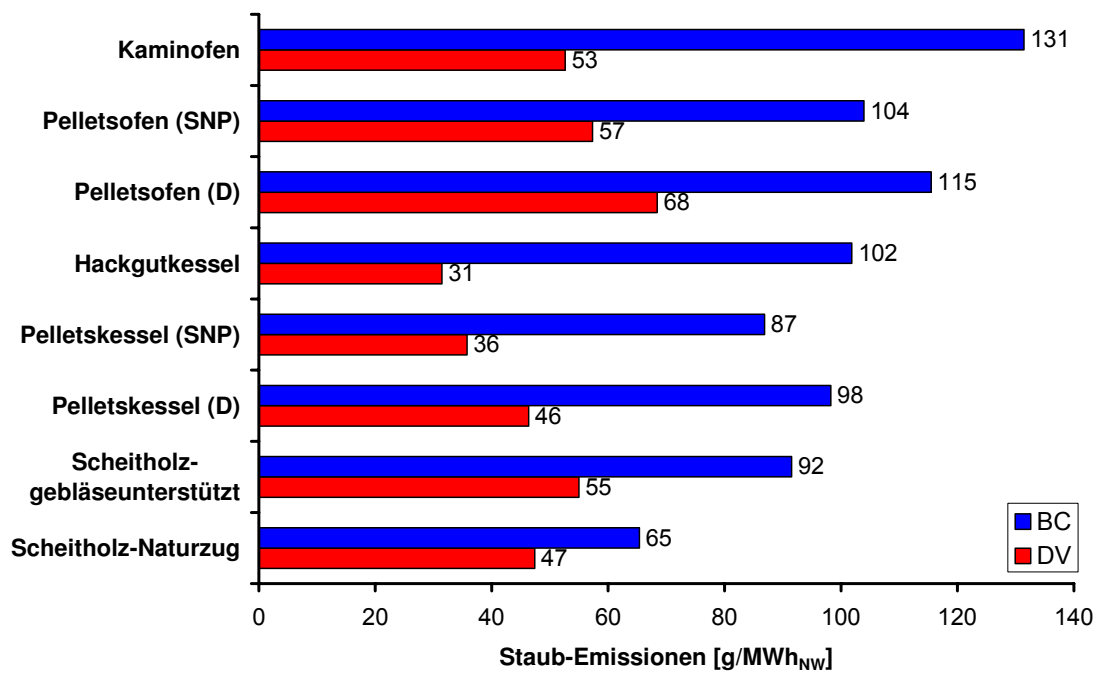


Abbildung 42: Vergleich der Staub-Emissionen des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)

9 Entwicklung von Ökoeffizienzklassen

Zur Erreichung energiepolitischer Ziele kann ein Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen ein effizientes Steuerungsinstrument sein. Sowohl ein möglichst effizienter Ressourceneinsatz als auch ein gesteigerter Einsatz erneuerbarer Energieträger werden unterstützt. Für die Reduktion des Energiebedarfs sind verbraucherorientierte Maßnahmen erforderlich.

Aufgrund der Lebenszyklusanalysen ist bekannt, dass 98-99 % des gesamten Primärenergieverbrauchs einer Biomassekleinfeuerung auf den Brennstoffverbrauch zurück geht. Neben der Brennstoffvorkette beeinflusst der Jahresnutzungsgrad den spezifischen Primärenergiebedarf je Nutzwärme wesentlich und ist damit eine zentrale Bewertungsgröße einer Biomassefeuerung. Zum Vergleich von Systemen mit unterschiedlichem Brennstoff und verschiedenem Bedarf an elektrischer Hilfsenergie ist weiters zu beachten, dass einerseits fossile und andererseits erneuerbare Primärenergie in variierenden Verhältnissen benötigt wird. Bezüglich Umwelteinwirkungen ist bekannt, dass ein Großteil der Luft-Emissionen aus der Nutzungsphase stammt und je nach Brennstoff und Feuerungsanlage bei den direkten Betriebsemissionen teilweise erhebliches Reduktionspotential vorhanden ist.

9.1 Grundlagen

Die wichtigsten **allgemeinen Anforderungen** an ein Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen sind die gleichen wie jene für Produkte aus Los 1 „Heizkessel und Kombiboiler“ [Los 1 final Report Task 7]:

- Ein Produktlabel soll fair, fordernd, streng sein und dabei Raum für Differenzierung im Sinne des technischen Fortschrittes offen lassen.
- Es soll wieder erkennbar und stimmig über Produkte hinweg sein. Der Energieverbrauch soll mit Symbolen von A bis G und entsprechenden Regenbogenfarben dargestellt sein.
- Am Label sollen Informationen betreffend Energieeffizienz und Umweltvorteile ausgewiesen werden. Dabei sollen Symbole oder bekannte Klassifizierungen anstatt technischer Detailinformationen oder Prüfstandsergebnissen verwendet werden. Letztere sind in der „Technical Fiche einheitlich anzugeben, am Label selbst nur funktionsbezogene bzw. kundenorientierte Leistungsdaten
- Im Rahmen der Klassifizierung soll die Verwendung erneuerbarer Energiequellen belohnt werden. Das Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen soll auch für Förderungsrichtlinien verwendet werden können.
- Ein zentraler Aspekt ist die Einbettung in bestehende Gesetze (z.B. 1. BImSchV in Deutschland, Vereinbarung gemäß 15a in Österreich), Normen (EN 303-5) und Richtlinien bzw. Ökodesign-Maßnahmen für verwandte Produktgruppen (abgeschlossene Vorstudien zu den Losen 1 und 2)

Zahlreiche **existierende Produktlabels** betreffen Produkte, die Energie nur in Form von elektrischem Strom verbrauchen. Durch die entsprechenden Labels werden Produkte mit

geringem Stromverbrauch als ressourcenschonend und umweltfreundlich ausgewiesen. Diese Klassifizierung ist für Biomassefeuerungen ungeeignet.

Da Produkten zur Wärmebereitstellung **Energie auch in Form von Brennstoffen** zugeführt wird, wurde in der Vorstudie zum Los 1 ein mit einem Rechenmodell berechneter „Eco-index“ vorgeschlagen. Dieser basiert auf dem Brennwert-Nutzungsgrad des gesamten Heizsystems. Der Stromverbrauch der Wärmepumpensysteme wird dabei mit einem Primärenergie-Umwandlungsfaktor von 2,5 bewertet. Dieser Eco-index aus Los 1 gilt als Maß für Ressourcenschonung und Einsparung von Treibhausgasen und mag im Mittel für Öl-, Gas- und Wärmepumpenkessel repräsentativ sein. Aber schon der festgelegte Primärenergiefaktor von Strom im Vergleich zum Energieverbrauch an Öl und Gas zeigt, dass dieser Eco-index für den Vergleich von Systemen mit unterschiedlichen Brennstoffen sehr eingeschränkt geeignet ist. Beispielsweise ist der Brennwertnutzungsgrad eines Scheitholzkessels im Bestand mitunter ein Bruchteil jenes einer modernen Gasbrennwerttherme, bei den Treibhausgasemissionen und beim Verbrauch erschöpflicher Energieträger verhält es sich jedoch umgekehrt. Weil nur die Umwandlung von Endenergie in Nutzenergie bewertet wird, ist der Eco-index nur indirekt ein Maß für Treibhausgasemissionen. CO₂-neutrale Brennstoffe werden nicht berücksichtigt. Umgekehrt: Würde der Eco-index nur mit den erschöpflichen Energieträgern berechnet werden, wäre keine effiziente Nutzung der erneuerbaren Energieträger sicher gestellt. Weiters berücksichtigt der Eco-index die Brennstoffvorketten nicht, was für eine ganzheitliche Bewertung von Energiebereitstellungspfaden erforderlich ist.

Derzeit belastbar verfügbare **Daten von Biomassekleinfeuerungen** für die Klassifizierung in Produktlabels sind Effizienz und Emissionen am Prüfstand. Die Produktuntergruppen können entsprechend der relevanten Europäischen Prüfnormen kategorisiert werden: Heizeinsätze, offene und geschlossene Feuerstellen nach EN 13229, Zimmeröfen nach EN 13240, Speicherfeuerstätten nach EN 15250, Herde nach EN 12815, Pelletsöfen nach EN 14785, Heizkessel für feste Brennstoffe nach EN 303-5 (unterteilt in händisch und automatisch beschickt und nach Brennstoff).

Daten zu Strommix, Brennstoffen und Materialien liefern der EuP-EcoReport [MEEuP Methodology Report 2005], GEMIS 4.5 (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme <http://www.gemis.de/de/index.htm> bzw. [Fritsche et Schmidt 2008]) sowie Ecoinvent (<http://www.ecoinvent.org> bzw. [Frischknecht et Jungbluth 2007]). Mit diesen Quellen lassen sich für die Bereitstellung von Brennstoffen der kumulierte Primärenergieverbrauch sowie die kumulierten Emissionen an Treibhausgasen und anderen Luftschadstoffen ermitteln.

9.2 Vorschlag für Produktlabel

Um für den Konsumenten den Vergleich zu vereinfachen und alle Produktuntergruppen gleich zu bewerten, wird ein **einheitliches Label** mit gleichen Bewertungsgrößen und gleichen Klassengrenzen **für alle Biomassefeuerungen** vorgeschlagen. Da es sich um ein einheitliches EU-Label auch zur Förderung des freien Warenverkehrs im gemeinsamen Binnenmarkt

handeln soll, können nur einheitliche Mittelwerte für den Strommix oder verschiedene Brennstoffvorketten in der gesamten EU als Grundlage für die Bewertung herangezogen werden.

Neben der Art der Biomassefeuerung (Ofen oder Kessel) sowie den Hersteller- und Modellbezeichnungen sollen am Produktlabel die folgenden wesentlichen Informationen vorhanden sein (vergleiche mit Abbildung 43, Erläuterungen zu den Indikatoren folgen nach der Abbildung):

- **Indikator zum Energieverbrauch** – Geräteeffizienz
- **Indikator zum Ressourcenverbrauch** – primärenergetisch bewertete Ökoeffizienz
- **Indikator für Emissionsklasse** – wichtige Umwelteinwirkungen im Betrieb

Die Klassen A bis G stellen den Bestand dar, wobei A für den Stand der Technik steht. Die Klassen A⁺ und A⁺⁺ stellen den Raum für technologische Produktdifferenzierung dar.

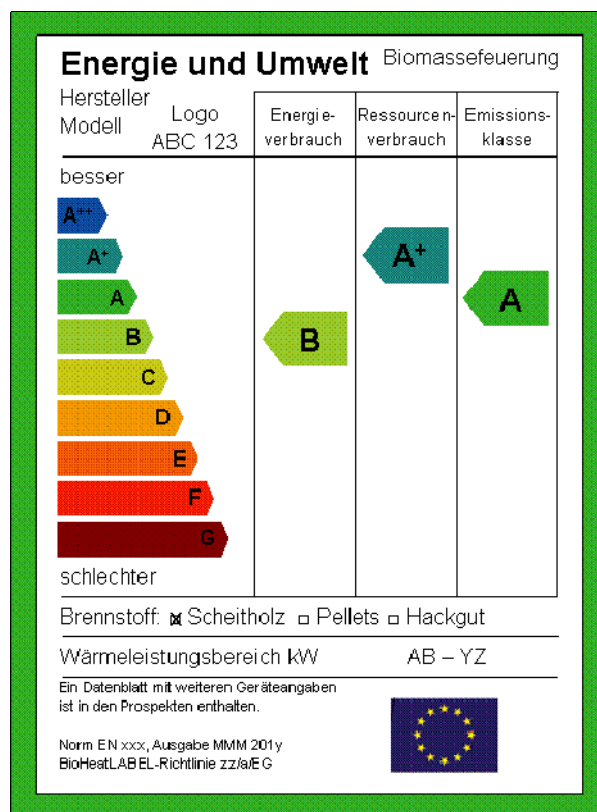


Abbildung 43: Vorschlag eines Produktlabels für Biomassekleinfeuerungen

Der **Indikator zum Energieverbrauch** wird mit dem **Jahresnutzungsgrad** ermittelt. Der Jahresnutzungsgrad ist der Quotient aus bereit gestellter Nutzenergie (Wärme) zu zugeführter Energie des Brennstoffs (Heizwert mal Brennstoffmenge, jeweils Summe über ein ganzes Jahr). Da es für die Messung des Jahresnutzungsgrades keine Prüfnorm gibt, müssen Annahmen für die Berechnung getroffen werden. Anhand vorhandener Literaturdaten und dem Expertenwissen bei Bioenergy 2020+ und Projektpartnern sind für Geräte am Stand der Technik die Abweichungen zum Prüfstandswirkungsgraden bekannt. Der Jahresnutzungsgrad von modernen Biomassekesseln ist um durchschnittlich 12 %-Punkte geringer als der Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung. Der Jahresnutzungsgrad von modernen Biomasseöfen ist um durchschnittlich 5 %-Punkte geringer als der Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung. Für den Indikator zum Energieverbrauch werden die Klassengrenzen nach Tabelle 50 vorgeschlagen.

Tabelle 50: Vorschlag für Klassengrenzen für Indikator zum Energieverbrauch

Klasse	Erforderlicher
Energieverbrauch	Jahresnutzungsgrad
A ⁺⁺	90 %
A ⁺	85 %
A	80 %
B	75 %
C	70 %
D	60 %
E	50 %
F	30 %
G	10 %

Der **Indikator zum Ressourcenverbrauch** wird über eine energetische Ökoeffizienz ermittelt. Um Produktuntergruppen mit unterschiedlichen Brennstoffen vergleichen zu können, erfolgt ein ganzheitlicher Ansatz unter **Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus**: Primärenergieverbrauch¹¹ für Errichtung, Betrieb (inklusive Energievorleistungen für z.B. Brennstoff oder elektrische Hilfsenergie) und Entsorgung der Biomassefeuerungen. Die Definition der energetischen Ökoeffizienz erfolgt mit Hilfe der Primärenergieausnutzung PEA (siehe Gleichung 1) und dem Anteil der erneuerbaren Primärenergie A_{ern} (Gleichung 2). Die Berechnung der Ökoeffizienz erfolgt nach Gleichung 3 als Produkt aus Primärenergieausnutzung und Anteil der erneuerbaren Primärenergie multipliziert mit 100. Durch diese Definitionen ist die Ökoeffizienz immer zwischen 0 und 100. Eine hohe Ökoeffizienz bedeutet eine effiziente Umwandlung von Primärenergie in Nutzenergie bei einem hohen Anteil von erneuerbarer Primärenergie, beides wesentliche Voraussetzungen zur Ressourcenschonung und Einsparung von Treibhausgasen. Ohne Verwendung erneuerbarer Energieträger ist die Ökoeffizienz 0.

$$\text{Primärenergieausnutzung} = \text{PEA} = \frac{\text{Nutzenergie}}{\text{Primärenergie}} \quad \text{Gleichung 1}$$

$$\text{Anteil der erneuerbaren Primärenergie} = A_{\text{ern}} = \frac{\text{erneuerbare Primärenergie}}{\text{gesamte Primärenergie}} \quad \text{Gleichung 2}$$

$$\text{Ökoeffizienz} = \text{PEA} \times A_{\text{ern}} \times 100 \quad \text{Gleichung 3}$$

Berechnungsbeispiel für Ökoeffizienz eines BAT Pelletsofen mit folgenden Annahmen (siehe auch Kapitel 9.3):

- kumulierter spezifischer Primärenergieverbrauch der Brennstoffbereitstellung 1,285 MJ/MJ
- Wirkungsgrad am Prüfstand von 93 %, Jahresnutzungsgrad JNG 88 %
- Brennstoffanteil am gesamten Primärenergiebedarf 98 %
- Anteil der erneuerbaren Primärenergie für die Wärmebereitstellung aus Pellets 90 %

$$\text{PEA}_{\text{BAT Pelletsofen}} = \text{PEA}_{\text{BS}} \times \text{JNG} \times 0,98 = \frac{1}{1,285} \times 0,88 \times 0,98 = 0,67$$

$$A_{\text{ern Wärme aus Pellets}} = 0,90$$

$$\text{Ökoeffizienz}_{\text{BAT Pelletsofen}} = 0,67 \times 0,90 \times 100 = 60$$

¹¹ 100 % Regel wie bei Gemis, siehe Anhang bzw. [Fritsche et Schmidt 2008].

Da moderne Biomassefeuerungen am Stand der Technik eine Ökoeffizienz im Bereich von 50-60 erreichen (siehe Kapitel 9.3) und ein technisches Potential von etwa 70 aufweisen, werden die Klassengrenzen in Tabelle 51 vorgeschlagen.

Tabelle 51: Vorschlag für Klassengrenzen für Indikator zum Ressourcenverbrauch

Klasse Ressourcenverbrauch	Erforderliche Ökoeffizienz	
A ⁺⁺	68	
A ⁺	63	
A	57	
B	50	
C	42	
D	33	
E	23	
F	12	
G	0	

Der **Indikator zur Emissionsklasse** wird über die Betriebsemissionen am Prüfstand ermittelt, wobei für die Erreichung einer Emissionsklasse jeweils 3 **Grenzwerte für Kohlenmonoxid, organisch gebundenen Kohlenstoff und für Staub** eingehalten werden müssen, siehe Tabelle 52. Die Betriebsemissionen stellen eine wichtige Umwelteinwirkung bei der Nutzung von Biomassekleinfeuerungen dar. Lebenszyklusanalysen zeigen, dass die indirekten Emissionen des Bedarfs an elektrischer Hilfsenergie maximal wenige Prozent und aus der Herstellung und Entsorgung der Geräte maximal 10-20 % der insgesamt verursachten Emissionen ausmachen.

Tabelle 52: Vorschlag für Klassengrenzen für Indikator zur Emissionsklasse

Emissionsklasse	Emissionsgrenzwert in mg/MJ (Brennstoff) für		
	Kohlenmonoxid	Organisch gebundener Kohlenstoff	Staub
A ⁺⁺	40	4	4
A ⁺	80	8	8
A	150	15	15
B	300	30	30
C	600	45	45
D	1200	60	60
E	2400	120	120
F	4800	240	240
G	9600	480	480

Alle weiteren technischen Daten werden einheitlich in der **Technical Fiche** dargestellt:

- Nenn- und kleinste Wärmeleistung in kW wie am Label
- Zulässige Brennstoffe inklusive Brennstoffnorm, Art der Brennstoffzufuhr (händisch / automatisch)
- Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung und bei kleinster Wärmeleistung
- Zahlenwert der Ökoeffizienz sowie der erforderlichen Berechnungsgrößen
Primärenergieausnutzung PEA und Anteil der erneuerbaren Primärenergie A_{ern}
- Emissionen bezogen auf Brennstoffenergie und als prozentueller Anteil am Grenzwert für Klasse A, jeweils für Nennwärmeleistung und kleinste Wärmeleistung
- Referenzjahresverbrauch an Brennstoff für eine Normheizlast (z.B. für 1500 Betriebsstunden bei Nennwärmeleistung mit dem Hinweis, dass der tatsächliche Verbrauch von der Nutzung abhängt)
- Bedarf an elektrischem Strom in allen Betriebszuständen
- angewandte Prüfnorm inklusive dem Hinweis, dass Prüfmethoden nicht 100%-ig vergleichbar sind
- zwingend erforderliche Zusatzkomponenten für die Gültigkeit des Labels inklusive Angaben zur Auslegung (z.B. Größe des Pufferspeichers).

9.3 Beispiele für die Anwendung des Labelvorschlags

Der Vorschlag für das Produktlabel von Biomassekleinfeuerungen wurde exemplarisch auf folgende **Produktuntergruppen** angewendet (siehe Tabelle 53): 9 **Base Cases des Los 15 (BC-EU)**, diese stellen den europäischen Bestand der Biomassefeuerungen dar) sowie 6 Base Cases und die entsprechende Best Available Technology wie im Projekt BioHeatLABEL definiert. Für den **Base Case BioHeatLABEL (BC-AT)** wurden als Datengrundlage mittlere österreichische Prüfstandsergebnisse seit 2000 herangezogen, was den aktuellen, weit entwickelten Produkten am österreichischen Markt entspricht. Für die **Best Available Technology (BAT)** wurden die besten Prüfstandsergebnisse herangezogen, ergänzt mit Brennwerttechnik für Pelletskessel und Hackgutkessel und bei den Emissionsklassen mit angenommener sekundärer Staubabscheidung.

Folgende **Annahmen** für die Berechnung wurden getroffen:

- Die Jahresnutzungsgrade für die BC-EU wurden [Los 15 Base Case definition v2] entnommen. Der Jahresnutzungsgrad für BC-AT ist 65 % für den Scheitholzofen, 78 % für den Pelletsofen, 68 % für den Scheitholzkessel Naturzug, 75 % für den Scheitholzkessel Saugzug, 79 % für den Pelletskessel und 78 % für den Hackgutkessel. Der Jahresnutzungsgrad für die BAT-Varianten ist Wirkungsgrad bei Nennlast minus 5 % bei Öfen bzw. minus 12 % bei Kesseln.
- Lebenszyklusanalysen zeigen, dass der Brennstoff mindestens 98 % des kumulierten Primärenergieverbrauchs einer Biomassekleinfeuerung ausmacht. Für die Berechnung der Primärenergieausnutzung wurde deshalb die Primärenergieausnutzung der Brennstoffvorkette¹² mit dem Jahresnutzungsgrad multipliziert (Umwandlung Nutzenergie in Endenergie) und um 2 % reduziert (Berücksichtigung Hilfsenergie sowie Erzeugung und Entsorgung der Biomassekleinfeuerung).
- Für die Brennstoffe wurden für den kumulierten spezifischen Primärenergieverbrauch Werte aus [Los 15 Working document Task 5] verwendet: Scheitholz 1097 MJ/GJ, Hackgut 1135 MJ/GJ, Pellets 1285 MJ/GJ
- Für die Wärmebereitstellung aus Biomassebrennstoffen wurden folgende Anteile erneuerbarer Energie verwendet¹³: Scheitholz 96 %, Hackgut 93%, Pellets 90 %
- Für die Ermittlung der Emissionsklassen wurden Werte aus einem Arbeitspapier des Los 15 zum Task 6 herangezogen und auf die entsprechenden BC-EU bezogen und in mg/MJ Brennstoff umgerechnet. Für die BC-AT und BAT Fälle wurden die entsprechenden Werte aus den Prüfberichten verwendet.

¹² Kehrwert des kumulierten spezifischen Primärenergieverbrauchs der Brennstoffbereitstellung

¹³ Quelle wie beim Los 15: <http://www.ecoinvent.org/> Für Pellets 90 % statt der mit Zahlen aus [Bauer 2007] berechneten 81 %, da laut GEMIS 4.5 Holzpellets einen Anteil erneuerbarer Primärenergie von 92-94 % und nach Daten von Bioenergy 2020+ von 91 % aufweisen. Nach [Nussbaumer et Oser 2004] berechnet sich für Holzpellets der Anteil erneuerbarer Primärenergie unter Berücksichtigung einer Trocknung mit fossilen Brennstoffen zu 77 % und bei Trocknung mit erneuerbaren Energieträgern zu 92 %

Tabelle 53: Exemplarische Indikatoren für die betrachteten Produktuntergruppen (Zahlenangaben in Klammer Jahresnutzungsgrad bzw. Ökoeffizienz)

BC-EU¹⁴	Energieverbrauch	Ressourcenverbrauch	Emissionsklasse
BC 1 Open Fireplace	G (18)	F (15)	F
BC 2 Closed Fireplace/ Stove	F (47)	D (40)	F
BC 3 Cooker	F (46)	D (39)	G
BC 4 SHR-Stove	D (60)	B (51)	F
BC 5 Pellet Stove	D (64)	C (43)	B
BC 6 Conventional Boiler	E (55)	C (46)	E
BC 7 Downdraft Boiler	D (65)	B (55)	D
BC 9 Pellet Boiler	C (70)	C (48)	D
BC 10 Industrial Boiler	C (70)	B (56)	D
BC-AT	Energieverbrauch	Ressourcenverbrauch	Emissionsklasse
Scheitholzofen	D (65)	B (55)	D
Pelletsofen	B (78)	B (53)	A
Scheitholzkessel Naturzug	D (68)	A (58)	D
Scheitholzkessel Saugzug	B (75)	A⁺ (64)	A
Pelletsessel	B (79)	B (54)	A
Hackgutkessel	B (78)	A (62)	B
BAT	Energieverbrauch	Ressourcenverbrauch	Emissionsklasse
Scheitholzofen	B (76)	A⁺ (64)	C
Pelletsofen	A⁺ (88)	A (60)	A⁺⁺
Scheitholzkessel Naturzug	C (72)	A (61)	C
Scheitholzkessel Saugzug	A (81)	A⁺⁺ (69)	A
Pelletsessel	A (84)	A (57)	A⁺⁺
Pelletsessel Brennwert	A⁺⁺ (90)	A (61)	A⁺⁺
Hackgutkessel	A (82)	A⁺ (65)	A⁺⁺
Hackgutkessel Brennwert	A⁺ (89)	A⁺⁺ (71)	A⁺⁺

¹⁴ Der Base Case 8 wird im LOT 15 nur mit dem Brennstoff Kohle betrachtet.

10 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Altersstruktur der installierten Biomassekleinfeuerungen ist nicht exakt bekannt, ebenso der Verwendungsgrad. Die Verkaufszahlen von Biomassefeuerungen werden in Österreich seit über 10 Jahren detailliert von der niederösterreichischen Landwirtschaftskammer erfasst. Mit den von der BLT veröffentlichten Prüfstandsergebnissen ist eine umfangreiche Datengrundlage vorhanden, mit der der hohe Entwicklungsstand dokumentiert ist. Jahresnutzungsgrade und Emissionsfaktoren im Praxisbetrieb können nur anhand weniger Messwerte abgeschätzt werden. Eine direkte Ableitung der Werte im praktischen Betrieb aus den Prüfstandswerten ist nicht möglich, es liegen keine kontinuierlichen Messdaten über Jahresbetrieb vor. Bei händisch beschickten und geregelten Anlagen ist auch der Einfluss des Nutzers auf Jahresnutzungsgrade sowie Emissionen sehr hoch, diesbezügliche Untersuchungen liegen nicht vor. Bei Kesselanlagen hat auch das Zentralheizungssystem (z.B. Rücklauftemperaturen, Pufferspeicher usw.) einen wesentlichen Einfluss auf den Jahresnutzungsgrad, diesbezügliche quantitative Analysen liegen nicht vor. Hier sind weitere Arbeiten notwendig, um Energieeffizienz und Umwelteinwirkungen im der installierten Biomassekleinfeuerungen besser bilanzieren zu können. Aufgrund der Prüfstandsergebnisse der letzten 30 Jahre kann gefolgert werden, dass moderne Anlagen am Stand der Technik sowohl erheblich verbesserte Wirkungsgrade erreichen als auch signifikant geringere Schadstoffemissionen aus unvollständiger Verbrennung verursachen. Letztere haben bei der Prüfung bereits ein Niveau nahe an der Nachweisgrenze erreicht.

Anhand der Datengrundlage wurden 6 Base Cases definiert. Diese basieren auf mittleren österreichischen Prüfstandsergebnissen seit 2000, was den aktuellen, weit entwickelten Produkten am österreichischen Markt entspricht. Bei den Base Cases handelt es sich um einen Scheitholz-Ofen, einen Pelletsofen, einen Scheitholzkessel mit Naturzug, einen Scheitholzkessel mit Saugzug, einen Pelletskessel, und einen Hackgutkessel. Diese 6 Base Cases decken einen Großteil des österreichischen Marktes ab. Das bewertete Produkt umfasst die betriebsbereite Biomassefeuerungsanlage inklusive etwaiger automatischer Brennstoffzufuhr von einem Zwischenlager und nachrüstbarer Zusatzkomponenten, welche Effizienz und Umwelteinwirkungen beeinflussen und teilweise vom Hersteller vorgeschrieben werden (z.B. Zugregler). Nicht beurteilt werden die Abgasanlage sowie das gesamte Heizsystem inklusive Wärmespeicherung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe oder Kombinationen mit anderen Wärmequellen.

Die Analyse der Best Available Technology anhand von Datenrecherche und Expertenworkshops zeigt, dass im Vergleich zum gewählten Base Case nur mehr geringes technisches Verbesserungspotential vorhanden ist. Die besten Prüfstandsergebnisse der letzten 10 Jahre heben sich nur mehr geringfügig von jenen durchschnittlicher Geräte am österreichischen Markt ab. Diese Geräte entsprechen EU-weit bereits der Best Available Technology. Aufgrund der hohen erzielten Wirkungsgrade und geringen Emissionen können auch sekundäre Maßnahmen nur mehr geringfügige Verbesserungen bewirken. Der

Unterschied an Effizienz und Emissionen zu vergleichbaren fossilen Systemen wird immer mehr vernachlässigbar. Die Treibhausgasemissionen sind durch die Nutzung von Biomasse als Brennstoff minimal. Höhere Energieeffizienz und geringere Umwelteinwirkungen sind noch durch Optimierungen auf Systemebene möglich. Das Verbesserungspotential zum Bestand wird großteils als erheblich eingeschätzt.

Für jeden Base Case wurden entsprechende Designvarianten als Best Available Technology festgelegt, für die die Kosten im Rahmen des gesamten Lebenszyklus ermittelt wurden („Lebenszykluskosten“). Die Kosten für die Entsorgung sind vernachlässigbar und die Kosten für die Nutzung sind mit ca. 60-85% höher als die der Anschaffung mit ca. 15-40%. Der Anteil für die Anschaffung ist bei den Öfen mit bis 40% höher als bei den Kesseln mit ca. 30-35%. Den größten Einfluss auf die LZK haben damit die Brennstoffkosten (Nutzungsphase) mit einem Anteil von ca. 50-80%, gefolgt vom Anteil für die Anschaffung der Feuerungsanlage mit 10-40%. Die Kosten für Wartung, Reparatur, Installation und Strom sind im Lebenszyklus vergleichsweise sehr gering. Die Unterschiede der Lebenszykluskosten für den Base Case und die Design Varianten sind gering.

Für die Base Case und Designvarianten wurde ebenso eine Lebenszyklusanalyse zur Bewertung der ökologischen Auswirkungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung den größten Anteil an den ökologischen Auswirkungen mit 60-100% in den drei Lebenszyklusphasen hat, und die Anteile für Errichtung und Entsorgung eher gering sind. Zur ökologischen Bewertung der Feuerungsanlagen mit Scheitholz, Pellets und Hackgut werden der kumulierte Primärenergieaufwand (KEV), sowie die Treibhausgas-Emissionen (THG), das Versauerungspotential (VP), die flüchtigen organischen Kohlenwasserstoff-Emissionen (VOC) und die Staub-Emissionen in den 3 Lebenszyklusphasen ermittelt. Auch bei der ökologischen Bewertung zeigt sich, dass die Emissionen aus der Nutzung den wesentlichen Anteil an den gesamten Umwelteinwirkungen haben, die Beiträge aus der Errichtung und Entsorgung sind sehr gering. Die Feuerungsanlagen, die Pellets verwenden, werden für 2 unterschiedliche Arten der Holzgewinnung (Pellets aus der Durchforstung und Pellets aus Sägenebenprodukten) ökologisch bewertet. Feuerungsanlagen mit Pellets aus Durchforstung liefern wie zu erwarten etwas höhere Beiträge zu den Umwelteinwirkungen als solche mit Pellets aus Sägenebenprodukten. Die Designvarianten unterscheiden sich vom Base Case vor allem durch geringere Staub- und VOC-Emissionen sowie einem höheren Jahresnutzungsgrad. Der Pelletsofen mit Pellets aus Durchforstung hat den höchsten kumulierten Primärenergieaufwand, die höchsten Treibhausgas-Emissionen und das höchste Versauerungspotential. Der Scheitholzofen hat die höchsten VOC- und Staub-Emissionen. Der Hackgutkessel hat den niedrigsten kumulierten Primärenergieaufwand und die niedrigsten VOC-Emissionen. Der Scheitholzessel mit Saugzug hat die niedrigsten Treibhausgas-Emissionen, der Scheitholzofen das niedrigste Versauerungspotential und der Scheitholzessel Naturzug die niedrigsten Staub-Emissionen.

Mit dem Gerätelabel soll beurteilt werden, was die Feuerung leisten kann, wenn die Herstellerangaben eingehalten werden und sie bestimmungsgemäß betrieben wird. Für das

Produktlabel von Biomassekleinfeuerungen wird eine Bewertung mit 3 Indikatoren vorgeschlagen. Der erste Indikator auf Basis des Jahresnutzungsgrades beschreibt den Energieverbrauch. Er beschreibt damit ausschließlich die Umwandlung des Brennstoffs in Nutzwärme. Der zweite Indikator wird über eine energetische Ökoeffizienz definiert und erlaubt den ganzheitlichen Vergleich von Geräten mit unterschiedlichen Brennstoffen. Die energetische Ökoeffizienz ist das rechnerische Produkt aus Primärenergieausnutzung und Anteil der erneuerbaren Primärenergie – beides zentrale Aspekte für ein nachhaltiges Energiesystem. Der dritte Indikator wird anhand der Emissionen bei der Prüfung der Geräte ermittelt. Die Emissionen an Kohlenmonoxid, organisch gebundenem Kohlenstoff und Staub müssen strenge Grenzwerte einhalten, um eine gute Beurteilung in dieser Kategorie zu erzielen. Mit diesem Vorschlag wird eine komplexe Aufgabe auf die wesentlichsten Aussagen heruntergebrochen. Die Klassengrenzen für eine Bewertung mit der Bestnote „A“ stellen hohe Ansprüche. Technologische Differenzierung bieten die Klassen „A+“ und „A++“. Die Klassen B bis G bilden aktuell den europäischen Bestand ab. In Zukunft kann schrittweise der Verkauf von neuen Geräten verboten werden, wenn diese nur die Kriterien für die letzten Klassen erfüllen. Mit diesem Produktlabel wird die Zielsetzung erreicht. Mit dem vorgeschlagenen Produktlabel werden die effizientesten Biomassefeuerungen mit den geringsten Umwelteinwirkungen werden gefördert. Damit würde dieses Produktlabel einen entscheidenden Beitrag zur Energieeinsparung und zur Erreichung von Klimazielen leisten.

11 Ausblick und Empfehlungen

Umsetzung

Ein Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen besitzt das Potential, positive Lenkungseffekte bezüglich Energieeffizienz und Umwelteinwirkungen in der gesamten EU zu erzielen. Aufgrund der komplexen Thematik und der hohen Anforderungen von vielen Seiten ist die entsprechende Vorstudie des Los 15 <http://www.ecosolidfuel.org> mit August 2010 vorerst ohne konkrete Ergebnisse. Es gibt weder finale Berichte noch einen Vorschlag für das Produktlabel bzw. für Durchführungsmaßnahmen. Die wichtigste Empfehlung des nationalen Spiegelprojektes BioHeatLABEL“ ist es, möglichst bald ein einfaches und nachvollziehbares Produktlabel für Biomassekleinfeuerungen umzusetzen. Ein entsprechender Vorschlag liegt mit diesem Bericht vor. Die Förderung und Forderung von Produkten am Stand der Technik ist ein Gebot der Stunde, die Einführung eines Labels für Biomassekleinfeuerungen überfällig. Nur so können höchste Umweltstandards beste Ressourceneffizienz bei verstärkter Nutzung von Biomasse in Kleinfeuerungsanlagen europaweit verbreitet und die Erreichung der 20/20/20-Ziele unterstützt werden. Biomasse weist hier mittelfristig großes Potential unter den erneuerbaren Energieträgern auf, bis 2020 wird beispielsweise in Österreich mit einer Verdopplung der energetischen Nutzung im Vergleich zu 2005 erwartet [Kopetz et al 2010].

Prüfung der Zukunft

Aufgrund der hier vorliegenden Ergebnisse sollen sich zukünftige Messungen und Analysen auf die Nutzungsphase von Feuerungsanlagen konzentrieren, da die ökologischen Auswirkungen aus der Errichtung und Entsorgung im Lebenszyklus sehr gering sind. Veröffentlichte Prüfstandsergebnisse und strenge Grenzwerte in Österreich sind mit verantwortlich für den hohen Entwicklungsstand am österreichischen Markt. Prüfstandswerte sind die Grundlage jedes Labels, haben aber bedingte Aussagekraft für den Praxisbetrieb:

- Praxisverbesserungen könnten Prüfstandswerte sogar verschlechtern und umgekehrt
- keine Aussagen über Umwelteinwirkungen bei schlechterem Brennstoff oder falschem Benutzerverhalten (Praxisemissionen und Jahresnutzungsgrade)
- keine Aussagen über Lastwechsel (Regelungsoptimierung)
- keine Aussagen über System (Auslegung und Regelungsoptimierung)

Um Unsicherheiten und Ungenauigkeiten zu minimieren ist auch die Prüfung von Biomassekleinfeuerungen weiter zu entwickeln und europaweit streng zu harmonisieren. Durch einen angepassten Betrieb könnten ein Jahresnutzungsgrad vom Prüfstand und praxisnahe Emissionswerte gemessen und somit zumindest der Geräteinfluss auf das Praxisverhalten „geprüft“ werden: Zum Beispiel Prüfung mit Lastwechsel und mit „schlechtem“ Benutzerverhalten (Worst Case Emissionen und Wirkungsgrad bei Fehlbedienung oder schlechterer aber üblicher Brennstoffqualität), Messung der elektrischen Leistungsaufnahme, experimentelle Grundlagen um eine Berechnungsmethode für ganzen Jahresbetrieb abzuleiten, Wirkungsgrad bei Warmwasserbereitung abhängig von der Warmwassertemperatur.

Weiterentwicklung des Labels

Aufgrund geänderter Rahmenbedingungen, besserer Datengrundlagen und Änderungen bei der Prüfung ist eine regelmäßige Anpassung des Labels notwendig. Beispielsweise durch den Bezug der Umwelteinwirkungen auf Nutzwärme über Lebenszyklus wird eine bessere Vergleichbarkeit erzielt. Eine vereinfachte Berechnung der Parameter kann mit gleichbleibend hoher Aussagekraft eingeführt werden, z.B. mit EU-weit festgelegten Primärenergiefaktoren und Faktoren für Emissionen vorgelagerter Prozesse wie Transport oder Stromverteilung. Aufgrund einer Änderung des Primärenergieaufwands mit der Zeit oder der Rohstoffquelle ist eine regelmäßige Anpassung der Faktoren erforderlich. Für die einzelnen Brennstoffe sollten Labels entwickelt werden (Kriterien z.B. Rohstoffquelle, Trocknungsart, Transportstrecken, kumulierte Treibhausgasemissionen und nukleare Abfälle), um auch hier den Wettbewerb anzuregen und ökologische Verbesserungen zu erzielen. Ebenso sollten ein oder mehrere Label für das gesamte Heizsystem oder weitere Komponenten wie etwa Regelung Haustechnik, Installation, Wärmespeicherung und –verteilung entwickelt werden.

12 Literaturverzeichnis

Bauer 2007

CHRISTIAN BAUER, *Holzenergie. Final Report Ecoinvent No. 6-IX*, Paul Scherer Institut, Villingen, und Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007.

E-Control 2007

<http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/statistik/dokumente/xls/strom>
BStGes3_ErzKomp-2006; download 2007

Energieverwertungsagentur 2003

ENERGIEVERWERTUNGSAGENTUR: *Entwicklung der NO_x- und SO₂-Emissionen im Hausbrand*, Wien 2003,

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007a

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE: *Marktübersicht Scheitholzvergaserkessel, Scheitholz-Pellet-Kombinationskessel*, 5. Auflage, Gülzow 2007

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007b

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE: *Marktübersicht Hackschnitzelheizungen*, 1. Auflage, Gülzow 2007

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007c

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE: *Marktübersicht Pellet-Zentralheizungen und Pelletöfen*, 4. Auflage, Gülzow 2007

FJ-BLT 2010

FRANCISO JOSEPHINUM BIOMASS LOGISTIC TECHNOLOGY WIESELBURG:
Heizkesselprüfungen, <http://blt.josephinum.at/index.php?id=653> (Juni 2010)

Frischknecht et Jungbluth 2007

ROLF FRISCHKNECHT, NIELS JUNGBLUTH (EDITORS), *Overview and Methodology. Ecoinvent report No.1*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007

Fritsche et Schmidt 2008

FRITSCHKE, UWE R.; SCHMIDT, KLAUS: *Handbuch zu GEMIS 4.5 (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme)*, Öko-Institut e.V., Darmstadt, August 2008

Klippel/Nussbaumer 2006

KLIPPEL N., NUSSBAUMER T.: *Feinstaubbildung in Holzfeuerungen und Gesundheitsrelevanz von Holzstaub im Vergleich zu Dieselmotoren*, IN: Tagungsband 9. Holzenergie-Symposium, Feinstaubminderung und Stromerzeugung im Rahmen der zukünftigen Energieversorgung. Oktober 2006, Zürich

Kopetz et al 2010

HEINZ KOPETZ, STEFAN MOIDL, ERNST SCHEIBER; *Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie*, Österreichischer Biomasseverband, 2010

Kunde 2008

KUNDE, R. ET AL.: *Emissions- und Leistungsmessungen an Pelletskesseln im Bestand*. IN: Tagungsband 8. IndustrieForum Pellets, 28. – 29. Oktober 2008, Stuttgart

Los 1 final Report Task 7

http://www.ecoboiler.org/public/ecoboiler_task7_final.pdf 28. Oktober 2009

Los 15 Base Case definition v2

http://www.ecosolidfuel.org/docs/base-case_definition_v2.pdf 28. Oktober 2009

Los 15 final Report Task 6

Technical analysis of BATs

http://www.ecosolidfuel.org/docs/BIO_EuP_Lot%2015_Task6_v1_200906.pdf 24. Juni 2009

Los 15 Working document Task 5

http://www.ecosolidfuel.org/docs/BIO_EuP_Lot15_Task_5_v1_200906.pdf 24. Juni 2009

Luisser 2007

LUISSER, M.; SCHMIDL, C.: *Emissionen aus Klein- und Kleinst-Pelletsfeuerungen*, IN: Tagungsband 7. IndustrieForum Pellets, 9.-10. Oktober 2007, Stuttgart

MEEuP Methodology Report 2005

VHK; VAN HOLSTEIJN EN KEMNA BV, *MEEuP Methodology Report; Final Report; Methodology Study Eco-design of Energy-using Produkts*, Delft November 2005, http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/2005_11_28_finalreport1_en.pdf 19.02.2008

MSI Marktstudie 2006

MSI MARKTSTUDIE: *Der Markt für moderne Feuerstätten in Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 2006

NÖ Landwirtschaftskammer 2008

NÖ LANDWIRTSCHAFTSKAMMER: *Biomasseheizungserhebung 2007*, St. Pölten, 2008

Nussbaumer et Oser 2004

THOMAS NUSSBAUMER UND MICHAEL OSER, *Evaluation of Biomass Combustion based Energy Systems by Cumulative Energy Demand and Energy Yield Coefficient*, IEA Bioenergy Task 32 / Swiss Federal Office of Energy (SFOE),

Regionalenergie Steiermark 2009

REGIONALENERGIE STEIERMARK: *Energieträgervergleich*, www.regionalenergie.at, März 2009

Wodtke 2009

WODTKE, *Preislisten*, www.wodtke.com, März 2009

13 Anhang

Begriffe, Definitionen und Abkürzungen

100%-Regel

Bei der Lebensweg-Berechnung werden die Nutzungsgrade aller Primärenergiegewinner (Prozesse, die Ressourcen umwandeln) definitorisch auf 100% gesetzt,¹⁵ siehe GEMIS 4.5 [Fritsche et Schmidt 2008].

Anteil des erneuerbaren kumulierten Primärenergieverbrauchs (A_{ern})

Verhältnis der erneuerbaren Primärenergie zum gesamten kumulierten Primärenergieverbrauch.

Base Case (BC)

Ein Base Case ist eine virtuelle Biomassekleinfeuerung und repräsentiert eine Produktgruppe. Folgende Base Case werden definiert: Scheitholzkessel Naturzug (SH-Kessel NZ), Scheitholzkessel mit Saugzugunterstützung (SH-Kessel SZ), Pelletskessel (P-Kessel), Hackgutkessel (HG-Kessel), Pelletsofen (P-Ofen), Scheitholzofen (SH-Ofen). Als Datengrundlage dienen Prüfberichte von 1997 bis 2008, womit die derzeit verkauften Geräte abgebildet werden sollen.

Best Available Technology (BAT)

Die „Best Available Technology“ entspricht dem Stand der Technik und bezieht sich auf das Ökodesign, also die Umwelteinwirkungen. BAT wird von den besten am Markt verfügbaren Produkten inklusive der besten verfügbaren Zusatz-Komponenten, deren technische Machbarkeit zumindest erfolgreich demonstriert wurde und deren Markteinführung unmittelbar bevor steht, repräsentiert. Damit ermöglicht BAT minimale Umwelteinwirkungen.

Auf Produktebene wird BAT folgendermaßen definiert: Gerät einer Produktgruppe mit höchstem Wirkungsgrad, wobei die CO-Emissionen niedriger als der entsprechende Base Case sein müssen.

Best Not yet Available Technology (BNAT)

Langfristige potentielle technologische Verbesserung von BAT (derzeitige Optionen im Entwicklungsstadium).

Brennstoffe, betrachtete

Scheitholz nach ÖNORM M 7132, Holzpellets nach ÖNORM M 7135, Hackgut nach ÖNORM M 7133

Brennstoffwärmeleistung (BSWL, auch Feuerungsleistung)

Die dem Heizkessel pro Zeiteinheit vom Brennstoff zugeführte Wärme(menge), basierend auf dem Heizwert (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5).

¹⁵ Die 100%-Regel gilt ausschließlich für Prozesse, die Primärenergien oder Rohstoffe gewinnen - alle anderen Prozesse bleiben davon unberührt! Der Grund für die 100%-Regel in GEMIS anstelle der VDI-Richtlinie 4600 ist, dass die VDI-Methodik eine Ungleichheit zwischen fossiler und erneuerbarer Energiegewinnung darstellt: während z.B. Öl- und Kohleförderung als 100% effizient angesetzt werden (alle Förderverluste gehen zu Lasten des Lagers), setzt die VDI-Methode für die z.B. Windkraftnutzung eine Effizienz von 20-35% an (abhängig von der Technik). Ähnlich wird bei der Solarkraftnutzung eine Effizienz von 5-10 % (Solarstrom aus PV-Zellen) bzw. 25-40% (Solarwärme aus Kollektoren) angesetzt. Die neue KEA-Methodik in GEMIS behandelt dagegen alle gleich: alle Energiegewinner werden auf 100% Nutzungsgrad gesetzt, was auch mit den internationalen Regeln von Energiestatistiken kompatibel ist.

Brennwert (BW), englisch gross calorific value (GCV)

Der Brennwert eines Brennstoffes gibt jene Wärmemenge an, die bei Verbrennung und anschließender Abkühlung der Verbrennungsgase auf 25 °C freigesetzt wird, wenn das Wasser in den Verbrennungsprodukten kondensiert wird¹⁶.

CO₂-neutral

CO₂-neutralen Brennstoffen werden keine Netto-Emissionen an CO₂ aus ihrem Kohlenstoffgehalt angerechnet werden, da der Kohlenstoff beim Aufbau des Brennstoffs aus der Atmosphäre entnommen wurde. Diese "geschlossene Kohlenstoffbilanz gilt für Biomasse aus nachhaltigem Anbau. Beachten Sie, dass CO₂-Emissionen aus vorgelagerten Prozessen sowie andere Treibhausgase auch bei CO₂-neutralen Brennstoffen bilanziert werden.

Designvarianten (DV)

Die Kombination aus besten Produkten mit derzeit besten verfügbaren Komponenten stellt das aktuelle technische Potential dar und wird mit Designvarianten der Base Case definiert.

Durchforstung (D)

Pellets aus Durchforstung (Gegenteil: Pellets aus Sägenebenprodukten SNP)

Emissionswerte Prüfung

Kohlenmonoxid CO, (Stickoxide NO_x), Organisch gebundener Kohlenstoff OrgC, Staub (nur Feinstaub kleiner PM 10) jeweils in mg/MJ Brennstoff = Endenergie (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5) (Achtung: Emissionsfaktoren in GEMIS beziehen sich auf den Output eines Prozesses: für Energiesysteme z.B. kg je MWh Strom- oder Wärmeerzeugung)

Entwicklungsstand, Definition des

Basisanforderung: Option zeichnet den Großteil der am Markt befindlichen Geräte aus (Prüfungen in den letzten 10 Jahren)

Stand der Technik: Option zeichnet eine Minderheit der am Markt befindlichen Produkte aus oder stellt eine umsetzungsnahe technische Option dar

Stand der Entwicklung: Technisch denkbare Option, die in den nächsten 2-3 Jahren wahrscheinlich NICHT umgesetzt wird

Geräteeffizienz

Die Geräteeffizienz ist eine Bewertungsgröße für den Brennstoff- bzw. End-Energieverbrauch und wird mit dem Jahresnutzungsgrad gleichgesetzt.

Heizwert (HW), englisch net calorific value (NCV)

Der Heizwert eines Brennstoffes gibt jene Wärmemenge an, die bei Verbrennung und anschließender Abkühlung der Verbrennungsgase auf 25 °C freigesetzt wird, wenn das Wasser in den Verbrennungsprodukten NICHT kondensiert wird¹⁷.

¹⁶ Nach DIN 5499 ist der spezifische **Brennwert** der Quotient aus der bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffs freiwerdenden Wärmemenge (=Reaktionsenthalpie) und dem Gewicht dieser Brennstoffmenge. Voraussetzungen: vor und nach der Verbrennung herrschen 25 °C, **Wasser** in Verbrennungsprodukten ist **kondensiert**, Verbrennungsprodukte von Kohlenstoff und Schwefel sind gasförmig, Stickstoff wird nicht oxidiert.

¹⁷ Nach DIN 5499 ist der spezifische **Heizwert** der Quotient aus der bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffs freiwerdenden Wärmemenge (=Reaktionsenthalpie) und dem Gewicht dieser Brennstoffmenge. Voraussetzungen: vor und nach der Verbrennung herrschen 25 °C, **Wasser** in Verbrennungsprodukten ist

Jahresnutzungsgrad (JNG)

Der Jahresnutzungsgrad gibt das Verhältnis der abgegebenen Nutzwärme zur zugeführten Brennstoffenergie (bezogen auf den Heizwert) im gesamten Jahreszyklus an, jedoch ohne Berücksichtigung von Hilfsenergien und -stoffen¹⁸. Für Biomassefeuerungen im Bestand gibt es verschiedene Schätz- und Erfahrungswerte. Für neue Biomassefeuerungen am Stand der Technik wird angenommen, dass der Jahresnutzungsgrad von Kesseln 12 % und für Öfen 5 % unterhalb dem Prüfungswirkungsgrad bei Nenn-Wärmeleistung liegt.

KEV

Kumulierter Primärenergieverbrauch, siehe Primärenergieverbrauch

Kleinste Wärmeleistung (kl.-WL)

Die vom Hersteller nach den Anforderungen der jeweiligen Norm in Abhängigkeit des Brennstoffs festgelegte kleinste Dauerleistung (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5).

Lebenszyklusanalyse (LZA, englisch Life Cycle Assessment LCA)

Eine Lebenszyklusanalyse ist ein Ansatz zur Bewertung der Umwelteinwirkungen von Produkten und Dienstleistungen nach dem Konzept des Lebenswegs (von der Wiege bis zur Bahre), d.h. die Umwelteffekte werden von der Rohstoff- oder Primärenergiegewinnung über die Herstellung notwendiger Materialien und die Nutzungsphase eines Produkts bis zu seiner Entsorgung (oder Recycling) in einer Sachbilanz ermittelt und einer Bewertung unterzogen.

Lebenszykluskosten (LZK, englisch Life Cycle Costs LCC)

Lebenszykluskosten beschreiben alle Kosten, die eine Feuerungsanlage (Kessel oder Ofen) zur Wärmeversorgung über den Lebenszyklus von der Anschaffung über die Nutzung bis zur Entsorgung verursacht.

Nenn-Wärmeleistung (NWL)

Die vom Hersteller nach den Anforderungen der jeweiligen Norm unter Angabe des Brennstoffs festgelegte maximale Dauerleistung (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5) (– NICHT Nutzwärmeleistung).

Nutzwärme (NW), Annahme für jährliche

Nennwärmeleistung x jährliche Betriebsstunden bei Nennwärmeleistung

Ökoeffizienz

Mathematisches Produkt aus Primärenergieausnutzung und Anteil des erneuerbaren kumulierten Primärenergieverbrauchs.

Ökologische Bewertung

Im Rahmen dieses Berichts als Lebenszyklusanalyse, siehe dort.

gasförmig, Verbrennungsprodukte von Kohlenstoff und Schwefel sind gasförmig, Stickstoff wird nicht oxidiert.

¹⁸ Für den Jahresnutzungsgrad sind neben dem Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung folgende Verluste maßgeblich: Wirkungsgrad im gesamten Wärmeleistungsbereich, Abstrahlung von Wärme bei ungedämmten Rohranschlüssen, gegebenenfalls Pufferverluste (Frage der Systemgrenzen), Auskühlung bei Taktbetrieb (nicht für Zimmergeräte), Verluste durch schlechtere Wirkungsgrade und unvollständige Verbrennung beim Start bzw. Ausbrand, zusätzliche Abgasverluste durch erhöhten Luftüberschuss beim Start bzw. Ausbrand, Verschmutzung Wärmetauscher, Benutzerverhalten, Brennstoffqualität, Überdimensionierung/Heizlast (der Hilfsenergiebedarf fließt weder in die Ermittlung des Wirkungsgrades noch in die Ermittlung des Jahresnutzungsgrades ein).

Overall Improvement Factor (OIF)

Bewertungsgröße für den Unterschied zwischen neuen Geräten und dem Bestand (Hebel gegen Bestand, nicht gegen Stand der Technik bzw. derzeit verkaufte Geräte).
Definition: Quotient aus dem Wirkungsgrad (des betrachteten Base Case oder der betrachteten Designvariante) und dem Wirkungsgrad des Bestandes. Der OIF wird abgeschätzt, wie sich der Energieaufwand älterer Generationen von Feuerungsanlagen zum aktuellen Bestand verhält. Der OIR gibt das Verhältnis zwischen dem jährlichen Energieverbrauch (Strom und Brennstoff) in der Nutzungsphase einer durchschnittlichen Feuerungsanlage des Bestandes

Present Worth Factor (PWF).

Der PWF wird mit einem kalkulatorischen Zinssatz und für eine angenommene Nutzungsdauer errechnet. Als kalkulatorischer Zinssatz werden die Kreditzinsen im Bezugsjahr verringert um die Inflation herangezogen. Für den PWF ergibt sich mit einem kalkulatorischen Zinssatz von 3,2% für eine Nutzungsdauer von 20 Jahren ein Wert von 14,6.

Primärenergieausnutzung (PEA)

Die Primärenergieausnutzung ist der Quotient aus Nutzenergie und Primärenergie.

Primärenergieverbrauch, kumulierter (KEV, englisch gross energy requirement, GER)

Der kumulierte Energieverbrauch nach GEMIS 4.5 [Fritsche et Schmidt 2008] ist eine Maßzahl für den gesamten Verbrauch an Energieressourcen (Primärenergien) zur Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung. Kumuliert bedeutet, dass vorgelagerte Aktivitäten (Prozesse), die stattfinden müssen bevor ein Produkt (Energieträger, Stoff) von einem Prozess verwendet werden kann, berücksichtigt sind. Typische vorgelagerte Prozesse sind z.B. Bergbau (Gewinnung bzw. Extraktion), Verschiffung (Transport), Raffination (Umwandlung), aber auch Prozesse für Hilfsprodukte wie z.B. die Strom- oder Prozesswärmebereitstellung und die Bereitstellungsprozesse für Baumaterialien zur Herstellung von Prozessen. Der KEV kann unterteilt werden in den Anteil erneuerbarer und nichterneuerbarer Primärenergien. Erneuerbare Energien sind Ressourcen, die ständig nachwachsen (Biomasse) oder von der Sonne (Solarenergie, Wasserkraft, Wind) bzw. Erdwärme (Geothermie) oder Planetengravitation¹⁹ (vom Mond verursachte Gezeiten) kontinuierlich nachgeliefert werden, also nicht erschöpflich sind – im Gegensatz zu den fossilen (Kohle, Erdgas, Erdöl) und nuklearen Energieträgern. erneuerbare Energieträger (Biomasse, Sonne, Wasserkraft, Wind). Energetisch nutzbare Reststoffe werden dem KEV nicht angerechnet – diese sind Rezyklate.

Sägenebenprodukte (SNP)

Pellets aus Sägenebenprodukten (Gegenteil: Pellets aus Durchforstung D)

¹⁹ In GEMIS 4.5 [Fritsche et Schmidt 2008] nicht erwähnt.

Technische Optionen

Technische Optionen beschreiben die Ausführung einer Biomassefeuerung und ermöglichen die Zuordnung zum Entwicklungsstand, sagen jedoch nichts über tatsächliche erzielbare Wirkungsgrade oder Emissionswerte aus. Zu den technischen Optionen zählen: Luftstufung inkl. Scheibenspülung, Sichtfenster, Brennkammer mit keramischer Auskleidung, Konvektionsgebläse, Saugzug, Temperaturregelung, fortschrittliche Regelung (λ oder CO), Automatische Brennstoffförderung, Wasserwärmetauscher (bei Zimmergeräten), Zugbegrenzer, Speichermasse, Katalytische Nachverbrennung, Elektrofilter, Gewebefilter, Kondensationswärmetauscher, Abgas-Rezirkulation

Treibhausgase (THG) sind gasförmige Emissionen, die zum Treibhauseffekt beitragen. Sie gehören zu den relevanten Umweltindikatoren und lassen sich zum relativen Treibhauspotenzial (THP) als Summenparameter aggregieren. Wichtige THG sind CO₂, CH₄ und N₂O sowie SF₆, PFC und HFC (sog. Kyoto-Gase). Äquivalenzfaktoren nach [MEEuP Methodology Report 2005]: CO₂ – 1, CO – 1,57, N₂O – 296, CH₄ – 21, SF₆ – 22200 (siehe auch <http://www.ipcc.ch/> IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change)

Treibhauspotenzial (THP, englisch global warming potential GWP)

ist das massebezogene Äquivalent der Treibhauswirkung von THG, bezogen auf das "Leit"-Gas CO₂ - daher wird es in CO₂-Äquivalenten angegeben. Das THP ist aufgrund der Wirkungscharakteristik von THG und deren unterschiedlichen atmosphärischen Verweildauern ein zeitliches Integral über einen bestimmten Zeitraum.

Versauerungspotenzial (VP, englisch acidification potential - AP)

Das Versauerungspotential ist das Ergebnis der Aggregation von versauernd wirkenden Luftschadstoffen, ausgedrückt in massebezogenen SO₂-Äquivalenten. Es gehört zu den wichtigsten Umweltindikatoren. SO₂-Äquivalent ist der quantitative Ausdruck des Versauerungspotenzials, bezogen auf das "Leit"-Gas SO₂. In die SO₂-Äquivalente gehen neben SO₂ auch die Luftschadstoffe NO_x, HCl, HF, NH₃ und H₂S ein. Äquivalenzfaktoren nach [MEEuP Methodology Report 2005]: SO₂ – 1, NO – 1,07, NO₂ – 0,7, NH₃ – 1,88, HCl – 0,88, HF – 1,6 (siehe auch <http://www.epa.gov/oppt/greenengineering/> EPA Green Engineering | OPPT | OCSPP | US EPA)

Wärmeleistung (WL)

Die von der Feuerung pro Zeiteinheit nach den Anforderungen der jeweiligen Norm nutzbar abgegebene Wärme(menge) (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5).

Wärmeleistungsbereich (WLB)

Bereich der Wärmeleistung zwischen kleinster Wärmeleistung und Nenn-Wärmeleistung, in welchem die Anforderungen der jeweiligen Norm erfüllt werden (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5).

Wirkungsgrad (WG)

Verhältnis der abgegebenen nutzbaren Wärmeleistung zur Brennstoffwärmeleistung (siehe z.B. ÖNORM EN 303-5).

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standards für die Typenprüfung von Biomassekleinfeuerungen

7

Tabelle 2: Verkaufszahlen für Scheitholz-, Hackgut- und Pelletskessel <100 kW im Zeitraum 2001 – 2007 [NÖ Landwirtschaftskammer 2008]	7
Tabelle 3: Verkaufszahlen für Kamin- und Pelletsöfen nach Typ im Zeitraum 2002 – 2006 [MSI Marktstudie 2006]	7
Tabelle 4: Altersstruktur der Biomassekessel in Österreich 2006 [Energieverwertungsagentur 2003, eigene Schätzungen]	8
Tabelle 5: Durchschnittliche Kesselgrundpreise ohne MWSt., statistische Auswertung [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007a, b, c]	8
Tabelle 6: Durchschnittliche Ofengrundpreise ohne MWSt., statistische Auswertung [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2007c, Wodtke 2009]	8
Tabelle 7: Durchschnittliche Brennstoffpreise [Regionalenergie Steiermark 2009]	9
Tabelle 8: Materialeinsatz und Produktgewicht Pelletskessel, basierend auf Herstellerangaben	10
Tabelle 9: Materialeinsatz für Verpackung, basierend auf Herstellerangaben	10
Tabelle 10: Base Cases - Öfen	13
Tabelle 11: Base Cases - Kessel	15
Tabelle 12: Grunddaten Base Case Kessel	19
Tabelle 13: Grunddaten Base Case Öfen	19
Tabelle 14: Vergütung für Sekundärrohstoffe	21
Tabelle 15: Materialien pro DV-Kessel und DV-Ofen	21
Tabelle 16: Erlöse pro DV-Kessel und DV-Ofen	21
Tabelle 17: Entsorgungskosten für DV-Kessel und DV-Öfen	22
Tabelle 18: Lebenszykluskosten für den Base Case	25
Tabelle 19: Äquivalenzfaktoren der Emissionen mit der größten Treibhauswirkung [MEEuP Methodology Report 2005]	29
Tabelle 20: Äquivalenzfaktoren der Emissionen mit Beitrag zur Versauerung	29
Tabelle 21: Strommix Österreich 2006; [E-Control 2007]	31

Tabelle 22: Grunddaten Base Case–Kessel	33
Tabelle 23: Grunddaten Base Case–Ofen	34
Tabelle 24: Kumulierter Primärenergieverbrauch der Base Cases für Kessel und Öfen	36
Tabelle 25: Treibhausgas-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen	40
Tabelle 26: Versauerungspotential der Base Cases für Kessel und Öfen	44
Tabelle 27: Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen	48
Tabelle 28: Staub-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen	52
Tabelle 29: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Scheitholzöfen (8 Prüfberichte aus 2001-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)	55
Tabelle 30: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Pelletsöfen (6 Prüfberichte aus 2007-2008, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)	56
Tabelle 31: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für SH-Kessel Naturzug (3 Prüfberichte aus 2007-2008, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)	56
Tabelle 32: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für SH-Kessel Saugzug (44 Prüfberichte aus 1999-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)	56
Tabelle 33: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Pelletskessel (93 Prüfberichte aus 2000-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)	57
Tabelle 34: Gegenüberstellung - Best Available Technology und Base Case für Hackgutkessel (54 Prüfberichte aus 1997-2007, Prüfstandswerte bei Nennwärmeleistung)	57
Tabelle 35: Designvarianten Öfen und Vergleich zu Base Cases	60
Tabelle 36: Designvarianten Scheitholz-Kessel und Vergleich zu Base Cases	61
Tabelle 37: Designvarianten Pellets- und Hackgutkessel und Vergleich zu Base Cases	62
Tabelle 38: Grunddaten Designvariante-Kessel	63
Tabelle 39: Grunddaten Designvariante-Ofen	64
Tabelle 40: Lebenszykluskosten für die Designvarianten	67
Tabelle 41: Grunddaten Designvariante–Kessel	69
Tabelle 42: Grunddaten Designvariante–Ofen	70

Tabelle 43: Kumulierter Primärenergieverbrauch der Designvarianten für die Kessel und Öfen	73
Tabelle 44: Treibhausgas-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen	76
Tabelle 45: Versauerungspotential der Designvarianten für Kessel und Öfen	79
Tabelle 46: Flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen	82
Tabelle 47: Staub-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen	85
Tabelle 48: Vergleich der Lebenszykluskosten des Base Case mit den Designvarianten	87
Tabelle 49: Vergleich des Base Case mit den Designvarianten	90
Tabelle 50: Vorschlag für Klassengrenzen für Indikator zum Energieverbrauch	97
Tabelle 51: Vorschlag für Klassengrenzen für Indikator zum Ressourcenverbrauch	99
Tabelle 52: Vorschlag für Klassengrenzen für Indikator zur Emissionsklasse	100
Tabelle 53: Exemplarische Indikatoren für die betrachteten Produktuntergruppen (Zahlenangaben in Klammer Jahresnutzungsgrad bzw. Ökoeffizienz)	102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 CO-Emissionen und Wirkungsgrade von Biomassekesseln am Prüfstand [FJ-BLT 2010]	11
Abbildung 2: Anfallende Kosten über den Lebenszyklus	17
Abbildung 3: Lebenszykluskosten bezogen auf die Nutzwärme für den Base Case	24
Abbildung 4: Anteile der Lebenszykluskosten für den Base Case	24
Abbildung 5: Beiträge zu Umwelteinwirkungen in den Lebenszyklusphasen der Feuerungsanlage	27
Abbildung 6: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch der Base Cases für Kessel und Öfen	37
Abbildung 7: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch in der Nutzungsphase	37
Abbildung 8: Spezifischer Kumulierter Primärenergieverbrauch für die Bereitstellung von Brennstoffen	38

Abbildung 9: Spezifische Treibhausgas-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen	39
Abbildung 10: Spezifische Treibhausgas-Emissionen in der Nutzungsphase	41
Abbildung 11: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Treibhausgas-Emissionen des „SH-Kessel SZ“	41
Abbildung 12: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Treibhausgas-Emissionen des „P-Ofen (D)“	42
Abbildung 13: Spezifisches Versauerungspotential der Base Cases für Kessel und Öfen	43
Abbildung 14: Spezifisches Versauerungspotential in der Nutzungsphase	45
Abbildung 15: Anteile der Lebenszyklusphasen am spezifischen Versauerungspotential des „SH-Ofen“	45
Abbildung 16: Anteile der Lebenszyklusphasen am spezifischen Versauerungspotential des „P-Ofen (D)“	46
Abbildung 17: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen	47
Abbildung 18: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen in der Nutzungsphase	49
Abbildung 19: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen flüchtigen Kohlenwasserstoff-Emissionen des „HG-Kessel“	49
Abbildung 20: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen flüchtigen Kohlenwasserstoff-Emissionen des „SH-Ofen“	50
Abbildung 21: Spezifische Staub-Emissionen der Base Cases für Kessel und Öfen	51
Abbildung 22: Spezifische Staub-Emissionen in der Nutzungsphase	53
Abbildung 23: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Staub-Emissionen des Kessels „SH-Kessel NZ“	53
Abbildung 24: Anteile der Lebenszyklusphasen an den spezifischen Staub-Emissionen des „SH-Ofen“	54
Abbildung 25: Lebenszykluskosten bezogen auf Nutzwärme für die Designvarianten	66
Abbildung 26: Anteile der Lebenszykluskosten für die Designvarianten	66

Abbildung 27: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch der Designvarianten für die Kessel und Öfen.....	71
Abbildung 28: Spezifischer kumulierter Primärenergieverbrauch der Designvarianten in der Nutzungsphase	72
Abbildung 29: Spezifische Treibhausgas-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen	74
Abbildung 30: Spezifische Treibhausgas-Emissionen der Designvarianten in der Nutzungsphase	75
Abbildung 31: Spezifisches Versauerungspotential der Designvarianten für Kessel und Öfen .	77
Abbildung 32: Spezifisches Versauerungspotential in der Nutzungsphase.....	78
Abbildung 33: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen.....	81
Abbildung 34: Spezifische flüchtige Kohlenwasserstoff-Emissionen in der Nutzungsphase.....	81
Abbildung 35: Spezifische Staub-Emissionen der Designvarianten für Kessel und Öfen	84
Abbildung 36: Spezifische Staub-Emissionen in der Nutzungsphase	84
Abbildung 37: Vergleich der Lebenszykluskosten des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)	87
Abbildung 38: Vergleich des kumulierten Primärenergieverbrauchs des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)	91
Abbildung 39: Vergleich der Treibhausgas-Emissionen des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)	91
Abbildung 40: Vergleich des Versauerungspotentials des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)	92
Abbildung 41: Vergleich der flüchtigen Kohlenwasserstoff-Emissionen des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)	92
Abbildung 42: Vergleich der Staub-Emissionen des Base Case (BC) mit den Designvarianten (DV)	93
Abbildung 43: Vorschlag eines Produktlabels für Biomassekleinfeuerungen.....	96

IMPRESSUM

Verfasser

BIOENERGY 2020+ GmbH

Walter Haslinger
Gewerbepark Haag 3, 3250 Wieselburg
T +43 (0) 7416 52238-10
F +43 (0) 7416 52238-99
E-Mail: walter.haslinger@bioenergy2020.eu
Web: www.bioenergy2020.eu

Autoren

Susanne Griesmayr, Wilhelm Moser,
Christoph Strasser (Bioenergy 2020+)

Gerfried Jungmeier, Angelika Lingitz,
Lorenza Canella, Kurt Könighofer
(Joanneum Research)

Projektpartner

FJ-BLT Leopold Lasselsberger, A. Eder,
Fröling, Guntamatic, Hargassner, Herz,
Hoval, KWB, ÖkoFen, SHT, Windhager
(Biowärme-Forum Austria), Calimax, HET,
RIKA, klima aktiv Holzwärme, Pro Pellets

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