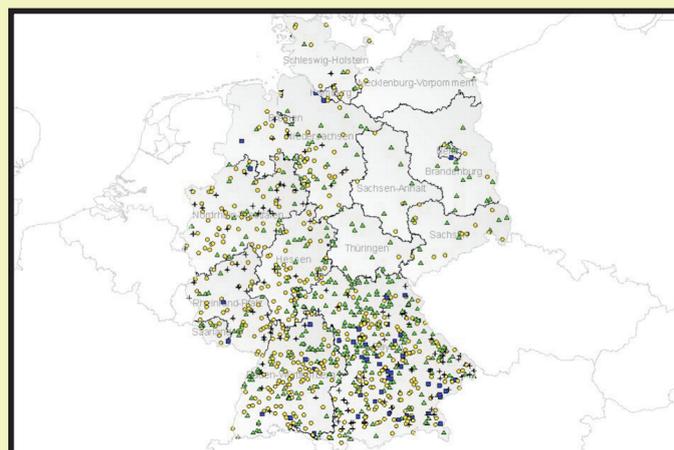




Berichte aus dem TFZ

Kleine Biomassefeuerungen

Marktbetrachtungen, Betriebsdaten,
Kosten und Wirtschaftlichkeit



**Kleine Biomassefeuerungen –
Marktbetrachtungen, Betriebsdaten, Kosten
und Wirtschaftlichkeit**



Kleine Biomassefeuerungen – Marktbetrachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit

Dr. Hans Hartmann
Klaus Reisinger
Christian Nothhaft
Peter Turowski

Berichte aus dem TFZ 21

Straubing, Februar 2010

Titel: Kleine Biomassefeuerungen –
Marktbetrachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit

Autoren/Bearbeiter: Dr. Hans Hartmann, Klaus Reisinger, Christian Nothaft, Peter Turowski

Projektleiter: Dr. Hans Hartmann

in Kooperation mit: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-
Württemberg (ZSW), Stuttgart

Der vorliegende Bericht stellt einen thematisch abgegrenzten und eigenständigen weitgehend wortgleichen Auszug aus einem Gesamtbericht dar, der im Unterauftrag durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in 2009 erarbeitet und in 2010 nur geringfügig aktualisiert wurde. Der auf der Internetseite der DLR (<http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2908/>) im Januar 2010 veröffentlichte Gesamtbericht trägt den Titel „Nast, M. et. al. 2009: Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2007 bis Dezember 2008 (16,16 MB)“.

Die Verantwortung für den Inhalt der hier vorliegenden Veröffentlichung liegt bei den oben genannten Autoren.

© 2010
Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

ISSN: 1614-1008

Hrsg.: Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
Schulgasse 18, 94315 Straubing

E-Mail: poststelle@tfz.bayern.de

Internet: www.tfz.bayern.de

Redaktion: Dr. Hans Hartmann, Klaus Reisinger

Verlag: Eigenverlag, Technologie- und Förderzentrum (TFZ)

Erscheinungsort: Straubing

Erscheinungsjahr: 2010

Gestaltung: Dr. Hans Hartmann, Klaus Reisinger, Wolfgang Schwimmer

Fotonachweis: TFZ

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis.....	9
1 Einführung und Aufgabenstellung	11
2 Auswertung einer 1.000-Anlagenstichprobe	13
2.1 Vorgehen	13
2.2 Allgemeine Auswertungen	14
2.3 Marktanteile und Marktvolumina	17
2.4 Auswertungen zu den spezifischen Anlagenkosten	22
3 Ergänzende Fragebogenaktion.....	31
3.1 Vorgehen	31
3.2 Rücklauf und Repräsentativität	33
3.3 Ergebnisse zur Zufriedenheit der Anlagenbetreiber	33
3.4 Ergebnisse zum Brennstoffbezug	34
3.5 Ergebnisse zum Brennstoffersatz	35
3.6 Ergebnisse zum Reinigungsaufwand	36
3.7 Ergebnisse zu den Wartungskosten.....	38
3.8 Ergebnisse zur Heizraumgröße	40
3.9 Ergebnisse zu den Emissionswerten der Schornsteinfegermessungen	41
3.10 Ergebnisse zur Kombination mit solarthermischen Anlagen	45
3.11 Ersetzte Brennstoffe	45
4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	47
4.1 Vorgehen und Annahmen	47
4.2 Kostenvergleichsrechnungen für 2006-2007	56
4.3 Kostenvergleiche auf Basis der Brennstoffpreise von 2009	58
4.4 Förderanteil an der Investitionssumme	61
5 Zusammenfassung.....	63
6 Quellenverzeichnis.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verteilung der Anlagentypen in der Stichprobe und der Grundgesamtheit (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe.....	14
Abbildung 2:	Geographische Verteilung der 1.000-Anlagenstichprobe nach Feuerungsart (Kaminöfen: Pelletöfen mit und ohne Wassertasche).....	15
Abbildung 3:	Häufigkeit der Verwendung eines Wärmespeichers in der 1.000-Anlagenstichprobe	16
Abbildung 4:	Marktanteile der Anlagenhersteller für die 1.000-Anlagenstichprobe (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe.....	18
Abbildung 5:	Marktanteile nach Herkunftsländern für die 1.000-Anlagenstichprobe (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe.....	19
Abbildung 6:	Installierte thermische Gesamtleistung nach 1.000-Anlagenstichprobe und nach BAFA-Gesamtdaten	22
Abbildung 7:	Spezifische Kesselkosten. n = Größe der Stichprobe	23
Abbildung 8:	Spezifische Peripheriekosten. n = Größe der Stichprobe	25
Abbildung 9:	Spezifische Kosten für den Wärmespeicher. n = Größe der Stichprobe.....	26
Abbildung 10:	Spezifische Kosten für den Raumaustrag. n = Größe der Stichprobe	27
Abbildung 11:	Spezifische Kosten der Montage. n = Größe der Stichprobe.....	28
Abbildung 12:	Zusammensetzung der Gesamtkosten. n = Größe der Stichprobe.....	29
Abbildung 13:	Fragenblock in der zusätzlichen Fragebogenaktion unter den 776 geförderten Anlagenbetreibern.....	32
Abbildung 14:	Anlagenverteilung in 1.000-Anlagenstichprobe und im Fragebogenrücklauf (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe.....	33
Abbildung 15:	Zufriedenheit der befragten Anlagenbetreiber (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe	33
Abbildung 16:	Brennstoffbezug nach Anlagenarten (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe	35
Abbildung 17:	Ersetzter Brennstoff nach Anlagenarten (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe	36
Abbildung 18:	Anzahl der Reinigungen und Ascheentleerungen je Heizperiode. n = Größe der Stichprobe.....	37
Abbildung 19:	Zeitaufwand für Reinigung und Ascheentleerung je Heizperiode. n = Größe der Stichprobe.....	38
Abbildung 20:	Durchführung der Wartungsarbeiten. n = Größe der Stichprobe	39

Abbildung 21: Kosten je Heizperiode für Wartung bei Durchführung in Eigen- bzw. durch Fremdleistung. n = Größe der auswertbaren Stichprobe	40
Abbildung 22: Fläche des Heiz- und Austragraums. n = Größe der Stichprobe	41
Abbildung 23: Kohlenmonoxid (CO)-Emissionsverteilung nach Typenprüfungs- und Schornsteinfegermessung. n = Größe der Stichprobe	43
Abbildung 24: Gesamtstaub-Emissionsverteilung nach Typenprüfungs- und Schornsteinfegermessung. n = Größe der Stichprobe	44
Abbildung 25: Kombination von solarthermischer Energienutzung mit einer Holzfeuerung (als Ergebnis der Befragung). n = Größe der Stichprobe	45
Abbildung 26: Jährlich (pro Heizperiode) ersetzte Energieträger in Holzfeuerungen bis 100 kW, die durch das MAP in den Jahren 2006 bis 2007 gefördert wurden (Ergebnisse der Befragung)	46
Abbildung 27: Verlauf der Preise für Biomassebrennstoffe im Vergleich zu Heizöl von 2001 bis 2010. Angaben hier: inkl. MwSt. (Datenquelle: siehe Angaben zu Tabelle 5)	53
Abbildung 28: Anschaffungskosten für Heizölkessel und Heizöltanks nach Herstellerangaben (ohne Rabatte). Angaben hier: ohne MwSt.	54
Abbildung 29: Anschaffungskosten für Erdgas-Brennwertkessel nach Herstellerangaben (ohne Rabatte). Angaben hier: ohne MwSt.	55
Abbildung 30: Kosten der Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme mit und ohne Förderung durch das MAP, mit MwSt. Brennstoffpreise hier: Mittelwerte 2006 bis 2007 (vgl. Tabelle 5)	58
Abbildung 31: Kosten der Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme mit und ohne Förderung durch das MAP, mit MwSt. Brennstoffpreise hier: Februar 2009 (vgl. Tabelle 5)	60
Abbildung 32: Spezifische Investitionskosten der Referenz-Biomasseanlagen und Förderung durch das MAP (Preise: 2006-2007)	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hochrechnung des durch das MAP in den Herkunftsländern ausgelösten Gesamtumsatzes durch Kesselverkäufe (ohne Speicher, Montage, Peripherie etc.)	20
Tabelle 2:	Differenzierung der gesamten Kesselinvestition nach Anlagenbauarten und Herkunftsländern (ohne Speicher, Montage, Peripherie etc.).....	21
Tabelle 3:	Mittlere Rabatte bei den Kesselanschaffungskosten. Vergleich von Listenpreisangaben für 2007 und Kostenangaben in der 1.000-Anlagenstichprobe (für gleiche Anlagentypen)	24
Tabelle 4:	Übersicht über Referenzsysteme der betrachteten Biomassefeuerungen	47
Tabelle 5:	Mittlere und aktuelle Preise für Brennstoffe und elektrischer Strom inkl. MwSt.....	52
Tabelle 6:	Berechnung der Kosten für die Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme. Brennstoffpreise hier: Mittelwerte von 2006 bis 2007 (vgl. Tabelle 5) SH Scheitholz, HS Hackschnitzel, Öl Heizöl H _{EL} (Niedertemperaturanlage), Gas Erdgas (Brennwertanlage)	57
Tabelle 7:	Berechnung der Kosten für die Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme. Brennstoffpreise hier: Mittelwerte Februar 2009 (vgl. Tabelle 5) SH Scheitholz, HS Hackschnitzel, Öl Heizöl HEL (Niedertemperaturanlage), Gas Erdgas (Brennwertanlage)	59

1 Einführung und Aufgabenstellung

Bei der Förderung der energetischen Nutzung der Biomasse unterscheidet das Marktanreizprogramm (MAP) im Wesentlichen zwischen Anlagen unter und über 100 kW Nennwärmeleistung. Während kleine Anlagen über Investitionskostenzuschüsse, abgewickelt von der BAFA, gefördert werden, gibt es für größere Anlagen eine KfW-Förderung über vergünstigte Darlehen. Entsprechend werden diese beiden Bereiche getrennt evaluiert. Im Folgenden wird aber ausschließlich auf Anlagen mit weniger als 100 kW Nennwärmeleistung eingegangen.

2 Auswertung einer 1.000-Anlagenstichprobe

2.1 Vorgehen

Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung wurde eine repräsentative Stichprobe mit 1.000 Förderfällen des MAP genommen. Die Datensätze mit den Abrechnungsunterlagen stammen aus einer Grundgesamtheit von insgesamt 62.579 Kleinfeuerungen. Die Grundgesamtheit richtet sich nach den in den Jahren 2006 und 2007 errichteten und über das MAP geförderten Anlagen. Zu dem Zeitpunkt, als die Stichprobe gezogen wurde (Mai 2008), lagen zu 62.579 Kleinfeuerungsanlagen, die in den Jahren 2006 und 2007 errichtet wurden, Daten vor. Daraus wurde eine geschichtete Stichprobe von 1.000 Datensätzen gezogen. Sie wurde in Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern ZSW und BAFA zufällig aus den vier geförderten Gruppen "Scheitholzessel", "Hack-schnitzelkessel", "Pelletkessel" und "Pelletofen" gezogen, wobei zusätzlich nach Bundesländern und nach dem Anteil dieser vier Bauartengruppen geschichtet wurde.

Durch das nachträgliche Antragsverfahren kann die Anzahl der tatsächlich in den Jahren 2006 und 2007 installierten Anlagen erst mit einem größeren zeitlichen Abstand angegeben werden. Nach den vorliegenden Daten beläuft sich die Anzahl der Anlagen, die in den Jahren 2006 und 2007 errichtet wurden und eine Förderung nach dem MAP erhielten, auf rund 65.300. Die Grundgesamtheit der Stichprobe deckt mit 62.579 demnach über 95 % des geförderten Marktvolumens der Jahre 2006 und 2007 ab.

Zu jedem der ausgewählten Förderanträge wurde die – je nach Handwerkerrechnung, Kesseltyp und Ergänzungsaufforderungen durch das BAFA – bis zu 80 Seiten umfassende Originalrechnung des ausführenden Unternehmens nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet. Hierzu wurden zunächst alle Datensätze ausgedruckt und in mehr als 20 „Leitz-Ordern“ abgelegt. Anschließend erfolgte die Auswertung der Kostenstruktur. Hierzu wurden teilweise umfangreiche Einzelpositionen mit Hilfe von Taschenrechnern zu den Positionen: Kesselpreis, Peripheriepreis, Pufferspeicherpreis, Preis für Lager-raumkomponenten und Montagepreis aufaddiert. Kosten für das Trinkwasserleitungs-netz, Heizkörper, sonstige Leistungen und Wärmeverteilungsnetz außerhalb des Heiz-raums blieben unberücksichtigt. Durch entsprechende Vermerke und Markierungen auf den ausgedruckten Unterlagen wurden diese Berechnungen für spätere Plausibilitätsprü-fungen nachvollziehbar gemacht.

Die auf diese Art nach Teilkostengruppen vorsortierten Daten wurden anschließend in eine hierfür angelegte Datenbank eingegeben. Die Auswertung und Eingabe erfolgte durch fachkundiges Personal des TFZ. Diese Fachkunde war erforderlich, um eine sachlich sichere Interpretation der Originalangaben zu ermöglichen und eine einheitliche Zu-ordnung der einzelnen Positionen der Rechnung zu den jeweiligen Kostenblöcken der Auswertung zu gewährleisten.

2.2 Allgemeine Auswertungen

In den ersten Auswertungen wurde die Übereinstimmung der Verteilung von Feuerungsbauarten in der 1.000-Anlagenstichprobe und der Grundgesamtheit (62.579 Datensätze) auf Basis der von BAFA genannten Angaben überprüft. Abbildung 1 zeigt die Anteile dieser vier Anlagenarten in der Stichprobe und im Gesamtbestand der geförderten Anlagen. Hier ist eine sehr gute Übereinstimmung zu erkennen. Lediglich die Pelletöfen sind in der Stichprobe leicht überproportional berücksichtigt.

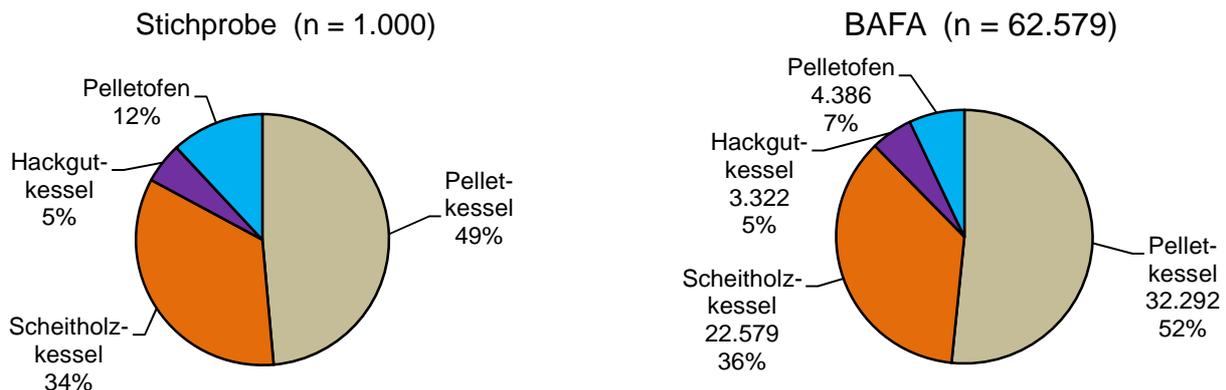


Abbildung 1: Verteilung der Anlagentypen in der Stichprobe und der Grundgesamtheit (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

In Abbildung 2 ist die geografische Verteilung der in der 1.000-Anlagenstichprobe geförderten Anlagen dargestellt. Auffällig ist, neben dem bereits aus den vorliegenden Evaluierungen zu erwartenden Nord-Süd- und Ost-Westgefälle, die Tatsache, dass das MAP in den neuen Bundesländern nicht in ähnlichem Umfang in Anspruch genommen wird wie im restlichen Deutschland. Diese inhomogene Dichte wird vor allem bei der Verteilung der (Pellet-)Kaminöfen und Pellet(Zentralheizungs-)anlagen deutlich. Die Verteilung von Scheitholzfeuerungen zeigt dagegen weniger deutliche regionale Ungleichgewichte.

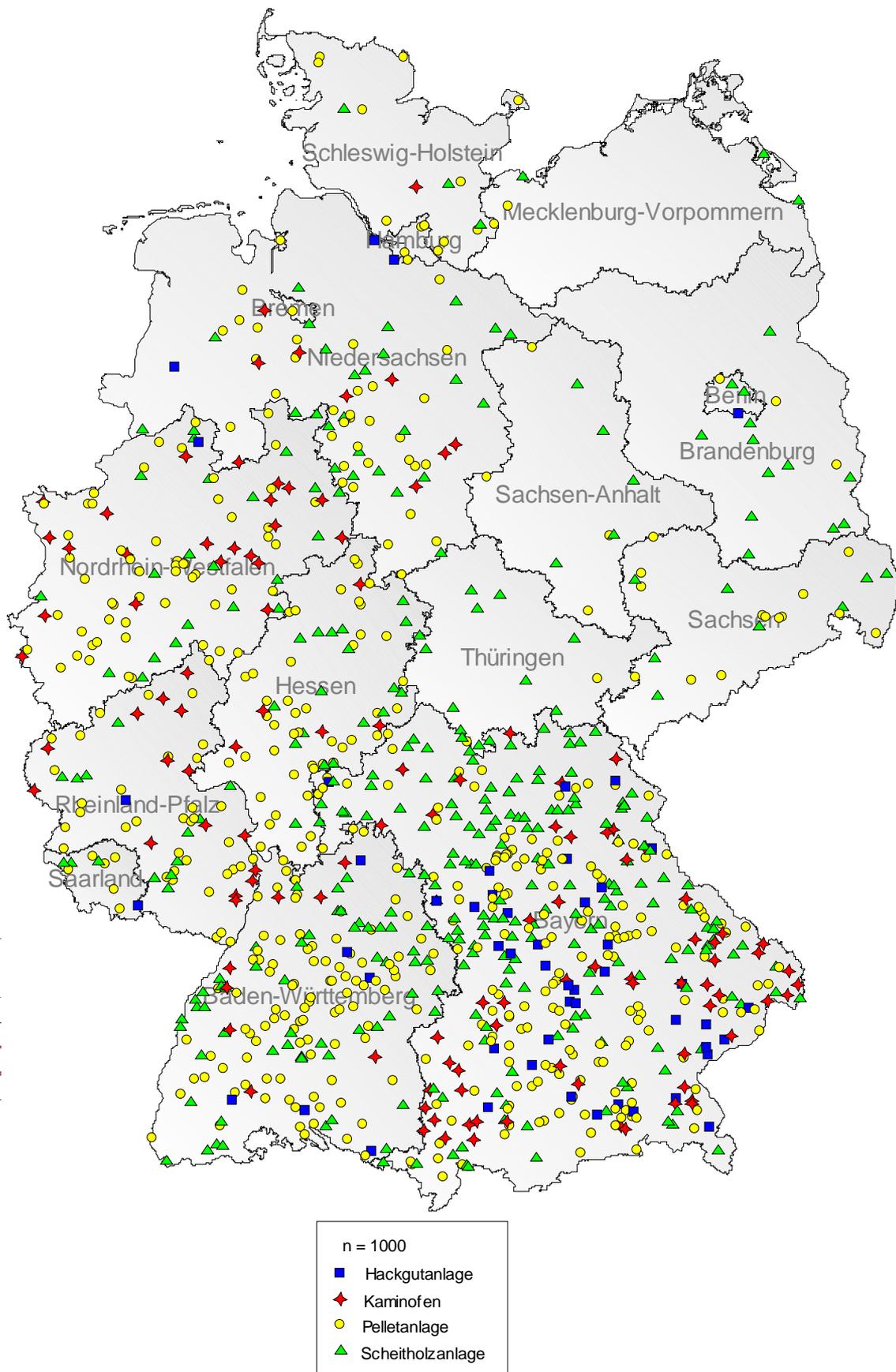


Abbildung 2: Geographische Verteilung der 1.000-Anlagenstichprobe nach Feuerungsart (Kaminöfen: Pelletöfen mit und ohne Wassertasche)

Häufigkeit des Wärmespeichereinbaus. Um eine staatliche Förderung zu erhalten musste eine Scheitholzanlage mit einem Pufferspeicher mit mindestens 55 Liter/kW Inhalt betrieben werden. Da es sich bei der verwendeten 1.000-Anlagenstichprobe ausschließlich um geförderte Anlagen handelt, kann zu jeder Scheitholzfeuerung eine Angabe zum Pufferspeicher getroffen werden. Oftmals werden jedoch im Zug der Kesselsanierung keine neuen Pufferspeicher angeschafft, sondern vorhandene Speicher weiterverwendet. Somit ist zwar zu jeder Anlage eine Aussage über das Volumen des Speichers möglich, nicht jedoch immer zu den Kosten dieser Anlagenkomponente. Das ausführende Unternehmen hatte dem Betreiber zu bestätigen, dass dieser die Anlage mit dem Mindestpufferspeichereinhalt nach MAP betreibt.

Der relativ geringe Anteil von Wärmespeichern bei Pelletöfen (Abbildung 3) ist auf die geringe Zahl von wasserführenden Öfen bei der Stichprobe zurückzuführen. Nur bei den 36 Anlagen, welche einen Wärmetauscher im Ofen aufwiesen, bestand die Möglichkeit, sie in Verbindung mit einem Pufferspeicher zu betreiben. 83 Anlagen waren hingegen reine luftgeführte Geräte, welche die erzeugte Wärmeenergie ausschließlich über die Raumluft abgeben.

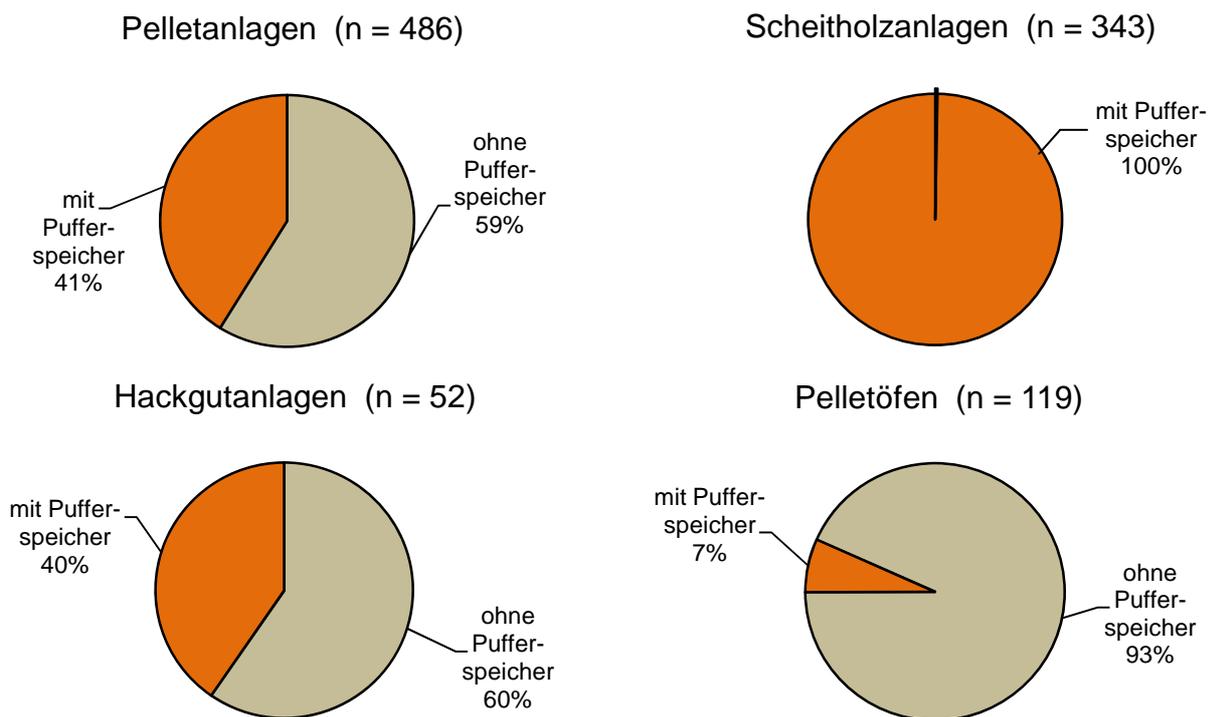


Abbildung 3: Häufigkeit der Verwendung eines Wärmespeichers in der 1.000-Anlagenstichprobe

2.3 Marktanteile und Marktvolumina

Neben der Auswertung technischer Parameter erlaubt die Stichprobe auch die Auswertung nach Anlagenherstellern und Herkunftsländern. Diese beiden marktbezogenen Auswertungen werden nachfolgend vorgestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Auswertung wegen der besonderen Anforderungen an die förderfähigen Anlagen nicht den Gesamtmarkt abbildet, sondern nur das spezielle Spektrum der hier in Frage kommenden Technologien betrachten (z. B. sind Naturzugkessel nicht berücksichtigt). Eine Verallgemeinerung dieser speziellen Marktanteile ist außerdem wegen der kontinuierlichen Veränderungen in diesem sich insgesamt rasch wandelnden Markt nicht sinnvoll, vielmehr handelt es sich um eine "Momentaufnahme" für das betrachtete Marktsegment.

Verteilung nach Herstellern. Die Marktanteile der einzelnen Hersteller für die vier geförderten Anlagenarten zeigt Abbildung 4. Bei der mengenmäßig bedeutendsten Gruppe der Pelletkessel liegt die österreichische Firma Fröling mit 11 % Marktanteil knapp vor dem ebenfalls österreichischen Hersteller Ökofen mit 10 %. Der deutsche Hersteller Paradigma, welcher baugleiche Feuerungen wie Ökofen und KWB anbietet, kommt ebenfalls auf 10 % Marktanteil. Danach folgen wiederum die österreichischen Firmen KWB und Hargassner mit jeweils 8 % Marktanteil knapp vor ETA und Windhager mit einem Marktanteil von 7 %. Nach Paradigma ist die Firma Viessmann mit 5 % Marktanteil der größte deutsche Hersteller, er bezieht seine Produkte jedoch ebenfalls von dem österreichischen Hersteller Windhager. Weitere Hersteller, deren Kessel in der Stichprobe genannt werden, sind absteigend nach Stückzahl: Biotech, Guntamatic, Solarfocus, Lindner & Sommerauer, Solvis, Rennergy, Hoval, Manglberger, ProSolar, Buderus, Gilles, HDG, Bosch, Elco shared services GmbH, sht, Atmos, Eder, EN-TECH, Evotherm, GS Wärmesysteme GmbH, Hohensee, Künzel, Ponast, Primdal & Haugesen, Wagner & CO, Broetje, Fischer, Grimm, Herz, Janfire AB, Naturalis, Passat, SOLARvent, Stocksbroverken, Thermia Oy, VERNER, und Wolf. Somit teilt sich das MAP-Marktvolumen für Pelletkessel unter 44 Herstellern auf.

Bei den Scheitholzkesselel ergab die Stichprobe 343 auswertbare Handwerkerrechnungen. Marktführer ist – wie bei den Pelletanlagen, jedoch mit einem größeren Abstand zum zweitgrößten Scheitholzkesselelhersteller – die Firma Fröling mit einem Marktanteil von 28 %, gefolgt von der Firma ETA mit 12 %. Weitere Kesselelhersteller von denen mindestens je eine Anlage in der repräsentativen Probe berücksichtigt wurde, sind: Windhager, Künzel, Atmos, HDG, Guntamatic, Viessmann, KWB, Buderus, Sieger, Fischer, Lignotherm, Herz, Broetje, Eder, Hoval, De Dietrich, ELKO-Klößner, Köb & Schäfer, sht, ARCA, Lopper, SBS, Schmid, solarfocus und Wolf.

Relativ gleichmäßig sind dagegen die Anlagenzahlen bei den Hackgutkesselel verteilt. Marktführer ist hier die Firma Hargassner mit einem Marktanteil von 17 %. Die Firmen Heizomat, Fröling und Lindner & Sommerauer folgen mit Marktanteilen von 15, 14 und 13 %. Der österreichische Kesselelhersteller ETA und der bayerische Kesselelhersteller HDG haben je 10 % Marktanteil. Als Hersteller, welche jeweils weniger als 5 Kesselel in der Stichprobe hatten, sind zu nennen: KWB, Limbacher, Gilles, Guntamatic, KSM, REKA und Rennergy.

Bei den Pelletöfen hat der österreichische Hersteller Rika mit 59 % den mit Abstand größten Marktanteil. Die vier in etwa gleichstarken Anbieter Wodtke, Calimax, MCZ, und Palazzetti haben alle etwa 7 %. Weitere Pelletofenhersteller, welche in der 119 Anlagen umfassenden Stichprobe sind, waren: Gerco, Buderus, Thermorossi, Haas & Sohn, DROOF, Edilkamin, Leda und Rüegg.

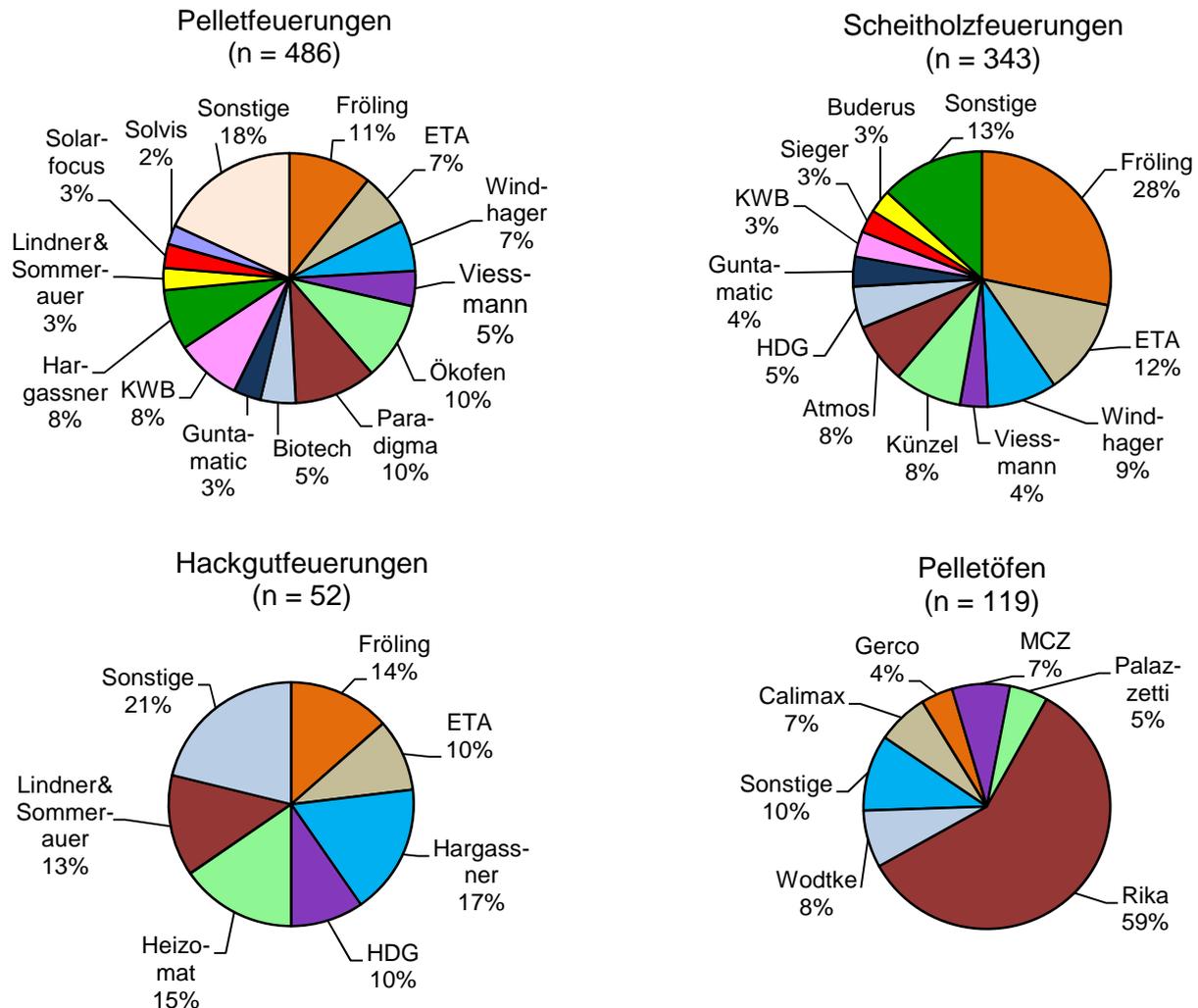


Abbildung 4: Marktanteile der Anlagenhersteller für die 1.000-Anlagenstichprobe (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

Verteilung nach Herkunftsländern. Neben den Marktanteilen einzelner Hersteller wurden auch die Marktanteile nach Herkunftsländern betrachtet (Abbildung 5). Demnach stammte die Mehrzahl aller geförderten Anlagen von österreichischen Herstellern (66 %). Deutsche Anbieter lieferten insgesamt etwa 28 % des geförderten Bestandes. Neben diesen beiden Ländern erreichen lediglich die Tschechische Republik und Italien mit 3 % bzw. 2 % aller geförderten Anlagen noch nennenswerte Marktanteile, während die übrigen Herkunftsländer kaum ins Gewicht fallen. Diese Anteile resultieren im Falle Tschechiens aus den Verkaufszahlen bei Scheitholzkesseleln, während der Anteil Italiens auf den Marktanteilen bei den Pelletöfen beruht. Ansonsten ist bei den Verteilungen der ein-

zelen Bauarten kaum eine Verschiebung dieses generellen Trends erkennbar. Als weitere Herstellerländer sind Dänemark, Schweiz, Schweden und Finnland zu nennen.

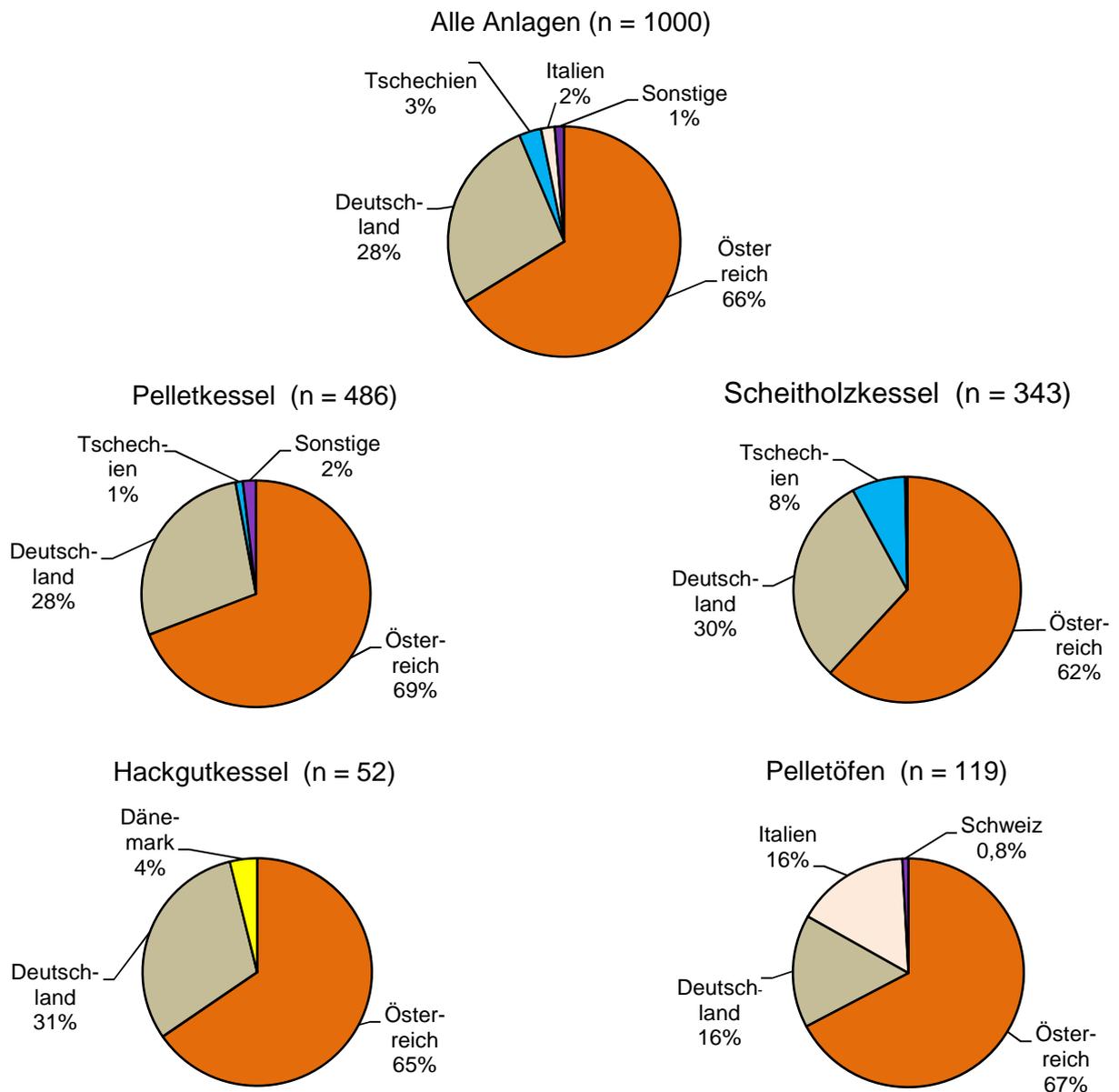


Abbildung 5: Marktanteile nach Herkunftsländern für die 1.000-Anlagenstichprobe (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

Verteilung des Umsatzes nach Herkunftsländern. Aus den Angaben zu den Herkunftsländern und den in der Stichprobe festgestellten Einzelverkaufspreisen lassen sich die für die Grundgesamtheit der Stichprobe ausgelösten bzw. geförderten Umsätze allein für die Kesselanschaffung – d. h. ohne Speicher, Montage, Peripherie etc. – nach Herkunftsländern hochrechnen (Tabelle 1). Demnach ergibt sich für die Kesselanschaffung ein Investitionsvolumen von ca. 410 Mio. Euro, davon entfallen ca. 126 Mio. Euro auf deutsche Hersteller. Bei den weniger bedeutenden Ursprungsländern wie Finnland, Italien, Dänemark, Schweden und Schweiz sind die Umsatzangaben jedoch kaum als reprä-

sentativ anzusehen. Da ein Heizkessel nur ca. 50 % der Gesamtinvestition einer Anlage ausmacht (vgl. hierzu Kapitel 2.4), dürfte das geschätzte Gesamtvolumen für die Grundgesamtheit insgesamt bei etwa 820 Mio. Euro liegen.

Tabelle 1: Hochrechnung des durch das MAP in den Herkunftsländern ausgelösten Gesamtumsatzes durch Kesselverkäufe (ohne Speicher, Montage, Peripherie etc.)

Land		Anzahl i.d. Stichpro- be	Umsatz i.d. Stichpro- be [€]	Gesamtanzahl Grundgesamtheit	Gesamtumsatz Grundgesamtheit [€]
Österreich	A	373	2.493.927	39.363	263.182.897
Schweiz	CH	4	26.903	422	2.839.060
Tschechien	CZ	20	72.759	2.111	7.678.222
Deutschland	D	174	1.198.532	18.362	126.480.496
Dänemark	DK	3	34.964	317	3.689.734
Finnland	FI	1	10.900	106	1.150.272
Italien	I	17	44.294	1.794	4.674.324
Schweden	SE	1	7.349	106	775.536
2.3.1	<i>Summe</i>	593	3.889.628	62.579	410.470.541

Die Anzahl aller in Tabelle 1 betrachteten Feuerungen liegt mit 593 Anlagen deutlich niedriger als der Umfang der Gesamtstichprobe. Das liegt daran, dass zur Extrapolation der jeweiligen anlagenbezogenen Umsätze nur Datensätze mit exakt differenzierbaren Kostenangaben verwendet wurden. Dadurch entstehen kleinere Abweichungen zu den in Abbildung 5 dargestellten Marktanteilen. Eine Differenzierung der gesamten Kesselinvestition nach Anlagenbauarten bietet Tabelle 2.

Tabelle 2: Differenzierung der gesamten Kesselinvestition nach Anlagenbauarten und Herkunftsländern (ohne Speicher, Montage, Peripherie etc.)

Land/Typ		Anzahl i.d. Stichprobe	Umsatz i.d. Stichprobe [€]	Gesamtanzahl Grundgesamtheit	Gesamtumsatz Grundgesamtheit [€]
<i>Scheitholzessel:</i>					
Österreich	A	139	857.089	13.299	82.000.901
Deutschland	D	78	449.712	7.463	43.025.624
Tschechien	CZ	18	60.863	1.722	5.822.990
Schweiz	CH	1	11.245	96	1.075.851
<i>Summe</i>		<i>236</i>	<i>1.378.909</i>	<i>22.579</i>	<i>131.925.366</i>
<i>Hackschnitzelkessel:</i>					
Österreich	A	11	144.879	1.661	21.876.729
Deutschland	D	10	113.773	1.510	17.179.723
Dänemark	DK	1	11.135	151	1.681.385
<i>Summe</i>		<i>22</i>	<i>269.787</i>	<i>3.322</i>	<i>40.737.837</i>
<i>Pelletkessel:</i>					
Österreich	A	166	1.349.608	21.969	178.612.875
Schweiz	CH	2	13.305	265	1.760.840
Tschechien	CZ	2	11.896	265	1.574.367
Deutschland	D	70	571.907	9.264	75.688.610
Dänemark	DK	2	23.829	265	3.153.631
Finnland	FI	1	10.900	132	1.442.552
Schweden	SE	1	7.349	132	972.598
<i>Summe</i>		<i>244</i>	<i>1.988.794</i>	<i>32.292</i>	<i>263.205.475</i>
<i>Pelletöfen (auch mit Wassertaschen):</i>					
Österreich	A	57	142.351	2.747	6.861.005
Schweiz	CH	1	2.353	48	113.409
Deutschland	D	16	63.140	771	3.043.209
Italien	I	17	44.294	819	2.134.873
<i>Summe</i>		<i>91</i>	<i>252.138</i>	<i>4.386</i>	<i>12.152.497</i>

Marktvolumen in thermischer Leistung. Auch die thermische Gesamtleistung wurde auf Basis der Stichprobe hochgerechnet. Allerdings ist hierbei darauf hinzuweisen, dass auch die eigene Statistik des BAFA mit 62.576 geförderten Anlagen hierzu belastbarere Daten liefert. Beide Berechnungen werden in Abbildung 6 gegenübergestellt. Mit Ausnahme der Pelletöfen kann eine gute Übereinstimmung festgestellt werden. Demnach wurde in Deutschland im Betrachtungszeitraum von Januar 2006 bis Dezember 2007 eine gesamte thermische Leistung von rund 1.500 MW installiert. Da nicht alle kleineren Biomasse-Zentralheizungen im MAP förderwürdig sind, kann davon ausgegangen wer-

den, dass die tatsächlich im Betrachtungszeitraum installierte Leistung im häuslichen Bereich weit über dem Wert von 1.500 MW liegt.

Die in Abbildung 6 (links) dargestellte Hochrechnung führt zu einer etwas geringeren Gesamtleistung, wobei die Abweichung ca. 7 % beträgt. Diese Abweichung ist durch die Überbewertung der Pelletöfen in der Stichprobe zu erklären, da bei dieser Anlagenart relativ kleine Leistungen vorliegen.

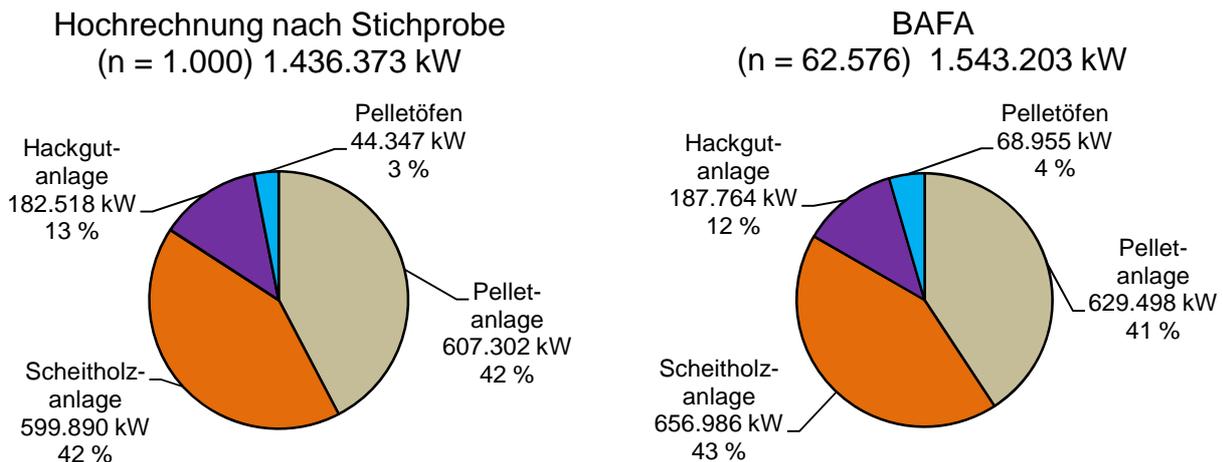


Abbildung 6: Installierte thermische Gesamtleistung nach 1.000-Anlagenstichprobe und nach BAFA-Gesamtdaten

2.4 Auswertungen zu den spezifischen Anlagenkosten

Im Rahmen der Auswertung der Stichprobe wurden – soweit die Datensätze hierzu eine differenzierte Aussage zuließen – die spezifischen Kosten (bezogen auf die Kesselnennleistung) für die jeweiligen Anlagenkomponenten berechnet und zusammengestellt. Durch den Bezug der Kosten auf die Nennwärmeleistung ist die Kostendegression, die mit steigender Anlagenleistung einhergeht, gut quantifizierbar. Nachfolgend sind diese leistungsabhängigen Kostenverläufe für die fünf Kostengruppen "Feuerung", "Peripheriebauteile", "Pufferspeicher", "Raumaustrag" und "Montage" dargestellt. Dabei ist die Stichprobenzahl zu dem jeweiligen Anlagentyp unterschiedlich, da in den verfügbaren Handwerkerrechnungen nicht durchweg alle Kostengruppen erfasst werden. So weisen einige Rechnungen beispielsweise nur den Kesselpreis aus, so dass aus diesem Datensatz kein Wert beispielsweise zu den Montagekosten abgeleitet werden konnte. Alle Preisangaben in diesem Kapitel verstehen sich ohne Mehrwertsteuer.

Anschaffungskosten für Feuerungen. Bei der Anschaffung für Heizkessel oder Pelletöfen zeigt sich mit zunehmender Anlagenleistung ein Trend zu sinkenden spezifischen Anschaffungskosten. Dies ist in Abbildung 7 für den spezifischen Preis in Euro je Kilowatt Nennwärmeleistung (NWL) dargestellt. Wegen der großen Preisunterschiede ist allerdings das Bestimmtheitsmaß für die Regressionsfunktion meist sehr niedrig.

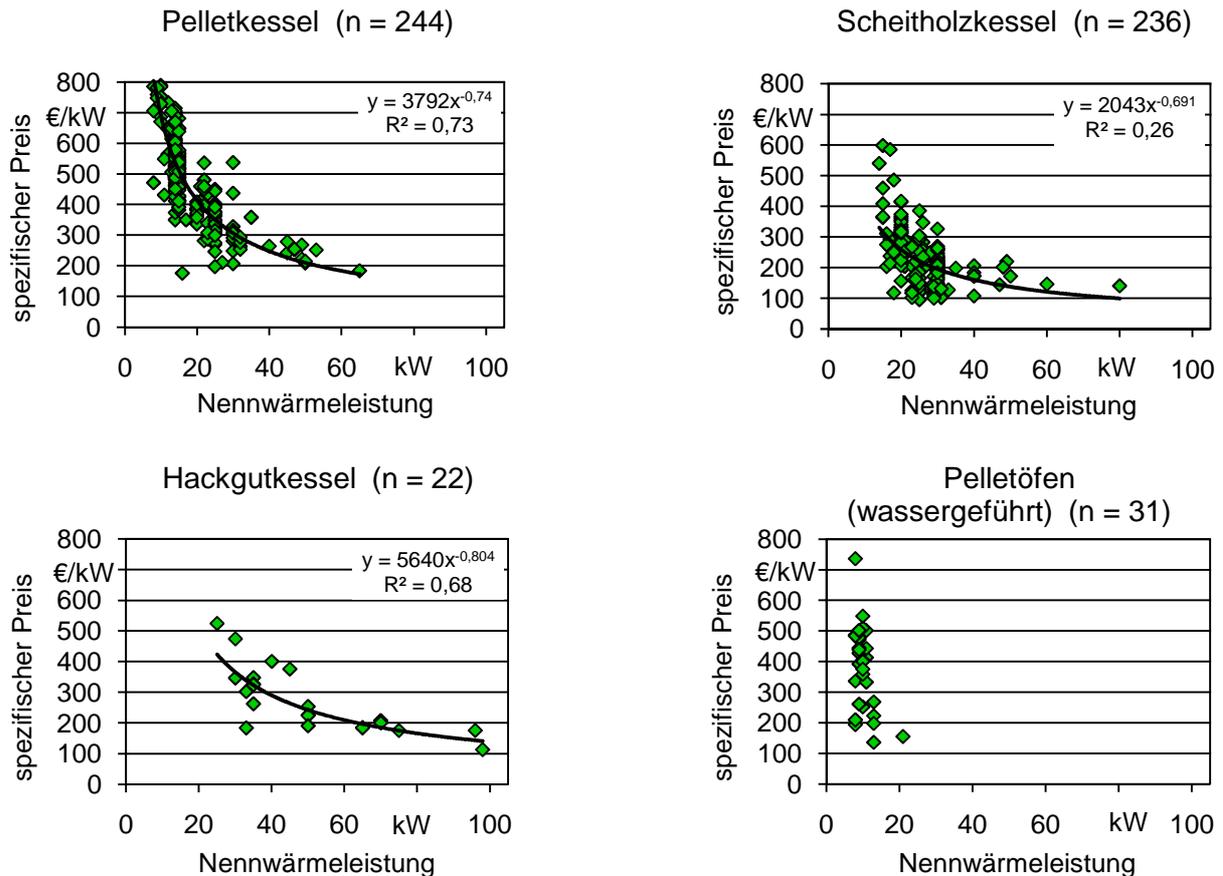


Abbildung 7: Spezifische Kesselkosten. n = Größe der Stichprobe

Überraschenderweise waren in den Datensätzen der BAFA-Stichprobe auch zwei Beispiele von Scheitholzkesselanlagen mit mehr als 50 kW Nennwärmeleistung enthalten, obwohl dies den Förderkriterien zu diesem Zeitpunkt nicht entsprach. Mit 236 von 343 Feuerungen bzw. 31 von 36 Feuerungen waren bei einem Großteil der Scheitholzkessel bzw. wassergeführten Pelletöfen anlagenspezifische Kostenangaben auswertbar. Bei den Pellet- und Hackgutkesseln lag der Anteil der anlagenspezifischen Kostenangaben mit 244 von 486 Feuerungen (Pelletkessel) bzw. 22 von insgesamt 52 Feuerungen (Hackgutkessel) auf einem etwas geringeren Niveau von nur ca. der Hälfte der Anlagen.

Unter den Kesselkosten wird der Preis verstanden, der anfällt für den Kesselkörper, die Regelung, alle Sensorkomponenten sowie das herstellerspezifische Sonderzubehör (z. B. zur Wirkungsgradoptimierung). Unter Regelung wird die Regelung des Verbrennungsprozesses, der Anlagenhydraulik sowie eine witterungsgeführte Regelung subsummiert. Diese Zuordnung unterscheidet sich von der vorhergehenden Evaluierung, damals waren die Regelungen und deren Komponenten noch dem Kostenpunkt „Peripheriebauteile“ zugeordnet [12]. Grund für die Änderung ist die Tatsache, dass ein Kessel nur mit Verbrennungsregelung des Herstellers betrieben werden kann. Häufig jedoch wird der Kesselkörper extrem günstig, z. T. sogar mit Verlust angeboten („Lockvogelangebot“), um über den zusätzlich notwendigen Regelungspreis das Verkaufsdefizit zu kompensieren sowie eine Gewinnmarge zu erwirtschaften. Um eine verzerrte Kessel-

preisdarstellung zu vermeiden, werden nun die Regelungskomponenten zum Kesselpreis hinzuaddiert.

Die Rücklaufanhebung mit Umwälzpumpe und elektronischem oder thermischem 3-Wegemischer wurde hier beim Kesselpreis dagegen nicht berücksichtigt. Da in den Originalunterlagen sehr häufig nur Paketpreise genannt wurden, in denen sich auch Peripherieteile oder sogar der Pufferspeicher befinden konnte, wurden solche Datensätze zur Feststellung des Kesselpreises generell nicht herangezogen. Außerdem werden in den Handwerkerrechnungen häufig auch die Montage und weitere Lohnkosten zu den Anlagenteilen hinzuaddiert. Dies ist offensichtlich meist dann der Fall, wenn die eigentliche Feuerungsanlage direkt vom Montagepersonal bzw. Kundendienst des Kesselherstellers aufgestellt und in Betrieb genommen wurde. Dies ließ sich in der Regel aus dem Wortlaut der Betriebsbereitschaftserklärung ableiten, oder es zeigte sich, dass die gelieferten Komponenten einen marktunüblichen Preisaufschlag erhalten hatten, während im Gegenzug aber keine Montagekosten in Rechnung gestellt worden waren. Derartige Datensätze wurden ebenfalls nicht bei den Auswertungen zu Abbildung 7 berücksichtigt.

Die Darstellung der Regressionsgeraden als Potenzfunktion wird hier gewählt, da sich gezeigt hat, dass sie den Kostenverlauf am besten abbildet. Auf die Darstellung einer Regressionsgeraden wird bei den Pelletöfen verzichtet (Abbildung 7, unten rechts), da hier offenbar keine Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung erkennbar ist und diese Öfen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung ohnehin unberücksichtigt bleiben.

Marktübliche Rabatte (bei Kesseln). Die hier ausgewerteten Anschaffungskosten für die Heizkessel liegen in der Regel niedriger als die vom Hersteller angegebenen Listenpreise. Um eine Einschätzung über diese Preisdifferenz zu erhalten, wurde eine Vielzahl von Listenpreisangaben, die den Marktübersichten der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (vgl. [5], [6], [7]), entnommen wurden, mit den entsprechenden Preisangaben für die gleichen Kesseltypen in der 1.000-Anlagenstichprobe gegenübergestellt. Die jeweilige Preisdifferenz wurde in Prozent ausgewiesen, um daraus anschließend einen Mittelwert zu errechnen. Die Ergebnisse dieser Berechnung sowie den dafür verwendeten Datenumfang zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Mittlere Rabatte bei den Kesselanschaffungskosten. Vergleich von Listenpreisangaben für 2007 und Kostenangaben in der 1.000-Anlagenstichprobe (für gleiche Anlagentypen)

Bauart	Rabatt-Satz (Mittelwert)	Anzahl der Daten
Hackgutkessel	4,1 %	12
Pelletkessel	4,4 %	191
Scheitholzessel	15,1 %	233
Pelletöfen mit WT	14,0 %	32
<i>Gesamt</i>	<i>9,4 %</i>	<i>468</i>

Anschaffungskosten für Peripheriebauteile. Zu den Peripheriebauteilen zählen beispielsweise Pumpen, Mischer, Verrohrung, Ausdehnungsgefäße, Heizkreisverteiler, Brauchwasserspeicher, Absperrungen, Isoliermaterial und Verbrauchsmaterial sowie in seltenen Fällen Fernwärmerohre und Schornsteine. Nicht dazu zählen die Kosten für den Wärmespeicher oder für die Wärmeverteilung im Gebäude. Sofern aus den Datensätzen der Stichprobe die Kosten für diese zusätzlichen Bauteile heraus lesbar waren, wurden sie als "Peripheriekosten" aufsummiert. Mit 293 von 486 Pelletanlagen waren bei 60 % der Anlagen derartige Peripheriekostenangaben auswertbar. Bei den übrigen Feuerungsanlagen war der Anteil der Peripheriekostenangaben sogar noch höher. So lag er bei Scheitholzfeuerungen mit 258 von 343 Anlagen bei 75 % und bei Hackgutanlagen mit 36 von 52 Anlagen ebenso wie bei wassergeführten Pelletöfen mit 25 von 36 Anlagen bei 69 %. Für die Ableitung der Kostenfunktionen wurde das Modell einer Polynomfunktion gewählt (vgl. Abbildung 8), da bis zu einer gewissen Nennwärmeleistung (NWL) alle Peripheriebauteile in ihrer Form und Dimension gleichbleiben, was zu einer Abnahme der spezifischen Peripheriekosten führt. Ab einer bestimmten NWL müssen jedoch erste Bauteile in der nächst größeren Dimension verwendet werden, wodurch die spezifischen Kosten wieder zunehmen. Das Minimum der Kostenfunktion bei ca. 50 kW bestätigt das praxisübliche Vorgehen der Verwendung größerer Pumpen und Heizkreisverteiler ab ca. 50 kW. Für wassergeführte Pelletöfen konnte keine Kostendegression festgestellt werden, da die Bandbreite der Feuerungsleistung für eine solche Auswertung zu gering war und auch keine Abhängigkeit von der NWL erkennbar ist.

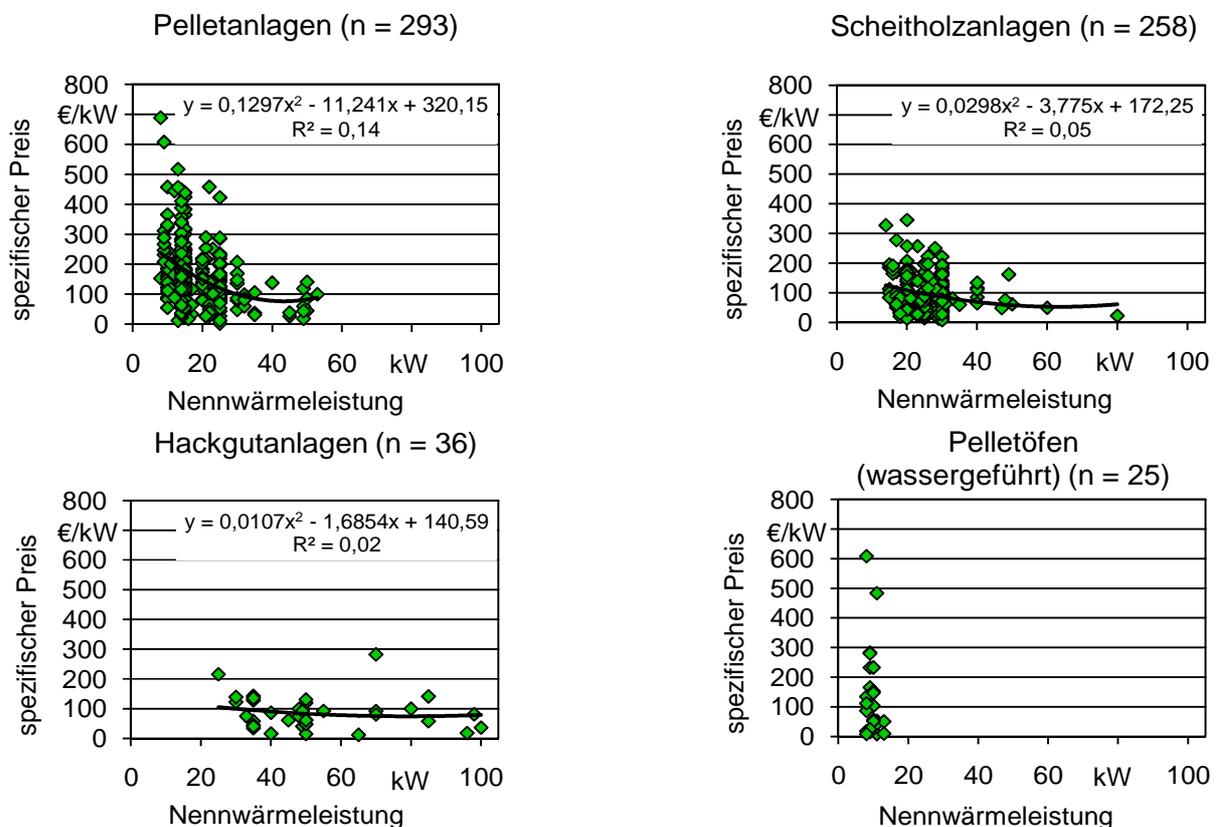


Abbildung 8: Spezifische Peripheriekosten. n = Größe der Stichprobe

Anschaffungskosten für Wärmespeicher. Beim Wärmespeicher wird auf eine nach Anlagenbauarten differenzierte Darstellung verzichtet, da hier keine Unterschiede zu erwarten sind und eine verzerrte Darstellung infolge des zu geringen Datenumfangs bei einzelnen Bauarten vermieden werden soll. Stattdessen erfolgte eine Gesamtauswertung zu den Anschaffungskosten (Abbildung 9). Bei der Ableitung der Kostenfunktion wurde darauf geachtet, dass sich keine Kombispeicher in der Datenbasis befanden. Da Kombispeicher etwa das 2 bis 4-fache eines einfachen Wärmespeichers mit gleichem Volumen kosten, hätte dies die resultierende Regressionsfunktion verfälscht.

Die hier gewählte Darstellung der Regressionsgeraden als Potenzfunktion bildet den Kostenverlauf über alle Pufferspeichergößen am besten ab. Da die Kosten für einen Pufferspeicher hauptsächlich von den Materialkosten, Fertigungslöhnen, und Transportkosten abhängig sind, zeigt sich aber dennoch ein nahezu linearer Zusammenhang. Eine lineare Funktion wäre jedoch aufgrund der sprungfixen Kosten (Transportkosten in Abhängigkeit vom Pufferspeichervolumen) im Bereich von 3.000 bis 5.000 Litern Inhalt weder korrekt noch plausibel. Gut erkennbar sind in Abbildung 9 die am Markt üblichen Pufferspeichergößen: 500, 800, 1.000, 1.500, 2.000 und 3.000 Liter; bei diesen Volumina kommt es zu einer Häufung von Daten. Dennoch war bei dieser Auswertung eine noch klarere Datenstruktur gemäß den im Handel üblichen Volumenabstufungen erwartet worden. Die jedoch außergewöhnlich große Streubreite der installierten Speichervolumina im Bereich um 1.500 Liter Speicherinhalt ist überraschend, zumal hier die Volumenangabe häufig genau dem im MAP geforderten spezifischen Mindestvolumen von 55 l/kW entspricht, obgleich von einer Maßanfertigung kaum ausgegangen werden kann.

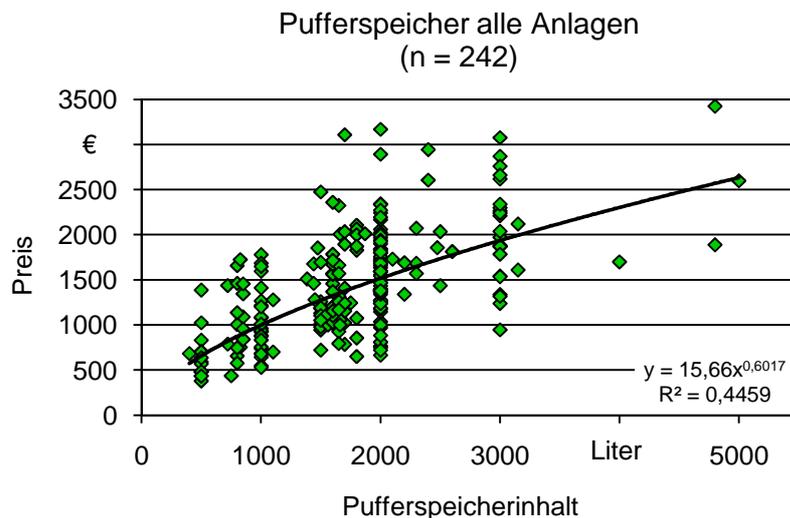


Abbildung 9: Spezifische Kosten für den Wärmespeicher. n = Größe der Stichprobe

Kosten für den Raumaustrag. Raumaustragsysteme sind bei automatisch beschickten Feuerungsanlagen erforderlich. Hierzu zählen z. B. Blattfederrührwerke mit Entnahmeschnecken, Schrägbodenaustragschnecken oder – für Holzpellets – auch pneumatische Absaugeinrichtungen mit Gebläse und Spiralförderer. Bei einigen Handwerker-

rechnungen sind auch Posten zu fertigen Lagerraumsilos oder Schreinereiarbeiten enthalten. Kosten hierzu finden sich meist oberhalb der Regressionsgeraden. Kosten für einfache Lagerraumteile, wie Einblasstutzen o. ä. befinden sich unterhalb der Geraden (vgl. Abbildung 10). Es zeigt sich zudem, dass die große Vielfalt der Austragetechniken bei Pelletfeuerungen zu einer großen Streuung, die meist ähnliche Technik bei Hackgutfeuerungen hingegen zu einer geringeren Streuung der spezifischen Kosten führt.

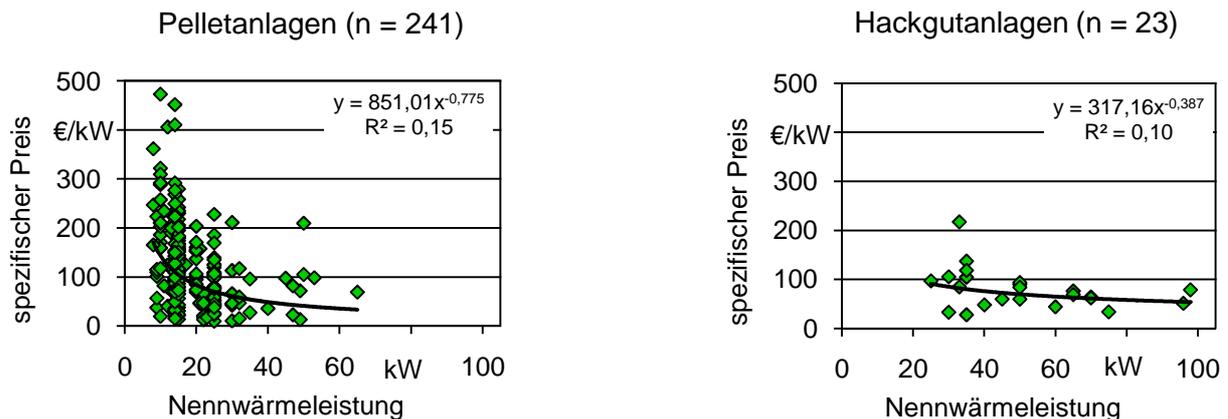


Abbildung 10: Spezifische Kosten für den Raumaustrag. n = Größe der Stichprobe

Kosten für Montage. Zu den Montagekosten sind die Angaben in den Originalunterlagen der Stichprobe sehr unvollständig. Da die Montage in vielen Anlagenbauteilen, d. h. zum Beispiel in den Kessel- oder Wärmespeicherpreisen enthalten ist, sind folglich in solchen Fällen auch deren Preisangaben nicht auswertbar. Mit 204 von insgesamt 343 Feuerungen konnten 59 % der Datensätze für Scheitholzkessel zu den Montagekosten verwendet werden. Bei den Pelletfeuerungen lag der Anteil bei knapp 53 % (257 von insgesamt 486 Anlagen), bei Hackgutfeuerungen bei 75 % (39 von insgesamt 52 Anlagen) und bei wassergeführten Kaminöfen bei knapp 42 % (15 von insgesamt 36 Anlagen).

Bei den Hackgut- und Scheitholzfeuerungen zeigen sich im Vergleich zu den Pelletfeuerungen günstigere Montagekosten. Dies liegt zum einen daran, dass es sich bei diesen Feuerungen hauptsächlich um einen Kesseltausch handelt, wodurch bestehende Anlagenkomponenten weiter verwendet werden können und daher auch nicht montiert werden müssen. Zum zweiten sind Scheitholzinstallationen günstiger, da bei ihnen keine aufwändige Installation für Lager und Fördertechnik erforderlich ist. Für wassergeführte Pelletöfen konnte keine Kostendegression festgestellt werden, da keine Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung erkennbar ist.

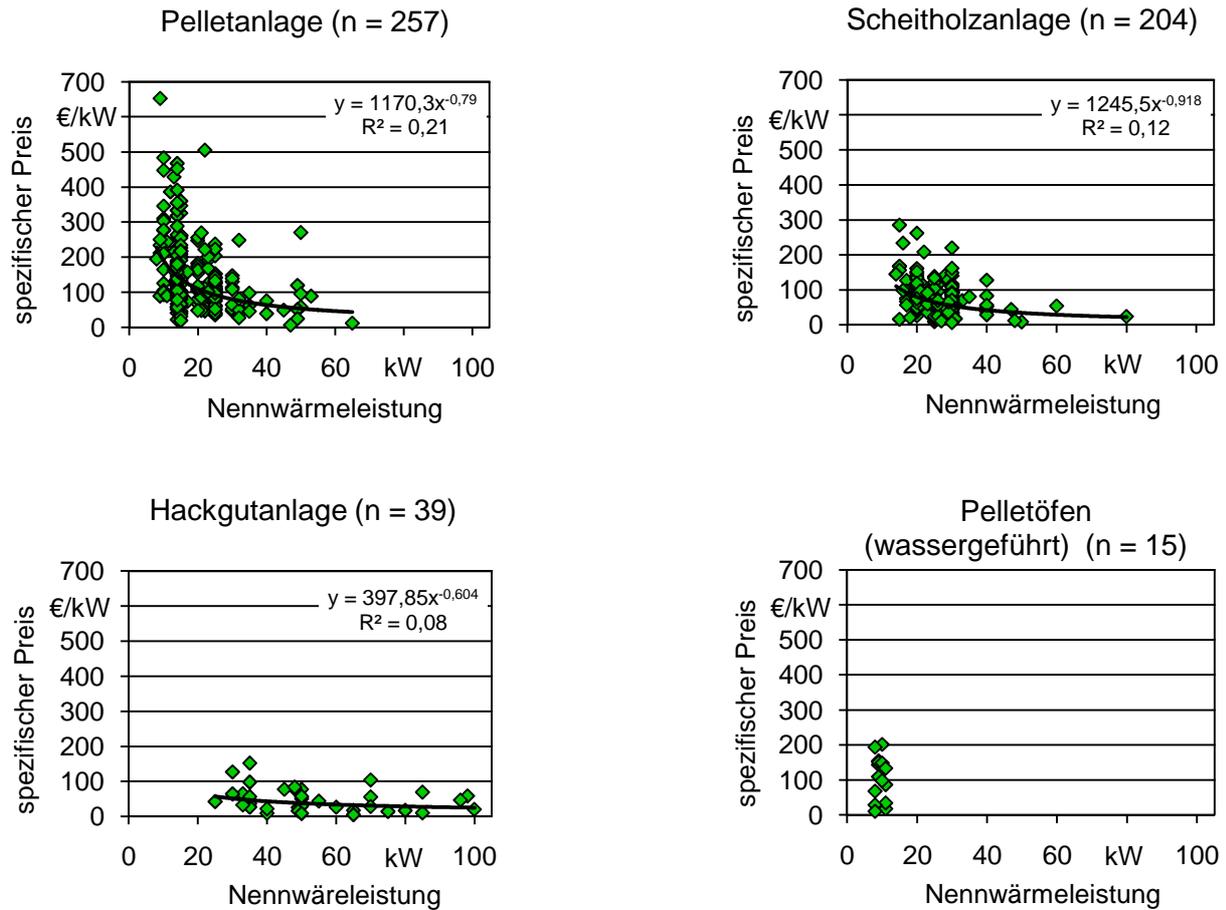


Abbildung 11: Spezifische Kosten der Montage. n = Größe der Stichprobe

Aufteilung der Gesamtinvestitionskosten. Aus den Datensätzen der Stichprobe, in denen eine differenzierte Aufteilung der Investitionskosten nach Kostengruppen möglich ist, wird eine Berechnung der Kostenanteile für die Anlagenkomponenten Kessel, Montage, Peripherie sowie ggf. Raumaustrag und Pufferspeicher vorgenommen (Abbildung 12). Auffallend ist, dass bezogen auf die Gesamtkosten, allein der Anteil des Kessels bei allen Anlagentypen einheitlich ca. 50 % beträgt. Scheitholzanlagen benötigen keine Raumaustragung. Da auch die Montage- und Peripheriekosten günstiger sind als bei automatisch beschickten Anlagen wird der insgesamt günstigere Kessel in den Gesamtinvestitionen wiederum höher gewichtet. Bei der Darstellung in Abbildung 12 handelt es sich allerdings um gemittelte Werte aller Nennwärmeleistungen, daher muss davon ausgegangen werden, dass die Kostenstruktur für den unteren bzw. oberen Rand der Leistungsbandbreite nicht mehr ohne weiteres zutrifft. Für die Pelletöfen mit Wassertasche ist diese Auswertung wegen der geringen Anzahl auswertbarer Datensätze kaum belastbar, sie wird daher in Abbildung 12 nur zur Vervollständigung der Daten dargestellt.

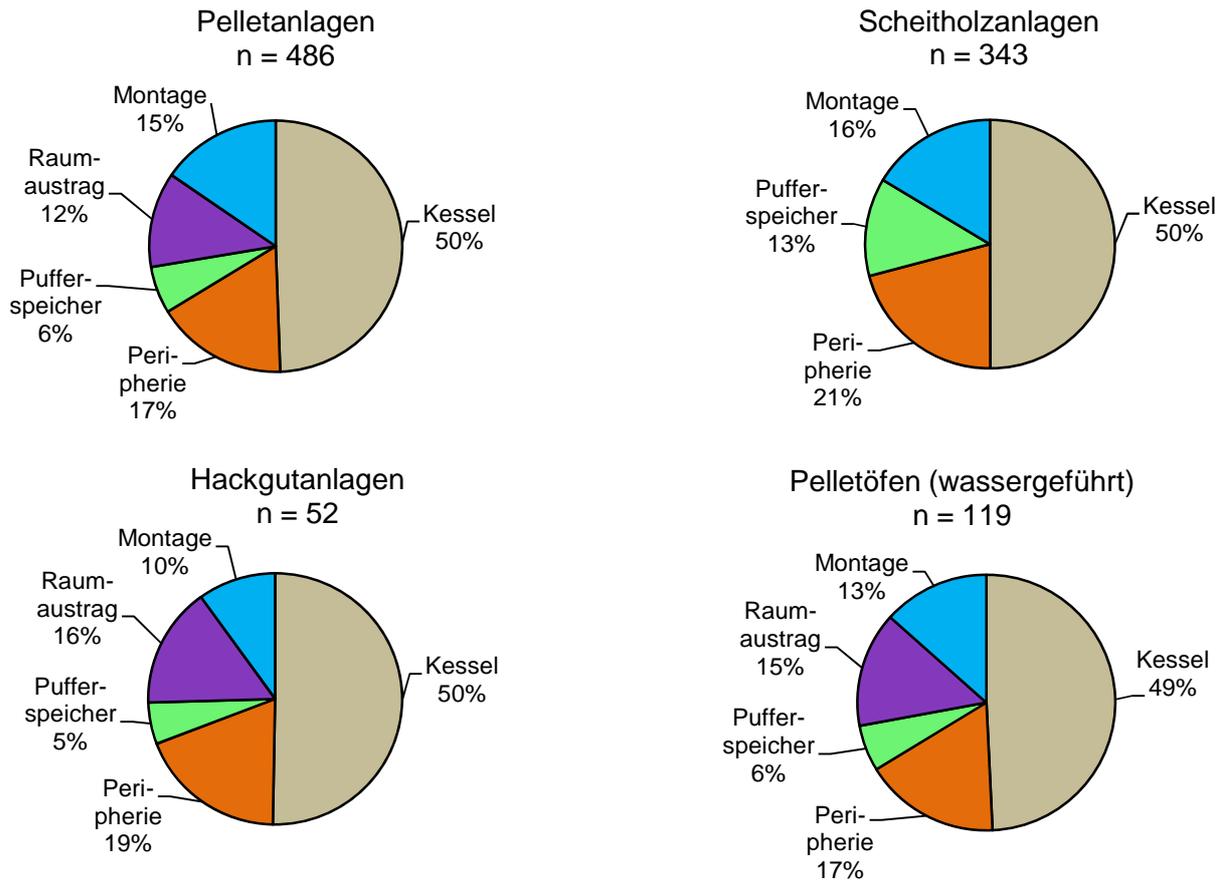


Abbildung 12: Zusammensetzung der Gesamtkosten. n = Größe der Stichprobe

3 Ergänzende Fragebogenaktion

Zur Vervollständigung des Datenpools wurde die Durchführung einer zusätzlichen Fragebogenaktion beschlossen. Das Vorgehen und die jeweiligen Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

3.1 Vorgehen

Der am TFZ ausgearbeitete Fragebogen mit insgesamt 11 Fragen (Abbildung 13) wurde an jenen Personenkreis versandt, von dem bereits die Daten der 1.000-Anlagenstichprobe stammen. Allerdings wurden aus dieser Betreibergruppe nur diejenigen ausgewählt, die bereits im Förderantrag angegeben hatten, dass sie mit der Weitergabe von personenbezogenen Daten an Dritte und der späteren Befragung einverstanden seien. Personen, welche diesen Passus im Antrag nicht unterschrieben haben, erhielten keinen Fragebogen. Aus diesem Grund blieben von der ursprünglichen 1.000-Anlagenstichprobe nur noch 776 Betreiber für die Fragebogenaktion übrig. Die Fragebogenaktion bot neben der Gewinnung zusätzlicher Erkenntnisse auch die Möglichkeit einer Verifizierung der aus der 1.000-Anlagenstichprobe gewonnenen Erkenntnisse. Die Fragen sollten außerdem der Erfassung von Kosten kalkulatorischer aber auch nichtmonetärer Aufwendungen dienen, welche bisher bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen unberücksichtigt blieben.

Um einen möglichst hohen Rücklauf zu erzielen, wurde der Aufbau des Fragebogens so gestaltet, dass leichte, von allen beantwortbare Fragen am Anfang platziert wurden, insbesondere sollte die erste Frage eine Art „Eisbrecherfunktion“ erfüllen. In den weiteren Fragen nimmt dann der notwendige Aufwand zur Beantwortung zu, weil hierzu teilweise Belege, eigene Aufzeichnungen oder Firmenrechnungen zu Hilfe genommen werden müssen. Um die Motivation für die Teilnahme zu steigern, wurde im Anschreiben auf das bereits vorliegende Einverständnis zur weitergehenden Befragung und auf den erhaltenen staatlichen Zuschuss hingewiesen. Das Anschreiben war mit dem BAFA abgestimmt worden. Dem Fragebogen wurde außerdem auf der Rückseite die folgende Datenschutzerklärung beigelegt: *„Die von Ihnen mitgeteilten Daten werden ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet und dienen allein der Evaluierung des Marktanreizprogramms. Die von Ihnen erteilten Auskünfte werden in keiner Form Dritten zur Verfügung gestellt oder finanziell veräußert.“*

1. Wie sind Sie mit Ihrer Biomasseanlage zufrieden?
 sehr gut gut befriedigend ausreichend mangelhaft
2. Welcher Wärmeerzeuger wurde (evtl. nur teilweise) ersetzt? (Mehrfachnennungen möglich)
 Holz Öl Gas Strom Wärmepumpe Sonstige: ...
3. Woher beziehen Sie Ihren Brennstoff?
 eigene Herstellung andere Privatanbieter gewerbliche Anbieter
4. Wie viel Brennstoff haben Sie in der letzten Heizperiode verbraucht? (nur Biomassefeuerung)
Scheitholz: ____ Rm (Ster) Hackschnitzel: ____ m³ Pellets: ____ t
5. In welchen Zeitabständen entnehmen Sie die Asche aus dem Aschebehälter? (während der Heizperiode)
alle ____ Tage
6. Wie lange dauert das vom Hersteller vorgegebene Reinigen der Anlage? (geschätzt)
____ Minuten, alle ____ Tage
7. Wer führt bei Ihnen die jährliche Wartung der Anlage durch?
 Fachpersonal Eigenleistung
8. Welche Kosten entstehen für Sie pro Jahr für Wartung und Inspektion? (soweit bekannt)
____ €
9. Welche Größe hat Ihr Heizraum? (bei automatisch beschickten Anlagen inklusive Austragsraum), ohne Außenlager
____ m²
10. Welche Emissionswerte stellte der Kaminkehrer bei seiner letzten Messung fest?
Kohlenmonoxid (CO): ____ g/m³ Staubgehalt: ____ g/m³ Sauerstoffgehalt (O₂): ____ %
11. Kombinieren Sie Ihre Biomasse Heizung mit einer solarthermischen Anlage?
 ja nein demnächst / in Planung

Abbildung 13: Fragenblock in der zusätzlichen Fragebogenaktion unter den 776 geförderten Anlagenbetreibern

3.2 Rücklauf und Repräsentativität

Von den 776 versandten Fragebögen wurden insgesamt 463 beantwortet, das entspricht einer Rücklaufquote von 60 %. Die durch die Fragebögen vertretenen Anlagen entsprechen in ihrer Verteilung weitgehend der Verteilung der Stichprobe, das zeigt Abbildung 14. Somit kann von einer guten Repräsentativität der Ergebnisse ausgegangen werden.

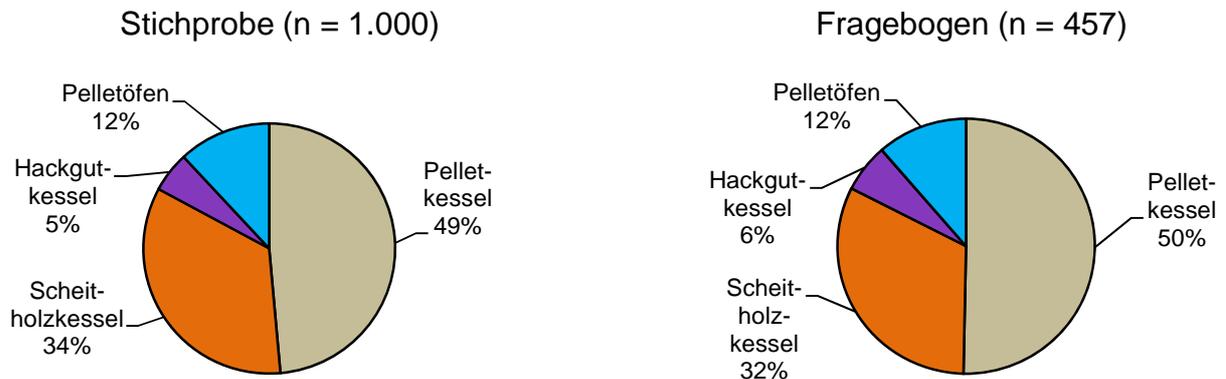


Abbildung 14: Anlagenverteilung in 1.000-Anlagenstichprobe und im Fragebogenrücklauf (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

3.3 Ergebnisse zur Zufriedenheit der Anlagenbetreiber

Als Einstieg in den Fragebogen („Eisbrecherfrage“) wurde die Angabe zur Zufriedenheit der Betreiber mit ihrer Anlage erbeten. Die Befragten äußerten sich zum großen Teil zufrieden mit ihrer Holzfeuerung (Abbildung 15). 92 % aller Anlagenbetreiber bezeichnen sich demnach als „sehr gut“ bis „gut“ zufrieden. Nur 6 % stufen ihre Anlage bzw. ihre Entscheidung als befriedigend, ausreichend oder mangelhaft ein. Von diesen so (negativ) bewerteten Anlagen waren 70 % Pelletfeuerungen (19 Anlagen).

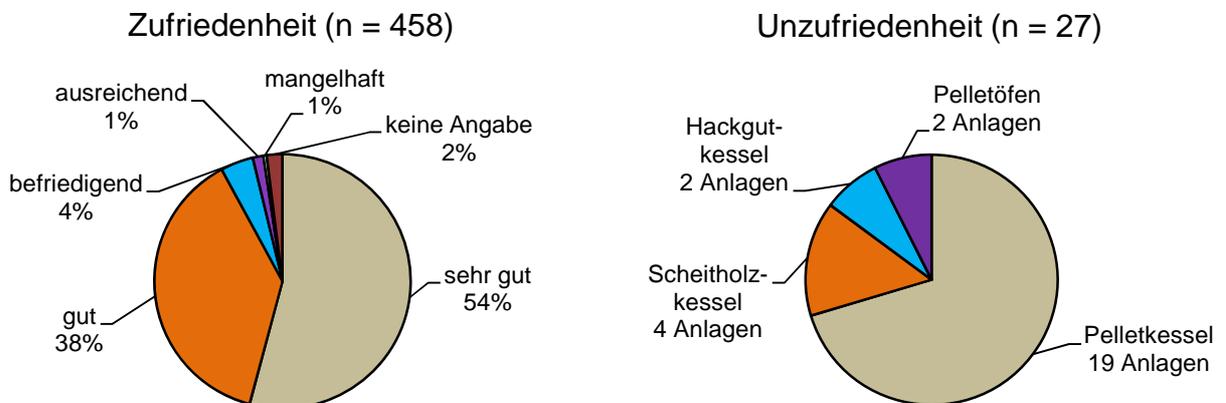


Abbildung 15: Zufriedenheit der befragten Anlagenbetreiber (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

Bei der Bewertung der Angaben zur Zufriedenheit in Abbildung 15 ist jedoch kritisch anzuführen, dass den Befragten wegen der sehr allgemein belassenen Fragestellung ein großer Beantwortungsspielraum hinsichtlich des Merkmals, mit dem er seine Zufriedenheit ausmacht, bleibt. Außerdem beeinflusst der Zeitpunkt der Umfrage wesentlich das Ergebnis. Während der Fragebogenerstellung wurde in den Medien wöchentlich von einem neuen Energiepreisrekord, beispielsweise für Rohöl, berichtet. Auch kündigten Energieversorger während dieser Zeit nahezu monatlich neue Preissteigerungen an. Der Preis für viele Biomassebrennstoffe war hingegen weitgehend stabil. Da der Befragte nun z. T. völlig unabhängig von fossilen Brennstoffen war, erschien seine Investition in eine Holzfeuerung sinnvoller und das wirtschaftliche Umfeld bestätigte seine Entscheidung. Eine höhere Zufriedenheit als zu anderen Zeitpunkten ist daher wahrscheinlich.

3.4 Ergebnisse zum Brennstoffbezug

Da Brennholz ein regional gehandelter Brennstoff ist, aber – im Fall von Scheitholz und Hackschnitzeln – auch in Eigenregie gewonnen werden kann, wird der Betreiber in Frage drei des Fragebogens nach seiner Bezugsquelle für den Brennstoff gefragt. Abbildung 16 zeigt, dass im Mittel etwa zwei Drittel der Holzfeuerungen mit Brennstoff beschickt werden, der von gewerblichen Anbietern bereitgestellt wurde. Bei Anlagen zur Verfeuerung von Pellets liegt dieser Anteil sogar weit über 90 %. Bei Hackgut- und Scheitholzfeuerungen überwiegt dagegen die eigene Herstellung. Voraussetzung hierfür ist meist der Zugang oder Besitz von geeignetem Arbeitsgerät und der Zugang zu eigenem oder fremdem Wald. Dass 7 % aller Pelletfeuerungen mit selbst produziertem Brennstoff beschickt werden liegt daran, dass es sich hierbei um „Kombianlagen“ handelt, welche sowohl Scheitholz als auch Pellets verfeuern können. Dies wurde durch Betrachtung des genannten Kesseltyps ersichtlich, außerdem machten Betreiber derartiger Anlagen in Frage 4 bzgl. der verbrauchten Brennstoffmenge sowohl bei Scheitholz als auch bei Pellet eine Angabe. Die Angabe „eigene Herstellung“ bei Pelletfeuerungen bezieht sich daher meist auf den Scheitholzanteil dieser als Pelletkessel eingestuftem Kombianlage.

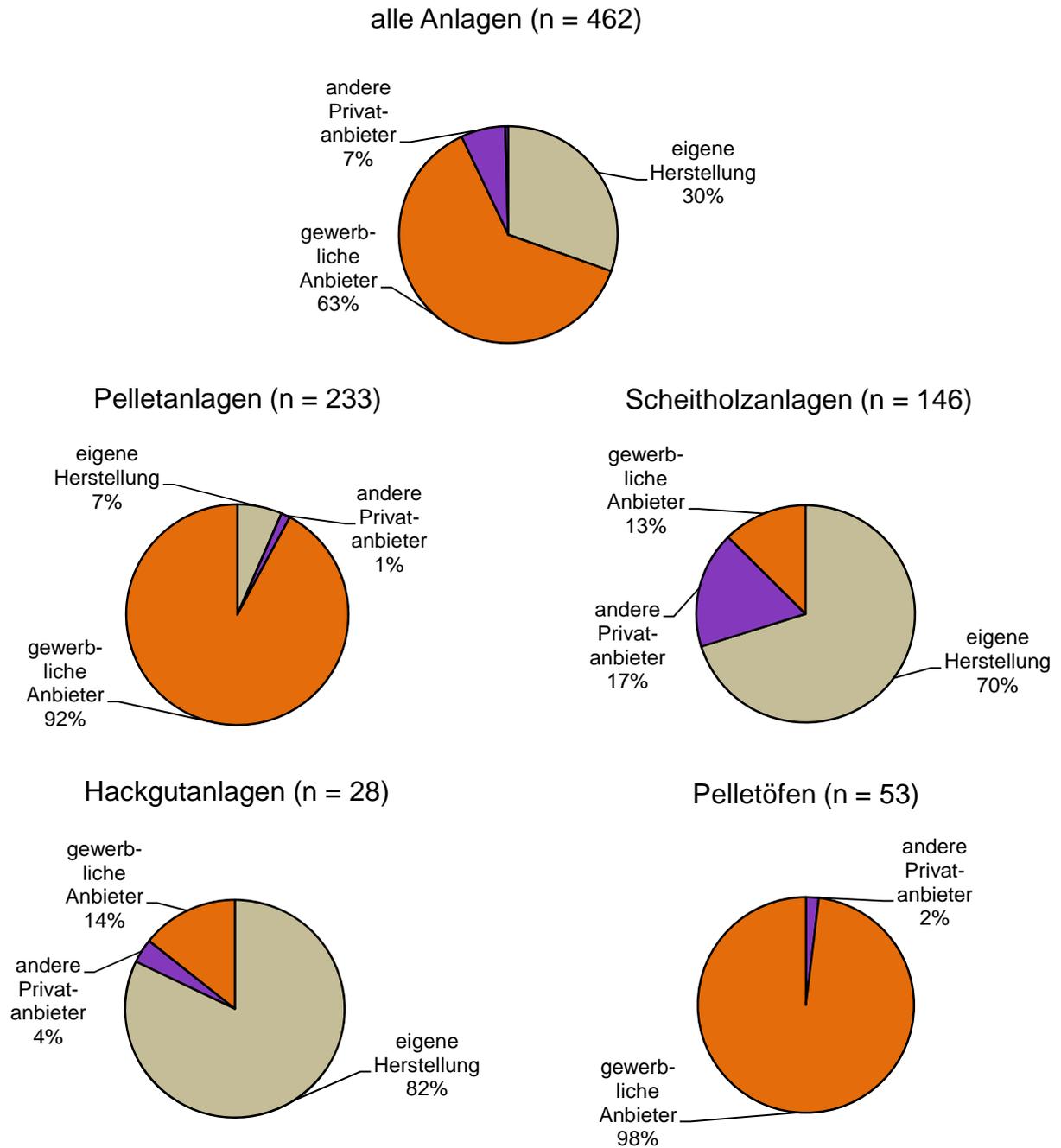


Abbildung 16: Brennstoffbezug nach Anlagenarten (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

3.5 Ergebnisse zum Brennstoffersatz

In Frage zwei des Fragebogens wurden Betreiber von Biomassefeuerungen befragt, welcher Brennstoff in ihrem Gebäude ersetzt wurde. Bei fast 80 % aller Gebäude wurde im Zuge der Heizungserneuerung ein fossiler Brennstoff oder elektrischer Strom ersetzt. 20 % der Befragten entschieden sich erneut zur Verfeuerung von Holz und ersetzten eine bestehende Holzfeuerung durch eine Neuanlage. Die ersetzten Anlagen waren ausschließlich Scheitholzfeuerungen, welche offenbar nicht mehr dem Stand der Technik

entsprachen und/oder bereits vom Schornsteinfeger beanstandet worden waren. Unter die sonstigen ersetzten Brennstoffe bzw. Wärmeerzeuger fallen: Nahwärme, Wärmepumpe oder Kohle bzw. es wurde hierzu keine Angabe gemacht.

Bei der Erstellung des Fragebogens war nicht beachtet worden, dass Neubauten in diesem Sinn keinen Brennstoff „ersetzen“ können. In diesem Fall kreuzten die Befragten die Option „Sonstige“ an und/oder schrieben handschriftlich „Neubau“ o. ä. in das Antwortfeld. Eine Konkretisierung ergab sich oft erst bei erneuter Durchsicht der Unterlagen aus der 1.000-Anlagenstichprobe. Gelegentlich wurden auch Angaben aus der Fragebogenaktion zur Korrektur der Auswertungen und Dateninterpretation.

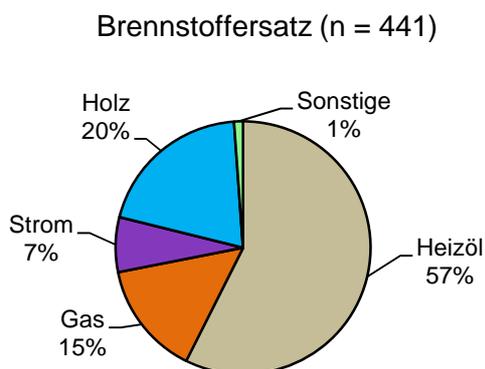


Abbildung 17: Ersetzter Brennstoff nach Anlagenarten (Pelletöfen: mit und ohne Wassertasche). n = Größe der Stichprobe

3.6 Ergebnisse zum Reinigungsaufwand

Durch Ascheanfall und Rückstandsablagerungen müssen Betreiber von häuslichen Holzfeuerungen ein hohes Maß an Eigenleistung bei der Reinigung und Pflege ihrer Anlage erbringen. Meist ist der Kessel neben der jährlichen Wartung durch Fachpersonal zu einem vom Hersteller vorgegebenen Zeitpunkt oder je nach Verschmutzungsgrad des Brennraums auch vom Betreiber zu reinigen. Bei der Beurteilung von Kosten-Vor- bzw. Nachteilen ist dieser Aspekt zu berücksichtigen. Da dieser Aufwand sehr von Kesselbauart, Verbrennungsprinzip und Brennstoffqualität abhängt und somit von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich ist, sollten im Fragebogen die Reinigungszeiten und -intervalle erfasst werden, um in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung diese Kostenposition mit praxisnahen Werten veranschlagen zu können.

Bei der Ascheentleerung wird die angefallene Asche aus dem dafür vorgesehenen Behälter entnommen und beispielsweise über die graue Hausmülltonne entsorgt. Bei der Reinigung hingegen wird der Kessel geöffnet, Wärmetauscherflächen von der Asche befreit, der Verbrennungsraum gesäubert, evtl. Verschlackungen gelöst und das Kesselinnere mit dem Kehrbesen des Herstellers gereinigt. Die Antworten auf die entsprechenden Fragen zeigten, dass Betreiber häufig nicht zwischen beiden Maßnahmen unterscheiden konnten. Einige gaben an, keine Reinigung durchzuführen oder sie setzten die

manuelle Reinigung mit Staubsauger und Kehrbesen der automatischen Wärmetauscherreinigung bei Pelletkesseln gleich. Bei einer zukünftigen Befragung sollte daher die Reinigungs- und Ascheentleerzeit zusammengefasst werden.

Im Ergebnis der Befragung zeigt sich, dass bei Pelletkesseln im Mittel nur 3-mal pro Heizperiode eine Entleerung der Asche stattfindet. Das liegt auch daran, dass die Kessel oftmals mit einer Vorrichtung zur Ascheverdichtung und -förderung ausgestattet sind. Scheitholzkessel haben dahingegen i. d. R. keine aschekomprimierenden Bauteile, obgleich der Brennstoff durch einen höheren Rindenanteil sowie durch eventuelle Verunreinigungen meist einen höheren Ascheanteil aufweist. Sie werden daher im Mittel ca. 24-mal je Heizperiode entleert (Abbildung 18). Außerdem haben Scheitholzkessel im Vergleich zu Pelletkesseln eine durchschnittlich höhere thermische Leistung, was meist mit einem größeren Brennstoffdurchsatz verbunden ist und somit den Ascheanfall mehrt. Die Sichtscheiben von Pelletöfen beginnen schon nach einigen Betriebsstunden trotz Scheibenspülung zu beschlagen und zu verrußen. Daher müssen Pelletöfen aus ästhetischen Gründen ebenfalls häufig gereinigt werden.

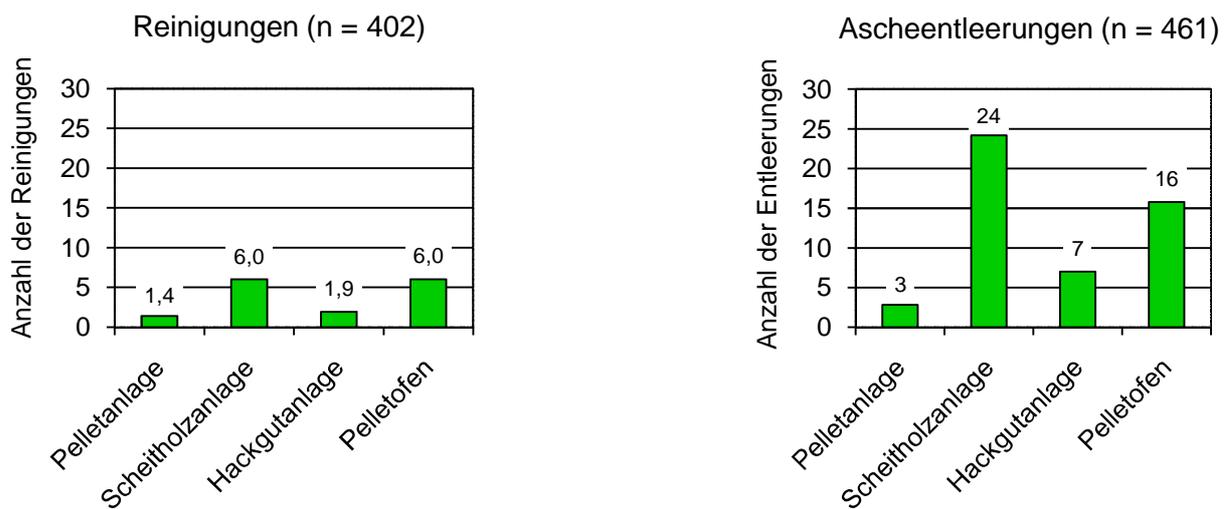


Abbildung 18: Anzahl der Reinigungen und Ascheentleerungen je Heizperiode. n = Größe der Stichprobe

Der Zeitaufwand und das Zeitintervall der Reinigung wurden im Fragebogen in Frage sechs direkt erfragt. Zur Ascheentleerung wurde im Fragebogen nur nach dem Ascheentleerintervall gefragt. Basierend auf der Annahme, dass der Zeitaufwand zur Ascheentleerung bei Pelletanlagen 5 Minuten, bei Scheitholzanlagen 9 Minuten, bei Hackgutanlagen 10 Minuten und bei Pelletöfen 4 Minuten beträgt, wurde der gesamte (Netto-)Zeitaufwand der Ascheentleerung je Heizperiode errechnet (Abbildung 19). Der so berechnete Arbeitsaufwand wird bei der Gegenüberstellung der Gesamtkosten verschiedener Heizungssysteme in Kapitel 4 berücksichtigt.

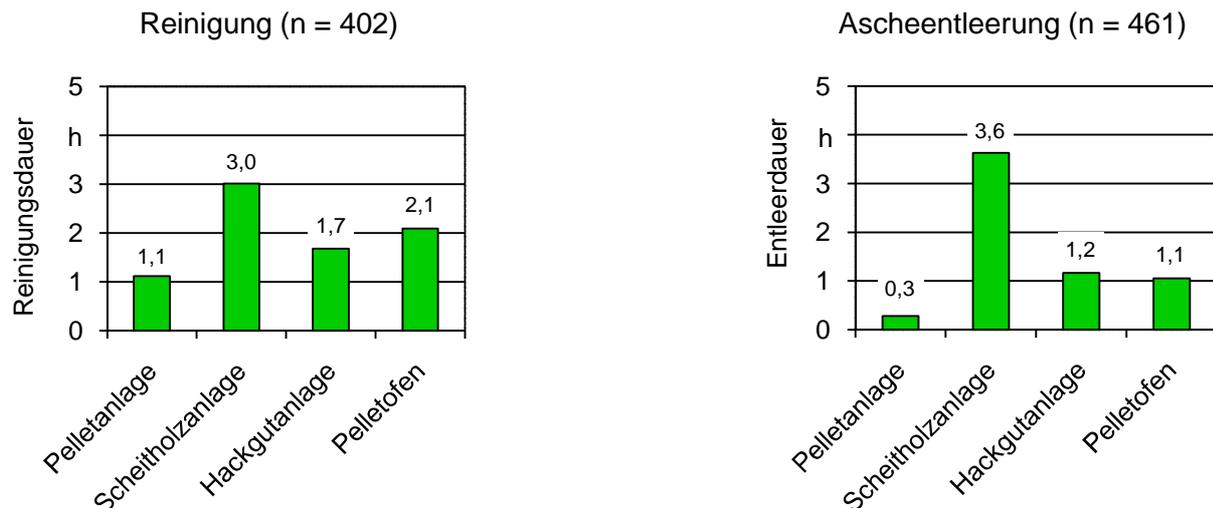


Abbildung 19: Zeitaufwand für Reinigung und Ascheentleerung je Heizperiode. n = Größe der Stichprobe

3.7 Ergebnisse zu den Wartungskosten

Hersteller von Holzfeuerungen schreiben zum Teil wiederkehrende Wartungsleistungen vor, um den störungsfreien Betrieb der Anlage während der Gewährleistungsfristen garantieren zu können. Auch für Betriebssicherheit, Einhaltung der Schadstoffemissionsbegrenzungen, Wirtschaftlichkeit, Langlebigkeit und für Garantieansprüche sind regelmäßige und dokumentierte Wartungen eine Voraussetzung.

In Frage 7 des Fragebogens wurde der Betreiber einer Anlage gefragt, von wem er diese Wartung durchführen lässt. Wartungstätigkeiten setzten ein hohes technisches Verständnis voraus und gehen weit über den Arbeitsaufwand der Kesselreinigung hinaus. Bei Wartungstätigkeiten sind oftmals Teile komplett auszubauen, zu reinigen, auf Funktion zu prüfen, anschließend wieder zu montieren und ggf. neu zu kalibrieren. Einfache Reinigungstätigkeiten, welche dem technischen Sachverstand des Betreibers zugemutet werden können, sind laut Bedienungsanleitung zum Teil selbst durchzuführen und werden dort beschrieben. Das gilt jedoch nicht für Wartungsarbeiten. Abbildung 20 zeigt, dass dennoch rund 40 % aller Anlagenbetreiber die Wartung in Eigenleistung durchführen. Pelletanlagen werden zu 69 % regelmäßig vom Fachpersonal überprüft. 55 % der Scheitholzbetreiber beauftragen einen Kundendienst mit der Wartung.

Pelletöfen werden dagegen zu 70 % vom Betreiber selbst gewartet. Dies liegt unter anderem daran, dass hier die Ansprüche an die Ausfallsicherheit geringer sind, als bei Pellet-Zentralheizungsanlagen. Pelletöfen werden hauptsächlich „heizungsunterstützend“ eingesetzt. Zudem können Pelletöfen ohne Zusatzanbauten nicht über einen längeren Zeitraum ohne Ascheentleerung, Reinigung und Brennstoffnachfüllung betrieben werden. Es liegt also in der Bauart und der Technik von Pelletöfen, dass diese eine erhöhte Aufmerksamkeit des Betreibers erfordern.

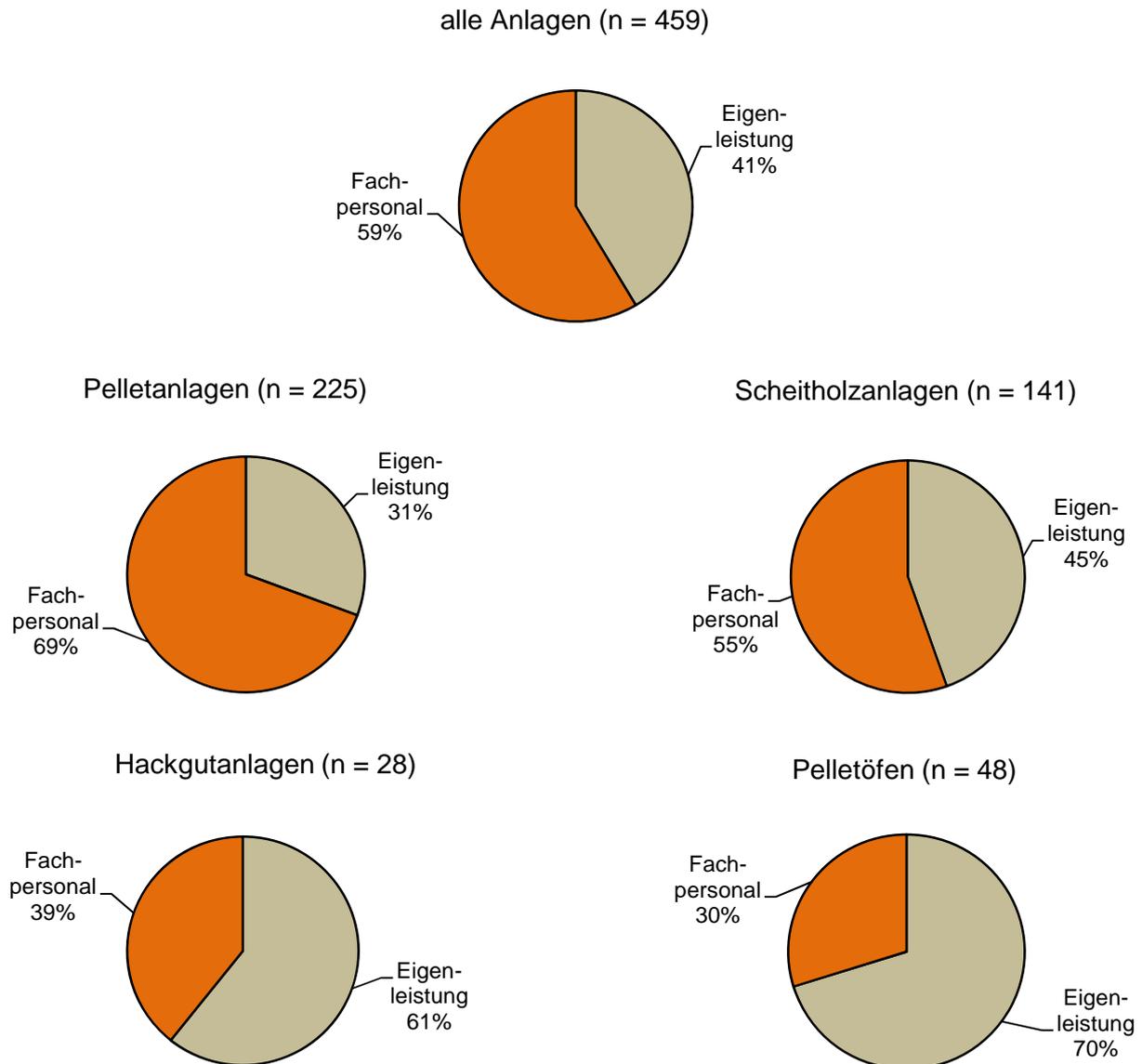


Abbildung 20: Durchführung der Wartungsarbeiten. n = Größe der Stichprobe

Hackgutfeuerungen werden nur zu 39 % vom Fachmann überprüft (Abbildung 20). Angesichts der Tatsache, dass derartige Anlagen meist eine höhere thermische Leistung aufweisen und oft mehrere Verbraucher oder Wohnungen versorgt werden, wodurch i. d. R. erhöhte Anforderungen an die Ausfallsicherheit bestehen, ist dieses Ergebnis überraschend. Offenbar ist bei den Betreibern von Hackgutfeuerungen (häufig Landwirte) aufgrund ihres praktischen Umgangs mit Großgeräten ausreichend technischer Sachverstand vorhanden.

In Abbildung 21 zeigt sich, dass die in der Erhebung genannten Kosten für die Wartung von Pellet- und Hackgutfeuerungen ähnlich hoch sind, was nachvollziehbar ist, da sie aus ähnlichen Anlagenkomponenten bestehen. Pelletöfen sind dagegen relativ kompakt gebaut und lassen sich dementsprechend in kürzerer Zeit warten. Diese kürzeren Zeiten bedeuten geringere Lohnkosten, weshalb die Wartungskosten für den Betreiber sinken. Die Befragten gaben auch an, dass für ihre Eigenleistung Kosten entstanden seien.

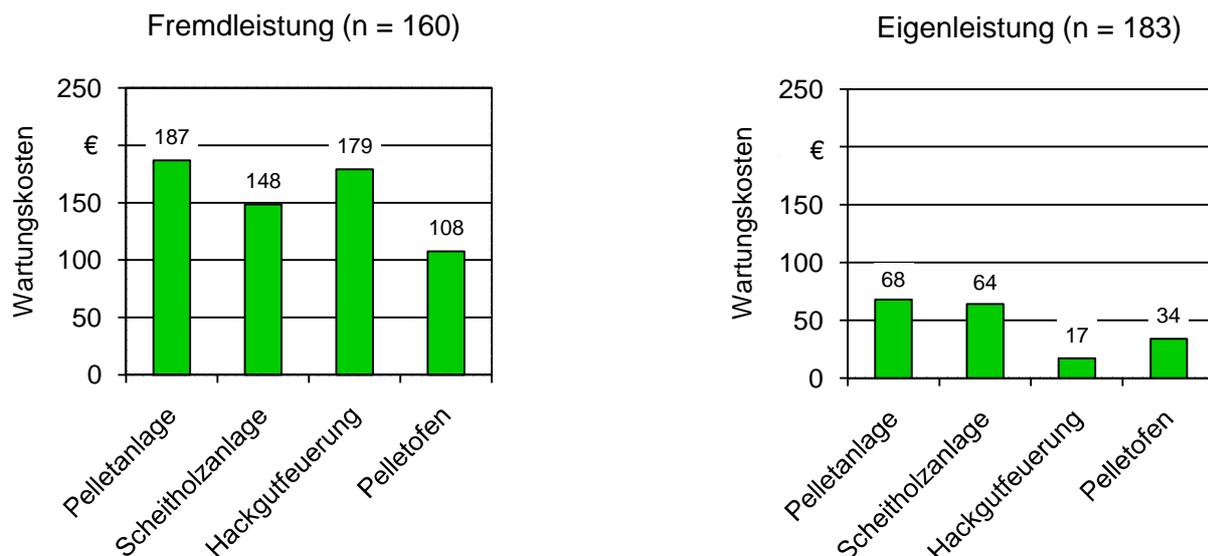


Abbildung 21: Kosten je Heizperiode für Wartung bei Durchführung in Eigen- bzw. durch Fremdleistung. n = Größe der auswertbaren Stichprobe

3.8 Ergebnisse zur Heizraumgröße

Betreiber von Holzfeuerungen benötigen Brennstofflagerräume und Räume für die Aufstellung des Heizgerätes und sie müssen diese unterhalten. Bei einem Gebäudeneubau werden diese Flächen entsprechend geplant und in Ausführung gebracht. Somit ist bei einer Wirtschaftlichkeitsberechnung diese Aufstell- und Lagerfläche ebenfalls zu berücksichtigen. Im Vergleich zu einem Gasbrennwertgerät müssen derartige Räume bei Einsatz von Holzfeuerungen weitaus größer ausfallen. Deshalb wurde versucht, hierzu über den Fragebogen praxistypische Angaben zu erhalten. Außen- und Zwischenlager, wie sie bei Scheitholz und Hackgutfeuerungen zur Lagerung und/oder Trocknung des Brennstoffs benötigt werden, blieben dagegen unberücksichtigt.

Pelletöfen (ohne Wassertasche), bei denen der Aufstellraum dem Wohnraum entspricht, benötigen keine zusätzliche Aufstellfläche. Im Fall der Öfen mit Wassertasche, die an einen Pufferspeicher angeschlossen sind – ist allerdings ein kleiner zusätzlicher Flächenbedarf in einem Heizraum gegeben. Da es hierüber bei den Öfen zu missverständlichen Angaben gekommen ist (oft wurde die Fläche des Wohnzimmers angegeben), sind die Angaben zu den Öfen in Abbildung 22 nicht dargestellt. Die Angaben zur Heizraumgröße zeigen, dass eine Abhängigkeit von der Anlagenleistung vor allem bei Hackschnitzelfeuerungen gegeben ist, da die Leistungsbandbreite hier größer ist als bei den übrigen Kesseln, bei denen offenbar erst eine Mindestanlagenleistung überschritten sein muss, bevor für den Kessel und ggf. den Wärmespeicher eine zusätzliche Fläche erforderlich ist.

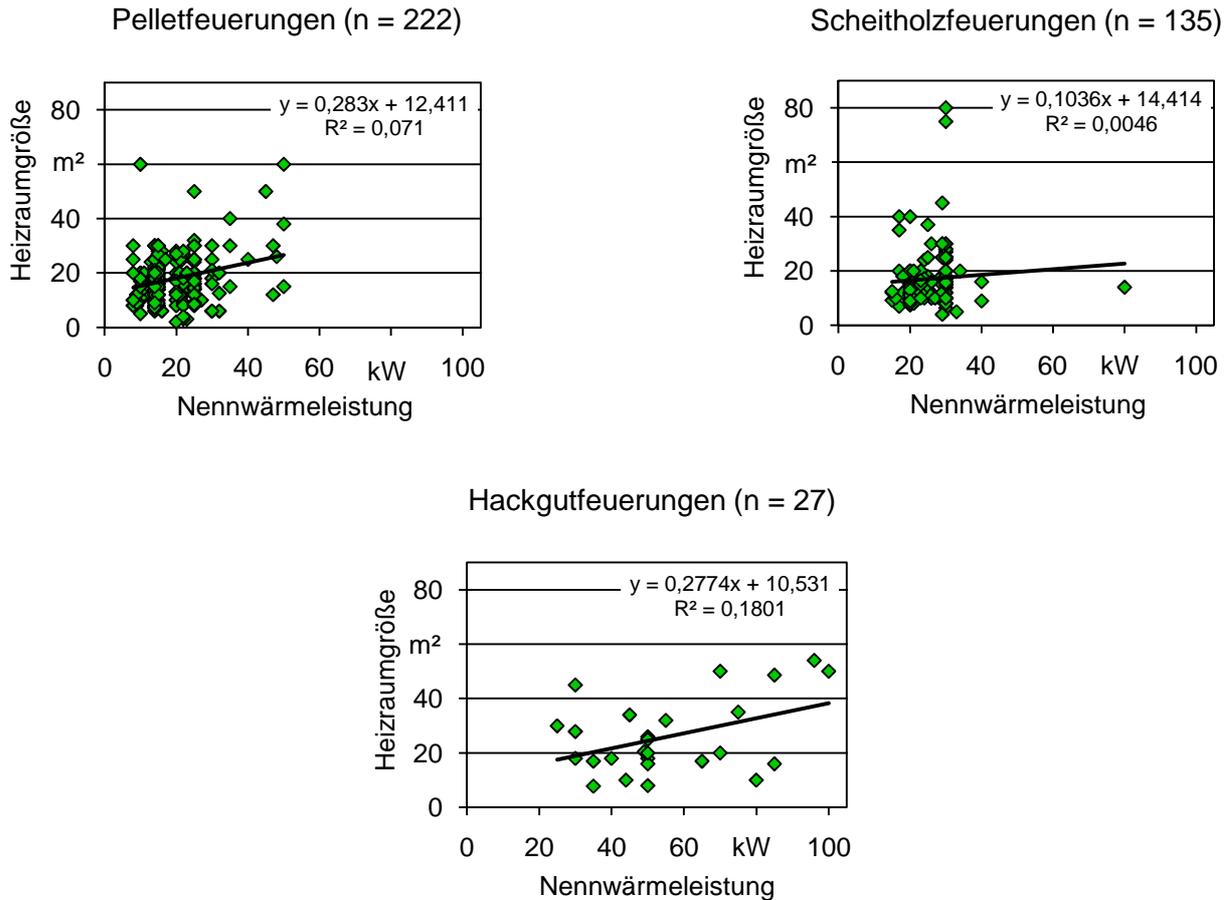


Abbildung 22: Fläche des Heiz- und Austragraums. n = Größe der Stichprobe

3.9 Ergebnisse zu den Emissionswerten der Schornsteinfegermessungen

Die für die Bauartzulassung und auch für die Überprüfung der Förderfähigkeit einer Anlage gemäß den MAP-Richtlinien erforderlichen Emissionswerte werden durchweg auf dem Prüfstand nach einer standardisierten Vorgehensweise ermittelt. Dadurch können diese Werte teilweise deutlich von den in der Praxis durch den Kaminkehrer gemessenen Emissionswerten abweichen. Hierfür lassen sich viele Gründe benennen: So weichen in der Praxis die Lastzustände und Brennstoffe vom Prüfstandsbetrieb ab; aber auch die Zugbedingungen im Schornstein und der Wartungszustand der Anlagen sowie die eingesetzte Messtechnik, der Versuchsaufbau und die Messdauer unterscheiden sich bei Überprüfungen in der Praxis deutlich von Prüfstandsmessungen. Solche Schornsteinfegermessungen sind daher nur bedingt für eine generelle Anlagenbeurteilung geeignet, sie zeigen jedoch ggf. vorliegende Störungen oder falsche Betriebsweisen an. Um eine Aussage über das in der Praxis messbare Emissionsniveau der MAP-geförderten Anlagen zu ermöglichen, wurde der Anlagenbetreiber in Frage 10 des Fragebogens auch nach den Emissionswerten der letzten Messung gefragt.

Kohlenmonoxid. Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse zum Kohlenstoffmonoxidgehalt im Abgas (Normkubikmeter (Nm³) bei 13 % Restsauerstoff) vorgestellt. Dabei

werden die Schornsteinfegermessungen in Abbildung 23 (rechts) der Typenprüfungsmessung (links) gegenübergestellt. Letztere Messwerte wurden den jeweiligen Schadstoff-Emissionswerten der BAFA-Liste der geförderten Anlagen entnommen. Für die Gegenüberstellung wurde eine einheitliche Klasseneinteilung gewählt.

Der gesetzliche Grenzwert gemäß 1. BImSchV liegt bei einer Anlagenleistung bis 50 kW bei 4.000 mg/Nm³, im Leistungsbereich von 50 bis 150 kW sind 2.000 mg/Nm³ zu unterschreiten. Der Grenzwert von 4.000 mg/Nm³ wurde bei den Angaben zum Fragebogen nur von einer einzigen Anlage (Scheitholzfeuerung) überschritten. Hierbei ist es allerdings möglich, dass zunächst weitere Beanstandungen vorgekommen waren, jedoch hier lediglich die Messwerte der Wiederholungsmessung mitgeteilt wurden.

Fast alle Anlagen liefern bezüglich der tatsächlichen Kohlenmonoxid-Emissionswerte gute Ergebnisse. Würde die gesetzliche Emissionsbegrenzung, wie aktuell in der Novelisierung der 1. BImSchV diskutiert, auf 1.000 mg/Nm³ (bei Pelletfeuerungen 600 mg/Nm³) abgesenkt, so würden von jedem Anlagentyp rund 10 % der MAP-geförderten Anlagen zu beanstanden sein. Es zeigt sich jedoch auch, dass der von dem BAFA als Fördervoraussetzung erstellte Grenzwert (250 mg/Nm³) im Praxisbetrieb von vielen – nicht durchweg von allen – eingehalten werden kann. Auf die Darstellung von Pelletöfen wird hier wegen der geringen Stichprobe (n=3) verzichtet.

Gesamtstaub. Der gesetzliche Grenzwert für die Gesamtstaubemission von Holzfeuerungen bis 1.000 kW Nennwärmeleistung liegt bei 150 mg/Nm³. Da dieser Wert neben der CO-Emission ebenfalls vom Schornsteinfeger im Rahmen seiner wiederkehrenden Messung (außer Scheitholzfeuerungen, sie werden derzeit nur einmalig nach der Inbetriebnahme gemessen) erfasst wird, lassen sich Typenprüfergebnisse und die Angaben aus der Fragebogenaktion auch hier gegenüberstellen (Abbildung 24). Anders als bei den CO-Emissionen zeigt sich hier, dass bei den MAP-geförderten Anlagen der Staubgrenzwert in der Praxis nicht in jedem Fall eingehalten wurde. Bei den Praxismessungen wurden in 7 % der Fälle die gültigen Grenzwerte bei Scheitholzfeuerungen und in 4 % der Fälle bei Hackgutfeuerungen überschritten. Wie bei den CO-Emissionen ist es hierbei allerdings ebenfalls möglich, dass zunächst weitere Beanstandungen vorgekommen waren, hier jedoch nur die Messwerte der Wiederholungsmessung mitgeteilt wurden.

Der Grenzwert der Förderungsvoraussetzung nach MAP (50 mg/Nm³) wird im Praxisbetrieb von 17 % der Pelletfeuerungen, 29 % der Scheitholzfeuerungen und 43 % der Hackgutfeuerungen nicht erreicht. Auf die Darstellung von Pelletöfen wird auch hier wegen der geringen Stichprobe (n=1) verzichtet. Dieser geringe Stichprobenwert ist hier darauf zurückzuführen, dass Pelletöfen meist nur eine sehr geringe Nennwärmeleistung von weniger als 15 kW aufweisen und daher nicht messpflichtig sind.

Die Unterschiede zwischen Prüfstands- und Praxismessung werden bei allen Anlagentypen ersichtlich. Während beispielsweise bei den Pelletkesseln in der Typenprüfung nahezu alle Anlagen (97 %) weniger als 25 mg/Nm³ Gesamtstaub aufwiesen, kam es in nahezu der Hälfte aller Messungen (47 %) zu darüber liegenden Werten (Abbildung 24). Bei den Scheitholz- und Hackgutkesseln überwiegt die Staubmesswertklasse zwischen 25 und 50 mg/Nm³, bei den Typenprüfungen der Bereich bis 25 mg/Nm³.

Typenprüfung (Herstellerangabe)

Schornsteinfegermessung (Fragebogen)

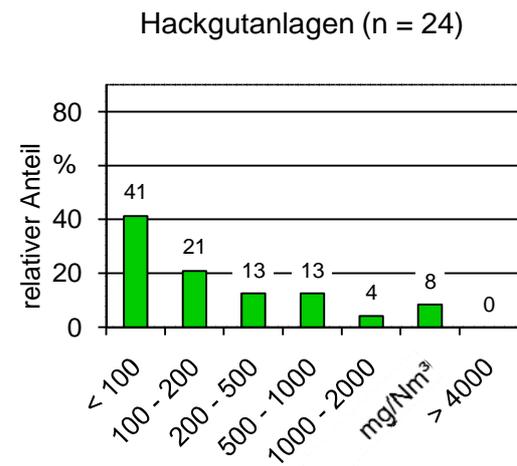
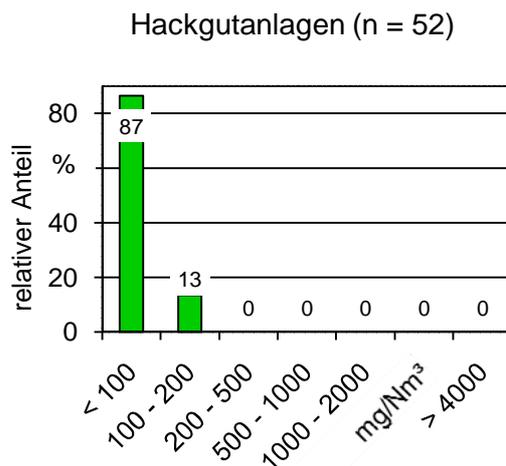
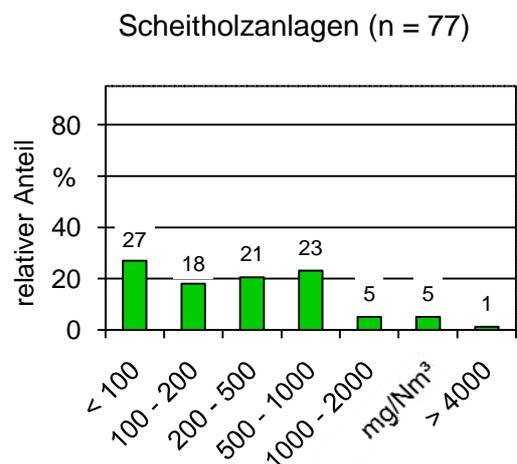
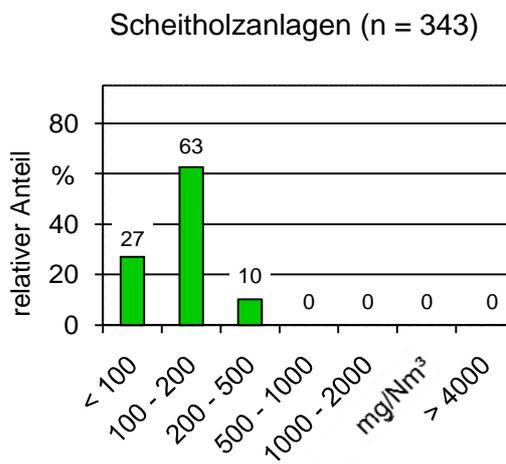
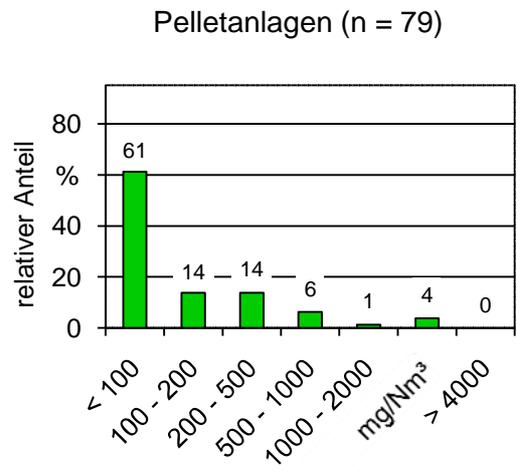
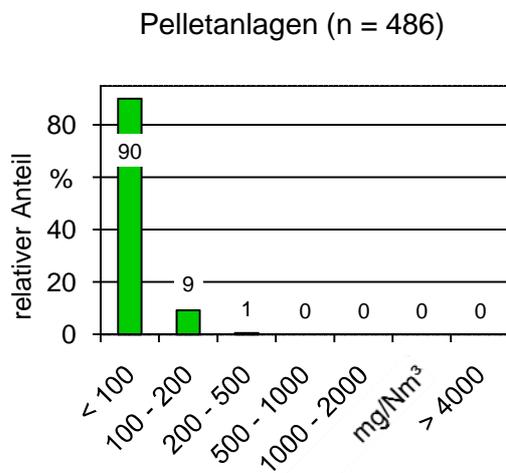


Abbildung 23: Kohlenmonoxid (CO)-Emissionsverteilung nach Typenprüfungs- und Schornsteinfegermessung. n = Größe der Stichprobe

Typenprüfung (Herstellerangabe)

Schornsteinfegermessung (Fragebogen)

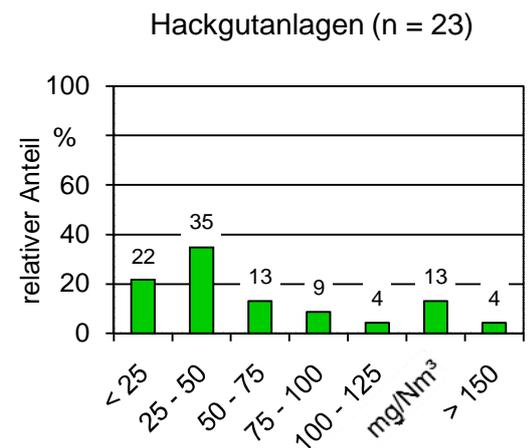
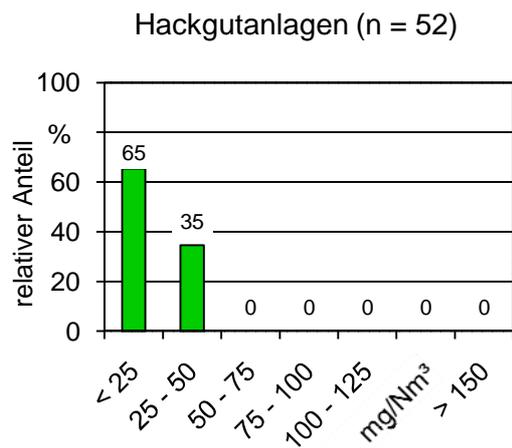
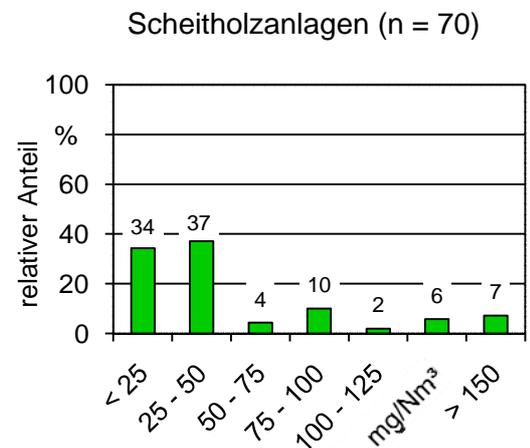
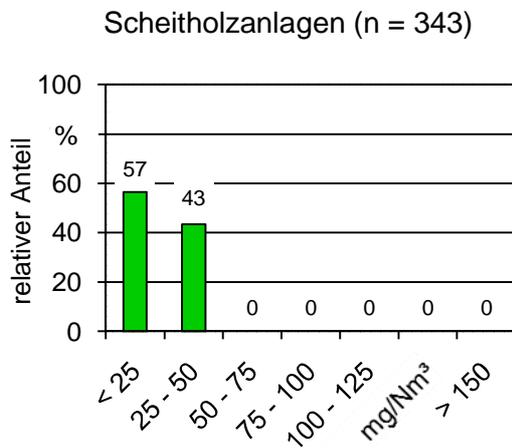
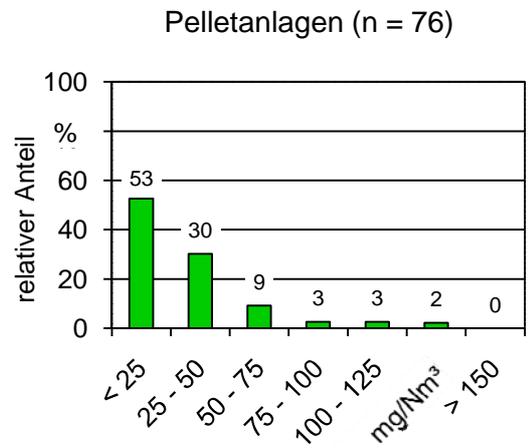
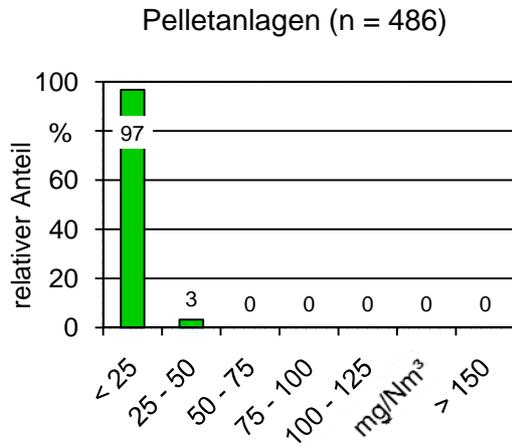


Abbildung 24: Gesamtstaub-Emissionsverteilung nach Typenprüfungs- und Schornsteinfegermessung. n = Größe der Stichprobe

3.10 Ergebnisse zur Kombination mit solarthermischen Anlagen

In der abschließenden Frage des Fragebogens wurden die Betreiber häuslicher Holzfeuerungen befragt, ob sie zu ihrer Biomassefeuerung zusätzlich eine thermische Solaranlage installiert haben. Bei 46 % aller Befragten war dies der Fall. 15 % der Befragten bekundeten, dass sie in naher Zukunft die Anschaffung einer solarthermischen Anlage planen (Abbildung 25, links). Die Bereitschaft zur Nutzung solarthermischer Energie ist demnach bei Betreibern einer Biomasseheizung sehr hoch. Für die Solarbranche sind die Käufer von Holzheizungen somit potenzielle Kunden. In wieweit diese Aussage auch im Umkehrschluss möglich ist, ist hier nicht festzustellen.

Die kombinierte Nutzung einer Biomasseanlage mit solarthermischen Systemen ist vor allem bei Pelletkesseln weit verbreitet. Von allen Anlagen, die mit einer solarthermischen Anlage kombiniert betrieben werden, liegt der Anteil der Pelletkessel bei 56 % (Abbildung 25, rechts). Am seltensten kommen Solarthermie-Kombinationen mit Hack- schnitzelkesseln vor.

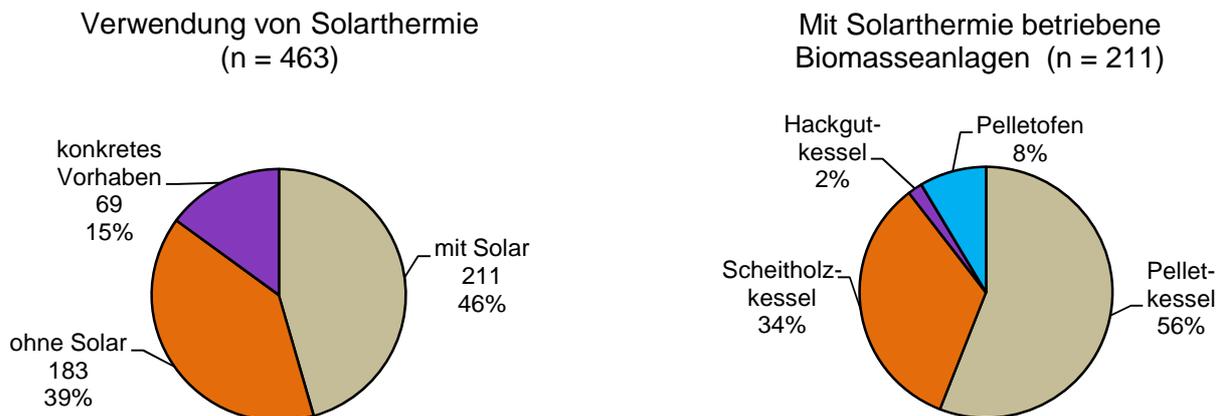


Abbildung 25: Kombination von solarthermischer Energienutzung mit einer Holzfeuerung (als Ergebnis der Befragung). n = Größe der Stichprobe

3.11 Ersetzte Brennstoffe

Im Fragebogen (Frage 4) wird nach der verbrauchten Brennstoffmenge in der letzten Heizperiode gefragt. Hieraus lässt sich der Energieeinsatz für die jeweilige Anlage er- rechnen. Dabei wird angenommen, dass Pellets mit 8 % Wassergehalt und einem Heizwert H_u von 4.750 kWh/t verfeuert werden und bei Scheitholz und Hackschnitzeln wird vom Einsatz von Kiefernholz mit 20 % Wassergehalt ausgegangen. Somit liegt für Kiefernholz eine gespeicherte Wärmeenergie von 1.458 kWh/Rm (Rm = Raummeter) bzw. Kiefern- hackschnitzeln 921 kWh/SRm (SRm = Schüttraummeter) zugrunde. Über diese Annahmen errechnet sich unter Zugrundelegung der Angaben in der Umfrage, hochgerechnet auf alle geförderten Anlagen im Betrachtungszeitraum, eine gesamte benötigte Brennstoff-Energiemenge von 1.891 GWh) pro Jahr bzw. Heizperiode.

Durch die Installation einer Holzfeuerung werden andere Primär-, Sekundär- und Tertiärenergieträger im Gebäudebestand ersetzt. Anhand der o. g. Hochrechnung zur insgesamt eingesetzten Holzenergiemenge lässt sich auf die Energiemenge schließen, welche durch die MAP-geförderten Anlagen der Jahre 2006 und 2007 durch den nunmehr stattfindenden Biomasseeinsatz jährlich ersetzt wird.

Diese Auswertung zeigt Abbildung 26 (links). Da die Angaben im Fragebogen auf den Verbrauch des milden Winters 2007/2008 basieren, sind die Verbrauchszahlen eher als Mindestansatz anzusehen. Demnach werden überwiegend fossile Energieträger wie Heizöl (57 %), Erdgas (14 %) und elektrischer Strom (7 %) ersetzt, ca. 20 % des Brennstoffeinsatzes erfolgt in Anlagen, die bereits vorher Holzbrennstoffe eingesetzt hatten. Als „Sonstige“ Energieträger sind zu nennen: Nahwärme, Wärmepumpe oder Kohle, bzw. es wurden hierzu „keine Angaben“ gemacht.

Auf Basis dieser Zahlen lässt sich der Anteil des nicht-regenerativen Energieverbrauchs, der durch die geförderten Kleinanlagen der Jahre 2006 bis 2007 (Betrachtungszeitraum) substituiert wurde abschätzen. Hierbei wurden die Energieträger Öl, Gas, Kohle, Nahwärme und 86 % des Stromanteils als fossil angesehen, während Holz und 14 % des Stromanteils als regenerativ gewertet wurden. Abbildung 26 (rechts) zeigt, dass demnach der Anteil der substituierten fossil-nuklearen Primärenergie bei 79 % liegt.

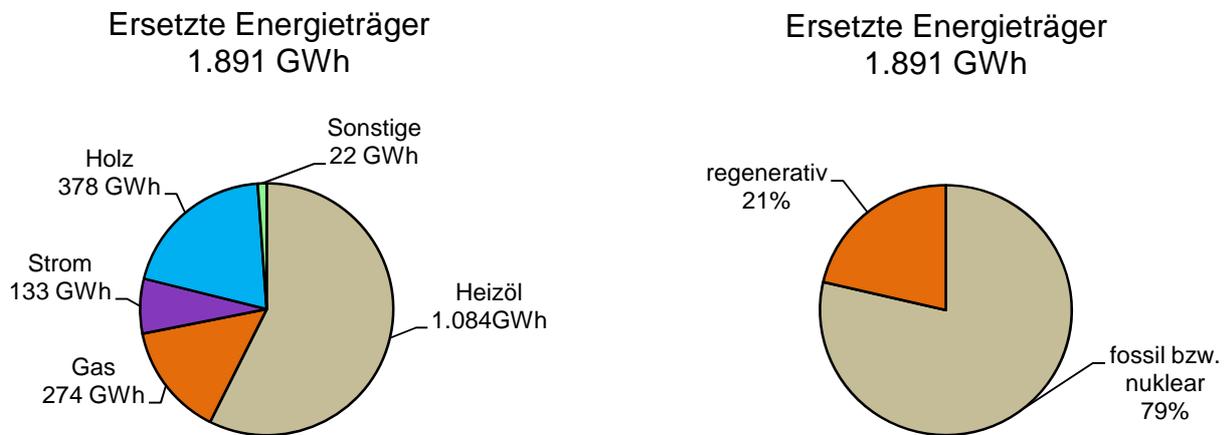


Abbildung 26: Jährlich (pro Heizperiode) ersetzte Energieträger in Holzfeuerungen bis 100 kW, die durch das MAP in den Jahren 2006 bis 2007 gefördert wurden (Ergebnisse der Befragung)

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

4.1 Vorgehen und Annahmen

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die Ergebnisse der Kostenanalyse aus den Kapiteln 2.4 (spezifische Anlagenkosten aus der 1.000-Anlagenstichprobe) und die relevanten Betriebserfahrungen aus Kapitel 3 (zusätzliche Fragebogenauswertung) herangezogen. Das hierbei gewählte finanzmathematische Vorgehen sowie die getroffenen Annahmen zu den gewählten Referenzanlagen werden nachfolgend vorgestellt.

Referenzsysteme. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden Referenzsysteme definiert, die repräsentativ für die derzeitigen Leistungsbereiche sind und im Rahmen des MAP gefördert wurden (Tabelle 4). Die ebenfalls förderfähigen Einzelfeuerstätten (mit und ohne Wassertasche) wurden hier nicht in den Vergleich einbezogen, weil bei den Investitionen in derartige Feuerungen, welche im Wohnraum aufgestellt werden, häufig auch Aspekte der Wohnwertsteigerung und des Anlagendesigns ausschlaggebend sind, die den Preisvergleich mit Kesselanlagen erschweren.

Tabelle 4: Übersicht über Referenzsysteme der betrachteten Biomassefeuerungen

Wärmeleistung	Feuerungsart	Einsatzbereich
15 kW _{th}	Pelletkessel / Scheitholzvergaserkessel	Biomassebefeuerte Zentralheizung für Einfamilienhäuser zur Heiz- und Brauchwassererwärmung; Hier werden vorwiegend automatisch beschickte Pelletkessel oder handbeschickte Scheitholzvergaserkessel eingesetzt, während Hackgutkessel in diesem Leistungsbereich noch nicht in nennenswertem Umfang vorkommen.
35 kW _{th}	Pelletkessel / Scheitholzvergaserkessel / Hackgutkessel	Biomassebefeuerte Zentralheizung für Mehrfamilienhäuser zur Heiz- und Brauchwassererwärmung Hier werden sowohl automatisch beschickte Pellet- und Hackschnitzelkessel als auch handbeschickte Scheitholzvergaserkessel eingesetzt.
70 kW _{th}	Hackgutkessel	Biomassebefeuerte Zentralheizung für Mehrfamilienhäuser zur Heiz- und Brauchwassererwärmung In dieser Leistungsklasse werden gemäß Förderstatistik (Stichprobe) nur Hackschnitzelfeuerungen eingesetzt.

Hinzu kommt, dass bei solchen Wohnraumfeuerungen kein sinnvoller Vergleich mit einem fossilen Referenzsystem möglich ist. Als Vergleichsmaßstab für die Kosten der Wärmeerzeugung mit Biomassezentralheizungen wurde eine konventionelle Heizölfеuerung

rung (Niedertemperaturkessel) herangezogen, da Heizölfeuerungen gemäß Fragebogenauswertung am häufigsten durch die Biomasseanlage ersetzt wurden (vgl. Kapitel 3.5). Um aber auch einen Vergleich zu den insbesondere im Neubaubereich relativ häufig eingesetzten Erdgasheizungen zu ermöglichen, wurde als zweiter Vergleichsmaßstab eine moderne Erdgas-Zentralheizungsanlage (Brennwertkessel) herangezogen.

Die Gesamtkosten einer Anlage unterteilen sich in kapitalgebundene, verbrauchsgebundene, betriebsgebundene und sonstige Kosten. Alle Kostenangaben verstehen sich zunächst ohne Mehrwertsteuer. Diese wird am Ende der Berechnung auf alle Posten aufgeschlagen.

Kapitalgebundene Kosten. Unter den kapitalgebundenen Kosten werden für ein einzelnes Jahr berechnete Kosten für die Anschaffung von Anlagenkomponenten und deren Installation verstanden. Dies sind im speziellen: Heizkessel, Brennstoffaustragung, Lagerstätten, Brauchwasser- und Pufferspeicher, Peripherie inkl. Verteilungsleitungen sowie Lieferung und Montage.

Zu Berechnung der jährlichen kapitalgebundenen Kosten wurde das Annuitätsverfahren entsprechend den Empfehlungen der VDI-Richtlinie 2067, Blatt 1 [16], angewandt. Im Gegensatz zu früheren Ausgaben dieser Richtlinie wird hierbei nun auch der Restwert der Anlage berücksichtigt. Das Annuitätsverfahren gestattet es, einmalige Zahlungen/Investitionen mit Hilfe eines Annuitätsfaktors während eines Betrachtungszeitraumes zusammenzufassen.

Da für Heizkessel und Wärmespeicher ein Abschreibungszeitraum von überwiegend 20 Jahren vorgegeben wird, bei einzelnen Peripheriebauteilen wie Pumpen (10 Jahre), oder Regelung (15 Jahre) die Nutzungsdauer jedoch deutlich geringer ist, wurde eine mittlere Nutzungsdauer von 18 Jahren angenommen. Weil hier der Betrachtungszeitraum ebenfalls bei 18 Jahren liegen soll, ist die Berücksichtigung eines Restwerts für die technischen Anlagenkomponenten nicht erforderlich.

Nur für bauliche Aufwendungen (50 Jahre Abschreibung) ist die Bildung eines Restwerts notwendig. Als Investitionssumme wurde hier ein Betrag von 150 € je m³ umbauter Raum angesetzt. Das gilt für die individuell für jeden Modellfall abgeschätzte Heizraumgröße. Hier wurde von den Angaben aus der Fragebogenaktion abgewichen, weil die Antworten auf die Heizraumgröße oftmals erkennen ließen, dass der Raum zusätzliche Funktionen erfüllte und somit nicht allein der eigentlichen Heizungsaufstellung zuzuordnen war. Stattdessen wurden für die tatsächlich notwendigen Heizraumflächen sinnvolle Schätzwerte verwendet: Für die 15 kW Feuerungen wurden für Heizöl und Erdgaskessel 6 m², für Pelletkessel 13 m² und für Scheitholzessel 15 m² angesetzt, bei der 35 kW Variante 8 m² für Heizöl und Erdgaskessel, 15 m² für Pellet- und Hackgutkessel und 18 m² für Scheitholzessel und bei der 70 kW-Variante 10 m² für Heizöl und Erdgaskessel und 17 m² für Hackgutkessel. Für alle Räume wurde eine Bauhöhe von 2,5 m unterstellt. Ähnliches gilt für die Lagerräume, für die einheitlich angenommen wurde, dass der Jahresbedarf an Brennstoff bevorratet wird und auch hier wurde von einer Investitionssumme von 150 € je m³ umbautem Raum ausgegangen. Zur Ermittlung der

benötigten Lagerraumgröße wurden jeweils brennstoffspezifische Raumausnutzungsfaktoren zugrunde gelegt, mit denen der jeweilige Jahresbrennstoffbedarf multipliziert wurde. Bei der Lagerung von Heizöl wurde der Raumausnutzungsfaktor 2,5, bei der Lagerung von Pellets 1,5 und bei der Lagerung von Hackschnitzeln 1,25 angesetzt. Bei Erdgas oder Scheitholzfeuerungen ist kein Lagerraum im Gebäude erforderlich, so dass hierfür auch keine bauliche Investition berücksichtigt wurde. Im Fall von Holzhackschnitzel ist es vor allem bei größeren Anlagen (z. B. 70 kW) üblich, dass das direkt an der Feuerung verfügbare Brennstofflager mit Raumaustrag mehrmals im Jahr befüllt wird. Dennoch wurde hier nicht von einem entsprechend kleineren Lagerraum ausgegangen, weil in diesem Fall das Hackgut in Gebäuden außerhalb des Heizgebäudes gelagert werden muss, zumal es bei der eigenen Hackschnitzelherstellung gängige Praxis ist, dass der hierfür benötigte Hacker als Lohngerät nur einmal pro Jahr angefordert wird, so dass der gesamte Jahresvorrat ohnehin auf einmal bereitgestellt und gelagert wird.

Die Festsetzung der Investitionskosten (außer bauliche Investitionen) orientiert sich an den Kostenauswertungen der 1.000-Anlagenstichprobe der BAFA-geförderten Anlagen, die in Kapitel 2.4 vorgestellt wurden. Dabei erfolgt die Berechnung der Investitionskosten analog zu den individuell ausgewerteten Kostengruppen, das heißt, dass die jeweiligen von der Nennwärmeleistung abhängigen Kostenfunktionen zu Anlagenkomponenten Heizanlage, Montage, Peripherie sowie ggf. Raumaustrag und Pufferspeicher verwendet werden, um daraus die gesamten Investitionskosten für den jeweiligen Referenzfall zu bestimmen. Da es sich bei den Investoren mehrheitlich um Endverbraucher handelt, werden die dargestellten Kosten am Ende der Berechnung noch zusätzlich um die Mehrwertsteuer (19 %) erhöht.

Zur Vervollständigung der heiztechnischen Ausstattung wurde für alle Referenzfälle eine einheitlich große Brauchwasseraufbereitung angenommen. Die Kosten für diese Investition wurde auf Basis einer Preiserhebung unter Herstellern ermittelt, wobei hier marktübliche 15,1 % Rabatt (analog Scheitholzkessel, siehe Tabelle 3) vom Herstellerpreis (inkl. MwSt.) abgezogen wurden (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 7). Bei den Investitionskosten für die Brauchwassererwärmung wurde einheitlich von einem 4-Personen-Haushalt ausgegangen, wobei für jede Person ein täglicher Warmwasserbedarf von 50 l und eine Aufheizung des Wassers von 10 °C auf 45 °C angesetzt wurde.

Bei den Investitionskosten für Holzfeuerungen wurde in allen Fällen auch angenommen, dass ein geeigneter Wärmespeicher erforderlich ist, zumal im Rahmen des MAP für Scheitholzkessel ohnehin ein Mindestspeichervolumen von 55 l/kW gefordert wird. Da es der guten fachlichen Praxis entspricht, auch bei automatisch beschickten Feuerungen einen Wärmespeicher einzubauen, wird dieser auch bei Pellet- und Hackschnitzelfeuerungen angenommen, wenngleich hierauf in der Praxis häufig verzichtet wird (vgl. Kapitel 2.2). Bei einem Verzicht auf den Wärmespeicher können sich die häufigeren An- und Abschaltvorgänge mit ungünstigen Betriebszuständen negativ auf die Nutzungsdauer auswirken, so dass die hier unterstellte Anlagennutzungsdauer von 18 Jahren dann nicht sicher erreicht werden kann. Als spezifisches Pufferspeichervolumen wird für Scheitholzkessel ein Wert von 100 Litern je Kilowatt Nennwärmeleistung angesetzt, bei Hackschnitzel- und Pelletkesseln sind es einheitlich 30 l/kW.

In Vergleich zu den früheren Kostenvergleichsrechnungen im Rahmen der MAP-Evaluierung wurden hier nun erstmals auch die baulichen Investitionen berücksichtigt, da diese die Wirtschaftlichkeit der Anlage maßgeblich beeinflussen können. Die benötigten Heiz- und Lagerraumflächen wurden, wie bereits erwähnt, sinnvoll abgeschätzt bzw. mit dem Jahresbrennstoffbedarf, multipliziert mit einem Raumausnutzungsfaktor, ermittelt. Um die Kosten für bauliche Leistungen bewerten zu können, wurde eine telefonische Preisumfrage bei örtlichen Bauunternehmen durchgeführt. Diese Umfrage ergab, dass für einen Kubikmeter umbauten Kellerraum mit niedriger Ausstattung normalerweise ein Betrag von 150 € angesetzt werden kann. Dieser Wert wurde einheitlich angesetzt, wobei eine Raumhöhe von 2,5 m unterstellt wurde.

Bei Pelletheizungen sind neben den Raumaustragungskosten stets auch noch weitere spezielle Kosten für den Bau eines Schrägbodens oder für die Aufstellung eines Gewebesilos aufzubringen. Diese Kosten konnten den Originaldaten der 1.000-Anlagenstichprobe meist nicht entnommen werden oder sie waren zur Abgrenzung der Kosten für den Raumaustrag abgezogen worden. Daher ist es erforderlich, dass bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung hierfür nun ein Zuschlag erfolgt, zumal auch bei einer Heizölfeuerung, die hier bei den Berechnungen als Vergleichssystem gewählt wurde, auch Kosten für die Anschaffung der Öltanks anzurechnen sind. Vereinfachend wurden diese Zusatzkosten bei Pelletheizungen einheitlich in der Höhe der Anschaffungskosten eines Gewebesilos (ohne Aufstellung und Montage) angenommen. Die Preise wurden hierzu bei Herstellern (aus Preislisten) erhoben und in Form einer Kostenfunktion in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung bei den Berechnungen verwendet. Da es sich hierbei um die Preise einer Preisliste handelt, werden die in Kapitel 2.4 dargestellten marktüblichen Rabatte (vgl. hierzu Tabelle 3) berücksichtigt. Für die Kostenvergleichsrechnung wurden die Rabattsätze analog den Scheitholzkesseln von dieser Kostenfunktion abgezogen.

$$K = 66,329 m^{0,3933}$$

K stellt den Anschaffungspreis des Pellet-Gewebesilos in Euro (ohne Mehrwertsteuer) dar und m steht für das benötigte Lagervolumen in kg (Jahres-Brennstoffbedarf).

Bei den Preisänderungsfaktoren erfolgte eine Festlegung auf Angaben des Statistischen Bundesamts von 1997 (vgl. [16]). Die getroffenen Annahmen für die jährliche Preissteigerung für Energie liegen somit bei 4 %. Für Löhne und Investitionen wurde jedoch keine Preissteigerung angenommen, damit in diesen Punkten eine Vergleichbarkeit mit der Leitstudie 2008 [13] besteht.

Verbrauchsgebundene Kosten. Hierzu zählen Brennstoff- und Hilfsenergiekosten, wobei die Brennstoffkosten den weitaus größten Anteil beitragen. Hierfür wird ein mittlerer Marktpreis über den Betrachtungszeitraum von 2006 bis 2007 unterstellt (vgl. Tabelle 5). Die Kostenangaben wurden mit den üblichen Umrechnungsfaktoren (vgl. [9]) in eine Preisangabe je kWh umgerechnet. Sie stimmen mit den Brennstoffpreisen überein, welche auch für die Darstellung in Abbildung 27 verwendet wurden. Für alle Brennstoffe wird außerdem ein einheitlicher preisdynamischer Annuitätsfaktor (Energiepreissteige-

rungsfaktor) von 4 %/a angesetzt. Dadurch soll der erwartenden langfristigen Verknappung von Energieträgern Rechnung getragen werden. Aus Gründen der Gleichbehandlung wurde hierbei jedoch nicht zwischen fossilen und biogenen Energieträgern unterschieden. Bei allen übrigen Kostenpositionen wurde eine vergleichende Darstellung auf Basis der aktuellen Preise angestrebt. Daher wurden für Investitionen und Löhne keine Preissteigerungen angenommen.

Für die Kostenrechnungen wurden die tatsächlichen Marktpreise für die Biomassebrennstoffe auch dann angesetzt, wenn der Betreiber als Selbstwerber oder Selbstaufbereiter eine wesentlich kostengünstigere Holzversorgung besitzt. Durch dieses Vorgehen wird der tatsächliche Wert der Brennstoffe herangezogen, zumal der Selbstwerber mit seiner Eigenleistung ein marktfähiges Produkt erzeugt. Für den Holzbrennstoffeinsatz sind somit die Opportunitätskosten anzusetzen.

Unter Berücksichtigung der häufig eingebrachten Eigenleistung bei der Holzbereitstellung wären die Kosten deutlich niedriger [10]. Das gilt auch für Betreiber von Holzhackschnitzelfeuerungen. Bei den jährlichen Brennstoffkosten wird die erforderliche Brennstoffmenge aus dem Wärmebedarf errechnet, der sich bei praxisüblichen 1.500 Jahresvollbenutzungsstunden ergibt [8]. Hinzu kommt die Wärmemenge für die Brauchwassererzeugung für einen 4-Personen-Haushalt; hier wird einheitlich von 50 l Warmwasser je Person und Tag ausgegangen (nach [8]). Unter Berücksichtigung des jeweiligen Jahresnutzungsgrads errechnet sich schließlich der Brennstoffverbrauch für den Gesamtwärmebedarf des Referenzfalles. Bei den Jahresnutzungsgraden wurden die gegenüber Gas- oder Heizölfeuerungen abweichenden Wirkungsgrade und die zum Teil höheren Betriebsbereitschaftsverluste dadurch berücksichtigt, dass der Nutzungsgrad mit 78 % (Scheitholz- und Pelletfeuerungen) bzw. 75 % (Hackgut) etwas niedriger angenommen wurde (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 7).

Tabelle 5: *Mittlere und aktuelle Preise für Brennstoffe und elektrischer Strom inkl. MwSt.*

Brennstoff	Zeitraum 2006-2007		Aktuell (Februar 2009)	
	Preis je Einheit	Ct/kWh	Preis je Einheit	Ct/kWh
Scheitholz ^a	72,91 €/Rm	5,00	77,08 €/Rm	5,29
Holz hackschnitzel ^b	67,33 €/t	2,13	80,28 €/t	2,54
Holzpellets (€/t) ^c	209,91 €/t	4,53	211,25 €/t	4,56
Heizöl EL ^{d,g}	60,47 Ct/l	6,06	50,50 Ct/l	5,06
Erdgas H ^{e,g}	--	6,43	--	7,32
elektrischer Strom ^f	--	17,00	--	20,35

^a Hartholz, trocken, 33 cm gespalten inkl. Lieferung bis 10 km (Quelle: Erhebungen TFZ [14])

^b Bezugswassergehalt 35 %, inkl. Anlieferung bis 20 km (Quelle: Mitteilung C.A.R.M.E.N. e.V. [3])

^c 5 t Anlieferung lose, bis 50 km (Quelle: Mitteilung C.A.R.M.E.N. e.V. [3])

^d 3.000 Liter inkl. Anlieferung (Quelle: Tecson [15])

^e Arbeitspreis (Quelle: Erdgas Südbayern [4], ESB-Preissystem)

^{f,g} Strompreise: Leitstudie 2008 [13] (Öl- und Gas Zeitraum 2006-2007), bzw. EON Bayern, Tarif „Basis Power“

Basierend auf einer neueren Untersuchung [11], wurde bei automatisch beschickten Biomassefeuerungen von einem Stromverbrauch von 2,5 % der thermischen Arbeit ausgegangen, während bei Scheitholzfeuerungen wegen des Fehlens einer elektrisch betriebenen Beschickungseinrichtung nur 1,5 % angesetzt wurden. Bei Öl- und Gasfeuerungen lag der angesetzte Stromverbrauch bei 1 % der thermischen Arbeit.

Da Energieträger mit unterschiedlichen Umsatzsteuersätzen belastet sind, wird eine entsprechende Differenzierung vorgenommen. Auf Heizöl, Erdgas und elektrischen Strom entfallen 19 %, auf Holzpellets, Hackgut und Scheitholz je 7 % MwSt [2]. Bei Scheitholz und Hackgut lässt sich je nach Hersteller eine weitere Differenzierung der Steuersätze zwischen landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Produkten durchführen, worauf jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit hier verzichtet werden soll.

Den Verlauf der Brennstoffpreise über den Betrachtungszeitraum zeigt Abbildung 27. Darin wird deutlich, dass auch bei den Biomassebrennstoffen seit der vorangegangenen Evaluierung (2004 bis 2005, vgl. [12]) deutliche Preissteigerungen eingetreten sind. Insbesondere gilt dies für Holz hackschnitzel aber auch für Scheitholz.

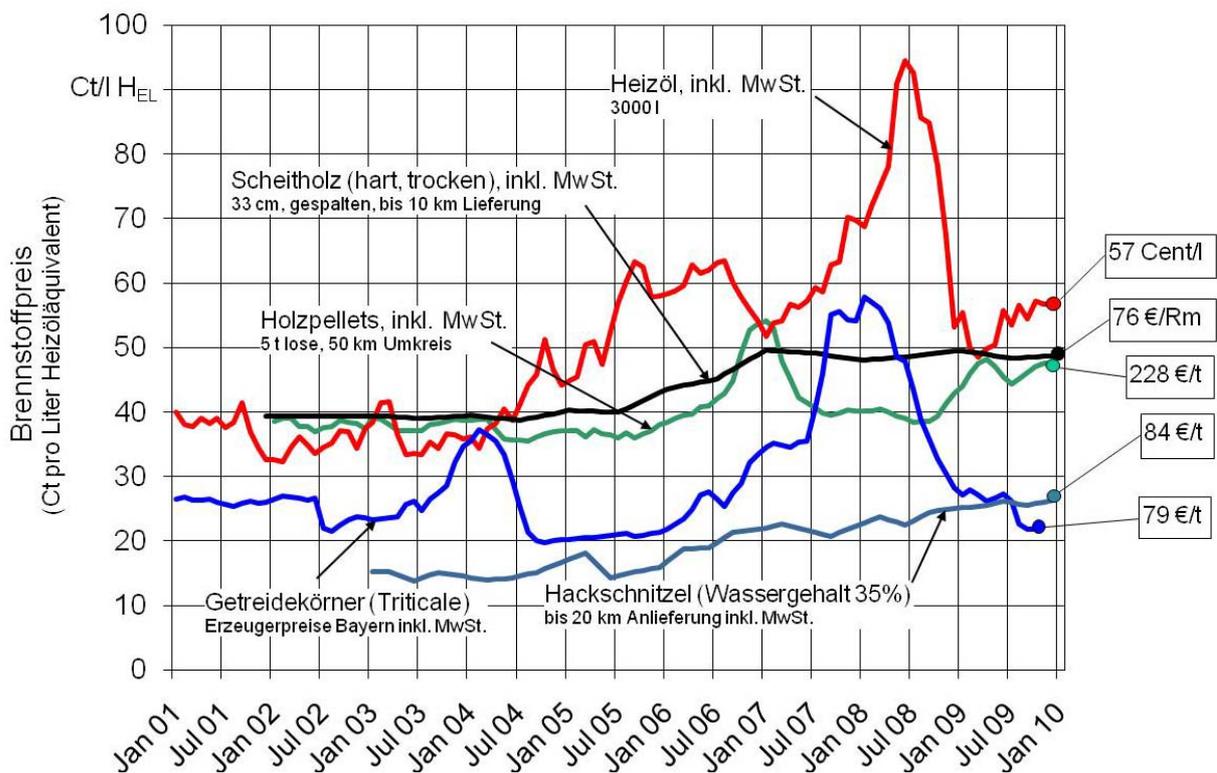


Abbildung 27: Verlauf der Preise für Biomassebrennstoffe im Vergleich zu Heizöl von 2001 bis 2010. Angaben hier: inkl. MwSt. (Datenquelle: siehe Angaben zu Tabelle 5)

Betriebsgebundene Kosten. Die Betriebskosten beinhalten alle Aufwendungen für Wartung sowie die Kosten für die Bedienungsarbeit, die Emissionsmessungen und die Entsorgung der Verbrennungsrückstände. Die jährlichen Kosten für Wartungen wurden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 [16] festgelegt. Sie betragen 1 %/a bei baulichen Anlagen, 2,5 %/a bei Festbrennstoffkesseln, 1,5 %/a für Heizöl- und Erdgaskessel sowie 1,4 %/a für die Peripheriebauteile (bezogen auf die jeweilige Investitionssumme). Die Aufwendungen für die Ascheentleerung durch den Betreiber (vgl. Kapitel 3.6 und 3.7) sind darin ebenfalls enthalten. Durch die unterschiedlichen Sätze werden auch die Besonderheiten von Feststoff- im Vergleich zu Öl- oder Gasfeuerungen berücksichtigt.

Die jährlichen Kosten für Instandhaltungsmaßnahmen wurden ebenfalls in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 [16] festgelegt. Sie betragen 1 %/a bei baulichen Anlagen und 2 %/a bei den jeweiligen Kesselanlagen. Die Instandhaltungskosten für Peripheriebauteile sind in den Kosten für die Wartung der Anlagen bereits mit enthalten.

Für die Kosten des Schornsteinfegers gelten je nach Feuerungsanlage und Bundesland unterschiedliche Gebührensätze. In den vorliegenden Berechnungen wurden die Werte für das Bundesland Bayern verwendet [1]. Die Schornsteinfegerleistungen umfassen das Kehren, die Rauchrohrreinigung und die Prüfung der Lüftung. Zusätzlich wurden die

einmaligen (bei Scheitholzkesseln) und die wiederkehrenden Emissionsmessungen als jährliche bzw. auf die Nutzungsdauer umgelegte Kostengröße angerechnet.

Nicht berücksichtigt wurden die Zeiten für die sonstige Bedienung der Feuerung durch den Betreiber. Vor allem bei Scheitholz-Zentralheizungskesseln ist hierin ein erheblicher Arbeitsaufwand zu sehen (Herantragen, Aufstapeln, Einfüllen, Heizraumreinigung, etc.).

Sonstige Kosten. Bei den hier betrachteten Kleinf Feuerungen zählen zu den sonstigen Kosten lediglich die Kosten für Versicherungen. Diese werden pauschal mit jährlich 0,25 % der Investitionssumme angesetzt [16]. Weitere Kosten, wie Steuern und Abgaben oder Verwaltungskosten, die üblicherweise ebenfalls den sonstigen Kosten zugeordnet werden, sind bei den hier betrachteten Kleinanlagen nicht relevant.

Kosten für das Vergleichssystem Heizöl/Erdgasfeuerung. Für das Vergleichssystem einer Heizöl- oder Erdgasfeuerung konnte nicht auf eine Stichprobenauswertung zurückgegriffen werden. Daher erfolgte parallel zur 1.000-Anlagenstichprobe eine Auswertung von Preislisten zu diesen fehlenden Produkten. Die Preise für Ölfeuerungen sowie deren zusätzlich benötigte Komponenten wurden bei den Herstellern direkt eingeholt. Analog zu den Biomassefeuerungen und deren Anlagenkomponenten wurden daraus die Kostenfunktionen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung abgeleitet. Abbildung 28 (links) zeigt die spezifischen Preise von Heizölfeuerungen in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung. In gleicher Weise wurden die Anschaffungskosten für Öltanks in Abhängigkeit vom Tankinhalt festgestellt (Abbildung 28 (rechts)). Anders als bei den übrigen Komponenten wurde hier jedoch eine lineare Regression angewendet. Offenbar treten hier – anders als bei den übrigen Systemkomponenten – mit zunehmender "Größe" keine sichtbaren Kostendegressionseffekte ein. Möglicherweise ist dies auf eine dann erforderliche „Batterieaufstellung“ mit mehr erforderlichem Zubehör zurückzuführen. Als gewähltes Heizöltankvolumen wurde der für jede Anlagenleistung in den Referenzfällen berechnete Jahresbrennstoffverbrauch verwendet. Bei den Tanks wurde ebenfalls der in 2.4 (Tabelle 3) genannte pauschale Rabattansatz wie bei Scheitholzkessel angewendet.

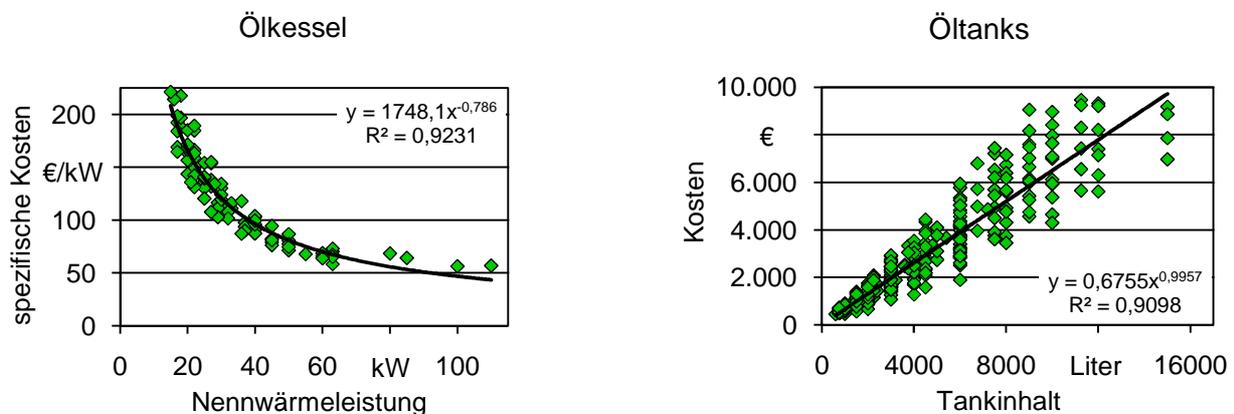


Abbildung 28: Anschaffungskosten für Heizölkessel und Heizöltanks nach Herstellerangaben (ohne Rabatte). Angaben hier: ohne MwSt.

Derartige Kostenverläufe wurden auch für Gasfeuerungen erstellt (Abbildung 29). Da es sich bei diesen Preisen um „Listenpreise“ handelt, wurden bei den nachfolgenden Kostenrechnungen die in Kapitel 2.4 festgestellten marktüblichen Rabatte noch abgezogen (vgl. Tabelle 3), wobei hierzu die Rabatte für Scheitholzkesselel angesetzt wurden. Zusätzlich zu den Anschaffungs- und Installationskosten wurde eine einheitliche pauschale Gebühr in Höhe von 2.500 € (inkl. MwSt.) für den Gasanschluss eingerechnet.

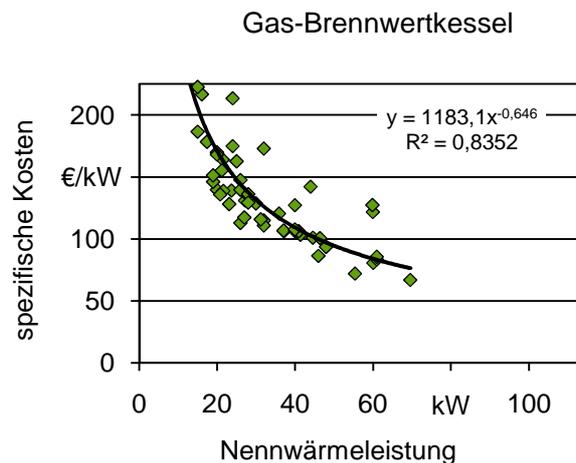


Abbildung 29: Anschaffungskosten für Erdgas-Brennwertkessel nach Herstellerangaben (ohne Rabatte). Angaben hier: ohne MwSt.

Bei den Peripheriekosten für Erdgas- und Heizölfeuerungen wurde angenommen, dass diese um 20 % niedriger liegen als bei Scheitholzfeuerungen. Das liegt unter anderem daran, dass hier wegen des Fehlens eines Wärmespeichers (Pufferspeicher) die bei Scheitholzanlagen zusätzlich erforderlichen Mischer und Pumpen entfallen können und dadurch geringere Anschaffungskosten anzusetzen sind.

Zu den Montagekosten für Erdgas- oder Heizölanlagen liegen keine Recherche- oder Stichprobenwerte vor. Hier wurde davon ausgegangen, dass der Montageaufwand wegen der größeren Anlagenstückzahl, der größeren Routine beim ausführenden Handwerksunternehmen und wegen der einfacheren Anlagenkomponenten um 20 % niedriger liegt als der Vergleichswert für Pelletanlagen, der aus der 1.000-Anlagenstichprobenauswertung von Biomasseheizungen abgeleitet wurde. Da die aus der 1.000-Anlagenstichprobenauswertung ermittelten Montagekosten bei Scheitholz- aber auch bei Hackgutanlagen teilweise unrealistische Werte geliefert hat (zu hoher Anteil von Fällen mit Kesselaustausch führt zu verminderten Mittelwerten für die Montagekosten eines Gesamtsystems), wurde in der Kostenvergleichsrechnung aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit – wie bei Erdgas- oder Heizölanlagen – auf die für Pelletanlagen ermittelten Montagekosten zurückgegriffen. Aus Gründen der ähnlichen Bauweise durch Verwendung gleicher Anlagenkomponenten wurden die Montagekosten der Hackgutanlagen analog der Kosten bei Pelletanlagen angesetzt. Dies gilt analog auch für Scheitholzanlagen, wobei wegen der fehlenden automatischen Brennstoffzuführung ein um 5 % niedrigerer Wert angenommen wurde.

4.2 Kostenvergleichsrechnungen für 2006-2007

Auf Basis der in Kapitel 4.1 dargestellten Berechnungsgrundlagen wurde eine Kostenkalkulationsmatrix erarbeitet (Tabelle 6). Es wurden die Kosten für die Wärmebereitstellung in Euro je Kilowattstunde berechnet, wobei hier auch der Wärmebedarf für die Brauchwasserbereitstellung mit einbezogen ist. Die gewährte Förderung im Rahmen des MAP wird in einer Zusatzvariante kostenmindernd berücksichtigt.

Den Vergleich der in Tabelle 6 errechneten Kosten für die einzelnen Referenzfälle und für den Vergleichsfall einer Gas- bzw. Heizölfeuerung zeigt Abbildung 30. Die zugrunde gelegten Zuschüsse aus dem MAP betragen pauschal 750 € (handbeschickt, bis 30 kW), bzw. 500 € (Hackgutkessel). Die Förderung bei Pelletkesseln beträgt 24 €/kW, mindestens jedoch 1.000 €.

Demnach lagen die Wärmegestehungskosten bei den kleineren Biomasseanlagen bis 15 kW um ca. 1,6 bis 5,5 Ct/kWh über dem Vergleichswert einer Heizölfeuerung. Die Förderung selbst schlägt hier jedoch nur mit ca. 0,27 bis 0,36 Ct/kWh zu Buche. Auch unter Berücksichtigung der MAP-Förderung konnten diese Anlagen somit nicht rentabel betrieben werden.

Bei der mittleren Anlagengröße kommen auch Holzhackschnitzelkessel zum Einsatz. Aber auch bei diesem Brennstoff zeigt sich, dass eine Wirtschaftlichkeit gegenüber der Heizölvariante nur schwer erreichbar ist, zumal hier – im Vergleich zu früheren Berechnungen (vgl. [12] – erstmals auch die baulichen Investitionen (Heizraum, Lagerraum) einbezogen wurden. Für Pelletfeuerungen ist die Rentabilitätsschwelle ebenfalls nicht erreicht, lediglich beim Scheitholz konnte im Betrachtungszeitraum Kostengleichheit zumindest mit Heizölfeuerungen erreicht werden.

Bei den größeren Anlagenleistungen (70 kW) kommen im Rahmen des MAP nur noch Hackschnitzelfeuerungen zum Einsatz. Deren Betrieb wäre unter den hier angenommenen Rahmenbedingungen auch ohne Förderung bereits (mit geringem Abstand) wirtschaftlich gewesen. Zumindest gilt das im Vergleich zu Heizölfeuerungen, während zu den Gas-Zentralheizungen Kostengleichheit besteht.

Generell kann festgehalten werden, dass sich der Kostenabstand zur Heizölheizung mit steigender Anlagenleistung (und damit mit steigendem Brennstoffverbrauch) verbessert. Das liegt daran, dass bei Heizölfeuerungen der Anteil der Brennstoffkosten (ohne Preissteigerungsrate) an den Gesamtkosten mit zunehmender Anlagenleistung von 43,8 % (15 kW) über 50,7 % (35 kW) bis auf 55,0 % (70 kW) zunimmt, so dass die kostengünstigeren Holzbrennstoffe zunehmend zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beitragen können.

Der Anteil der Förderung an den Wärmegestehungskosten war im Betrachtungszeitraum 2006 bis 2007 relativ gering. Er schwankt zwischen 1,6 % (15 kW Pelletkessel) und 0,3 % (70 kW Hackschnitzel). Bei den übrigen Berechnungsbeispielen war er mit 1,4 % (15 kW Scheitholzessel) und 0,5 % (35 kW Hackgutkessel) bzw. 1 % (35 kW Pelletkessel) ebenfalls auf sehr niedrigem Niveau (Abbildung 30).

Tabelle 6: Berechnung der Kosten für die Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme. Brennstoffpreise hier: Mittelwerte von 2006 bis 2007 (vgl. Tabelle 5) SH Scheitholz, HS Hackschnitzel, Öl Heizöl H_{EL} (Niedertemperaturanlage), Gas Erdgas (Brennwertanlage)

Kessel-Nennleistung [kW]:		15	15	15	15	35	35	35	35	35	70	70	70
Brennstoff:		Öl	Gas	SH	Pellet	Öl	Gas	SH	HS	Pellet	Öl	Gas	HS
Anlagen- und Betriebsdaten:													
Wärmebedarf Heizung ^a	MWh/a	22,5	22,5	22,5	22,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	105	105	105
Wärmebed. Brauchwasser ^b	MWh/a	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98
Gesamtnutzungsgrad	%	80 %	88 %	78 %	78 %	80 %	88 %	78 %	75 %	78 %	80 %	88 %	75 %
Summe Brennstoffeinsatz	MWh/a	31,9	29,0	32,7	32,7	69,4	63,0	71,1	74,0	71,1	135,0	122,7	144,0
Zeitbed. Reinigung/Betrieb	h/a	0,5	0,5	9	3	0,5	0,5	9	5	3	0,5	0,5	5
Häufigkeit d. Kaminkehrung/a		2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2
Investitionen^c													
Heizraum inkl. Lagerraum	€	3.448	2.250	5.625	6.462	5.608	3.000	6.750	23.922	9.080	8.826	3.750	41.985
Feuerungsanlage	€	2.649	2.620	4.718	7.668	3.176	3.536	6.130	11.321	9.558	3.684	4.520	12.968
Brennstoffaustrag	€	--	--	--	1.565	--	--	--	2.804	1.894	--	--	4.289
Öltank, Silo, Gasanschluss	€	1.769	2.025	--	1.837	3.840	2.025	--	--	2.495	7.452	2.025	--
Brauchwasserspeicher	€	849	849	849	849	849	849	849	849	849	849	849	849
Pufferspeicher	€	--	--	1.276	618	--	--	2.125	1.030	1.030	--	--	1.562
Peripheriebauteile	€	1.468	1.468	1.835	2.711	2.146	2.146	2.682	3.315	2.996	3.025	3.025	5.253
Montage, Inbetriebnahme	€	1.653	1.653	1.963	2.067	1.975	1.975	2.346	2.469	2.469	2.285	2.285	2.856
Summe Invest. Gebäude	€	3.448	2.250	5.625	6.462	5.608	3.000	6.750	23.922	9.080	8.826	3.750	41.985
Summe Invest. Technik	€	8.389	8.615	10.641	17.315	11.986	10.531	14.131	21.787	21.290	17.295	12.703	27.777
Förderung Feuerung	€	0	0	750	1.000	0	0	0	500	1.000	0	0	500
kapitalgebundene Kosten^d													
Annuität baul. Einrichtungen	€/a	204	133	333	383	332	178	400	1.417	538	523	222	2.486
Annuität Technik	€/a	943	968	1.196	1.945	1.347	1.183	1.588	2.448	2.392	1.943	1.427	3.121
Annuität Förderung	€/a	0	0	69	92	0	0	0	46	92	0	0	46
Summe kap.geb. ohne Förd.	€/a	1.147	1.101	1.529	2.328	1.679	1.361	1.987	3.865	2.930	2.466	1.649	5.607
Summe kap.geb. nur Förd.	€/a	0	0	69	92	0	0	0	46	92	0	0	46
verbrauchsgebundene Kosten^e													
Brennstoffkosten	€/a	1.623	1.743	1.527	1.384	3.534	3.585	3.324	1.473	3.012	6.879	6.808	2.866
Stromkosten	€/a	36	36	55	91	79	79	119	198	198	154	154	386
Summe verbr.geb. Kosten	€/a	2.225	2.385	2.119	1.976	4.844	4.911	4.615	2.240	4.303	9.427	9.333	4.359
betriebsgebundene Kosten^f													
Wart./Instandh. Gebäude	€/a	69	45	113	129	112	60	135	478	182	177	75	840
Wart./Instandh. Feuerungen	€/a	93	92	212	345	111	124	276	509	430	129	158	584
Wart./Instandh. Peripherie	€/a	57	61	55	106	96	70	79	112	130	159	83	167
Reinigen/Entaschung- Lohn	€/a	10	10	180	60	10	10	180	100	60	10	10	100
Emissionsmessungen	€/a	33	33	7	92	33	33	7	92	92	33	33	92
Schornsteinfegen etc.	€/a	47	47	71	47	47	47	71	47	47	47	47	47
Summe betriebsgeb. Kosten	€/a	309	287	638	780	409	344	748	1.339	941	554	406	1.830
sonstige Kosten													
Versicherung ^g	€/a	28	29	36	58	40	35	47	73	71	58	43	93
Gesamtkosten ohne MwSt	€/a	3.708	3.802	4.322	5.142	6.972	6.651	7.397	7.516	8.245	12.505	11.430	11.889
Gesamtkosten mit MwSt	€/a	4.413	4.525	4.897	5.897	8.296	7.915	8.268	8.708	9.327	14.881	13.602	13.687
Wärmebereitst. o. MwSt	€/kWh	0,146	0,149	0,170	0,202	0,126	0,120	0,133	0,135	0,149	0,116	0,106	0,110
Wärmebereitst. m. MwSt	€/kWh	0,173	0,178	0,192	0,231	0,150	0,143	0,149	0,157	0,168	0,138	0,126	0,127

^a Vollbenutzungsdauer 1.500 Stunden

^b Vier-Personen-Haushalt bei täglichem Warmwasser-Bedarf von 50 Litern pro Person

^c Preis Biomassefeuerungen nach MAP Evaluierung 2008; Preis Öl- und Gasfeuerungen nach Umfrage TFZ 2006; Preis bauliche Einrichtungen nach Umfrage TFZ 2008

^d Zinssatz 6 % und 18/50 Jahre Abschreibungsdauer für technische/bauliche Aufwendungen

^e Jährliche Preissteigerungsrate 4 %

^f Summe der Kosten für Wartung/Instandsetzung bauliche Anlagen 2 %, Festbrennstoffkessel 4,5 %, Öl- und Gaskessel 3,5 %; Peripheriebauteile 1,4 %

^g 0,25 % der Gesamt-Investitionskosten Technik

Generell sollte hier darauf hingewiesen werden, dass bei den verwendeten Kostenfunktionen für die Anlagen und Anlagenkomponenten durchweg sehr hohe Streubreiten auftreten, so dass die Berechnung der Wärmebereitstellungskosten mit einer großen Unsicherheit behaftet ist und die Ergebnisse lediglich als grobe Mittelwerte anzusehen sind. Im Einzelfall kann gelegentlich durchaus ein wirtschaftlicher Betrieb erreicht werden, insbesondere, wenn günstigere Biomassebrennstoffe verwendet werden oder die Eigenleistungen bei der Brennstoffgewinnung nicht gerechnet werden.

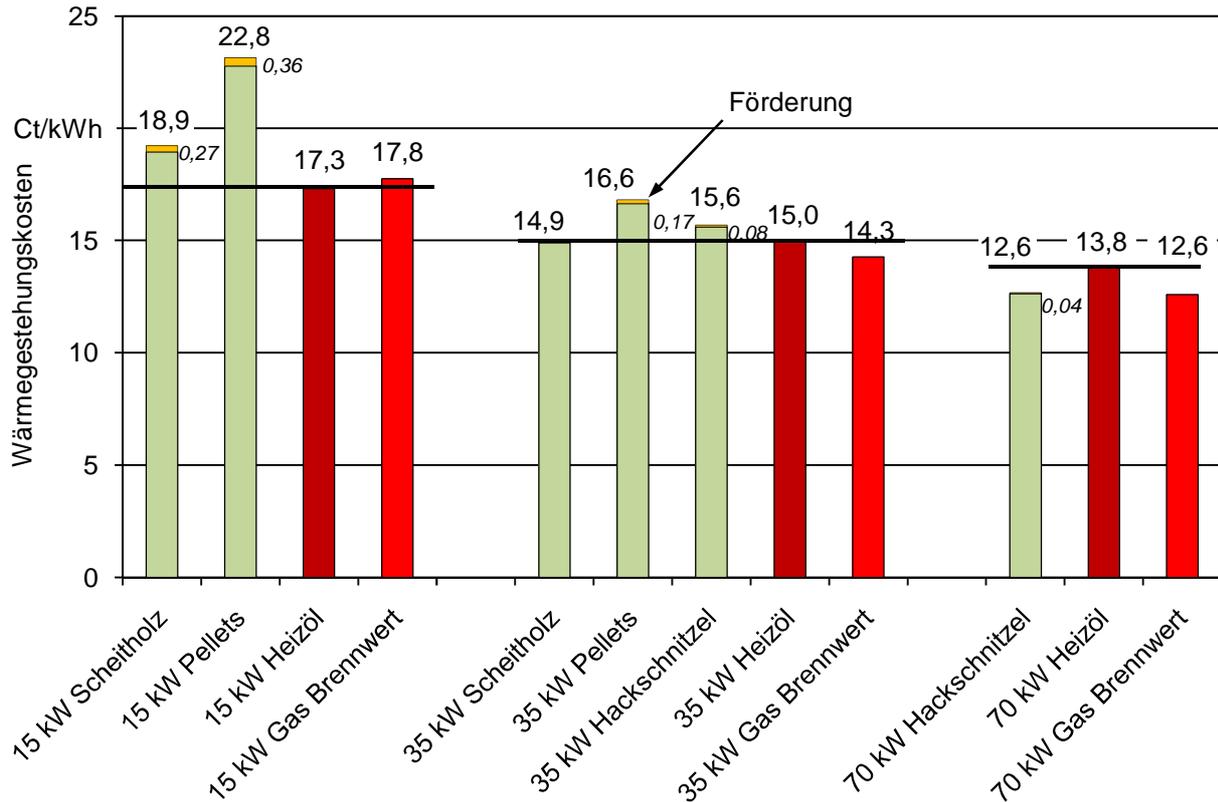


Abbildung 30: Kosten der Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme mit und ohne Förderung durch das MAP, mit MwSt. Brennstoffpreise hier: Mittelwerte 2006 bis 2007 (vgl. Tabelle 5)

4.3 Kostenvergleiche auf Basis der Brennstoffpreise von 2009

Für eine Beurteilung der derzeitigen Kostensituation wurde eine zusätzliche Berechnung der Wärmebereitstellungskosten auf Basis aktuellerer Brennstoffpreise (Preisbasis Januar/Februar 2009, vgl. Tabelle 5) durchgeführt. Aufgrund der vermuteten Konstanz bei den Anschaffungs- und Errichtungskosten für die Anlagen blieben alle anderen Annahmen in dieser Berechnung konstant, lediglich die Förderbeträge, wurden auch dem Niveau des Zeitraumes 2009 angepasst.

Tabelle 7: Berechnung der Kosten für die Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme. Brennstoffpreise hier: Mittelwerte Februar 2009 (vgl. Tabelle 5) SH Scheitholz, HS Hackschnitzel, Öl Heizöl HEL (Niedertemperaturanlage), Gas Erdgas (Brennwertanlage)

Kessel-Nennleistung [kW]:		15	15	15	15	35	35	35	35	35	70	70	70
Brennstoff:		Öl	Gas	SH	Pellet	Öl	Gas	SH	HS	Pellet	Öl	Gas	HS
Anlagen- und Betriebsdaten:													
Wärmebedarf Heizung ^a	MWh/a	22,5	22,5	22,5	22,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	105	105	105
Wärmebed. Brauchwasser ^b	MWh/a	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98
Gesamtnutzungsgrad	%	80 %	88 %	78 %	78 %	80 %	88 %	78 %	75 %	78 %	80 %	88 %	75 %
Summe Brennstoffeinsatz	MWh/a	31,9	29,0	32,7	32,7	69,4	63,0	71,1	74,0	71,1	135,0	122,7	144,0
Zeitbed. Reinigung/Betrieb	h/a	0,5	0,5	9	3	0,5	0,5	9	5	3	0,5	0,5	5
Häufigkeit d. Kaminkehrung/a		2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2
Investitionen^c													
Heizraum inkl. Lagerraum	€	3.448	2.250	5.625	6.462	5.608	3.000	6.750	23.922	9.080	8.826	3.750	41.985
Feuerungsanlage	€	2.649	2.620	4.718	7.668	3.176	3.536	6.130	11.321	9.558	3.684	4.520	12.968
Brennstoffauftrag	€	--	--	--	1.565	--	--	--	2.804	1.894	--	--	4.289
Öltank, Silo, Gasanschluss	€	1.769	2.025	--	1.837	3.840	2.025	--	--	2.495	7.452	2.025	--
Brauchwasserspeicher	€	849	849	849	849	849	849	849	849	849	849	849	849
Pufferspeicher	€	--	--	1.276	618	--	--	2.125	1.030	1.030	--	--	1.562
Peripheriebauteile	€	1.468	1.468	1.835	2.711	2.146	2.146	2.682	3.315	2.996	3.025	3.025	5.253
Montage, Inbetriebnahme	€	1.653	1.653	1.963	2.067	1.975	1.975	2.346	2.469	2.469	2.285	2.285	2.856
Summe Invest. Gebäude	€	3.448	2.250	5.625	6.462	5.608	3.000	6.750	23.922	9.080	8.826	3.750	41.985
Summe Invest. Technik	€	8.389	8.615	10.641	17.315	11.986	10.531	14.131	21.787	21.290	17.295	12.703	27.777
Förderung Feuerung	€	0	0	1.125	2.500	0	0	1.125	1.000	2.500	0	0	1.000
kapitalgebundene Kosten^d													
Annuität baul. Einrichtungen	€/a	204	133	333	383	332	178	400	1.417	538	523	222	2.486
Annuität Technik	€/a	943	968	1.196	1.945	1.347	1.183	1.588	2.448	2.392	1.943	1.427	3.121
Annuität Förderung	€/a	0	0	104	231	0	0	104	92	231	0	0	92
Summe kap.geb. ohne Förd.	€/a	1.147	1.101	1.529	2.328	1.679	1.361	1.987	3.865	2.930	2.466	1.649	5.607
Summe kap.geb. nur Förd.	€/a	0	0	104	231	0	0	104	92	231	0	0	92
verbrauchsgebundene Kosten^e													
Brennstoffkosten	€/a	1.356	1.959	1.614	1.392	2.952	4.056	3.514	1.756	3.032	5.745	7.725	3.418
Stromkosten	€/a	44	44	65	109	95	95	142	237	237	185	185	462
Summe verbr.geb. Kosten	€/a	1.875	2.684	2.251	2.012	4.084	5.564	4.901	2.672	4.382	7.948	10.602	5.200
betriebsgebundene Kosten^f													
Wart./Instandh. Gebäude	€/a	69	45	113	129	112	60	135	478	182	177	75	840
Wart./Instandh. Feuerungen	€/a	93	92	212	345	111	124	276	509	430	129	158	584
Wart./Instandh. Peripherie	€/a	57	61	55	106	96	70	79	112	130	159	83	167
Reinigen/Entaschung- Lohn	€/a	10	10	180	60	10	10	180	100	60	10	10	100
Emissionsmessungen	€/a	33	33	7	92	33	33	7	92	92	33	33	92
Schornsteinfegen etc.	€/a	47	47	71	47	47	47	71	47	47	47	47	47
Summe betriebsgeb. Kosten	€/a	309	287	638	780	409	344	748	1.339	941	554	406	1.830
sonstige Kosten													
Versicherung ^g	€/a	28	29	36	58	40	35	47	73	71	58	43	93
Gesamtkosten ohne MwSt	€/a	3.359	4.102	4.453	5.178	6.211	7.304	7.683	7.948	8.323	11.025	12.700	12.730
Gesamtkosten mit MwSt	€/a	3.997	4.881	5.040	5.938	7.392	8.691	8.578	8.176	9.417	13.120	15.113	14.599
Wärmebereitst. o. MwSt	€/kWh	0,132	0,161	0,175	0,203	0,112	0,132	0,138	0,143	0,150	0,102	0,118	0,118
Wärmebereitst. m. MwSt	€/kWh	0,157	0,192	0,198	0,233	0,133	0,157	0,155	0,165	0,170	0,122	0,140	0,135

^a Vollbenutzungsdauer 1.500 Stunden

^b Vier-Personen-Haushalt bei täglichem Warmwasser-Bedarf von 50 Litern pro Person

^c Preis Biomassefeuerungen nach MAP Evaluierung 2008; Preis Öl- und Gasfeuerungen nach Umfrage TFZ 2006; Preis bauliche Einrichtungen nach Umfrage TFZ 2008

^d Zinssatz 6 % und 18/50 Jahre Abschreibungsdauer für technische/bauliche Aufwendungen

^e Jährliche Preissteigerungsrate 4 %

^f Summe der Kosten für Wartung/Instandsetzung bauliche Anlagen 2 %, Festbrennstoffkessel 4,5 %, Öl- und Gaskessel 3,5 %; Peripheriebauteile 1,4 %

^g 0,25 % der Gesamt-Investitionskosten Technik

Die Ergebnisse in Abbildung 31 zeigen, dass sich die Konkurrenzfähigkeit der Biomassefeuerungen wegen des Verfalls der Heizölpreise und der eingetretenen Biomassepreissteigerungen weiter verschlechtert hat. Inzwischen ist in allen drei Modellfällen bei

Biomassenutzung kein rentabler Betrieb möglich. Lediglich beim Vergleich mit Erdgas lässt sich für die 70 kW-Hackschnitzelfeuerung ein annähernd wirtschaftlicher Betrieb darstellen.

Auch mit der gegebenen Förderung ist das Erreichen der Rentabilitätsschwelle nicht möglich. Der Anteil der Förderung an den Wärmegestehungskosten liegt zurzeit zwischen 0,6 % (70 kW) Hackschnitzel und 3,9 % (15 kW Pellets) (Abbildung 31).

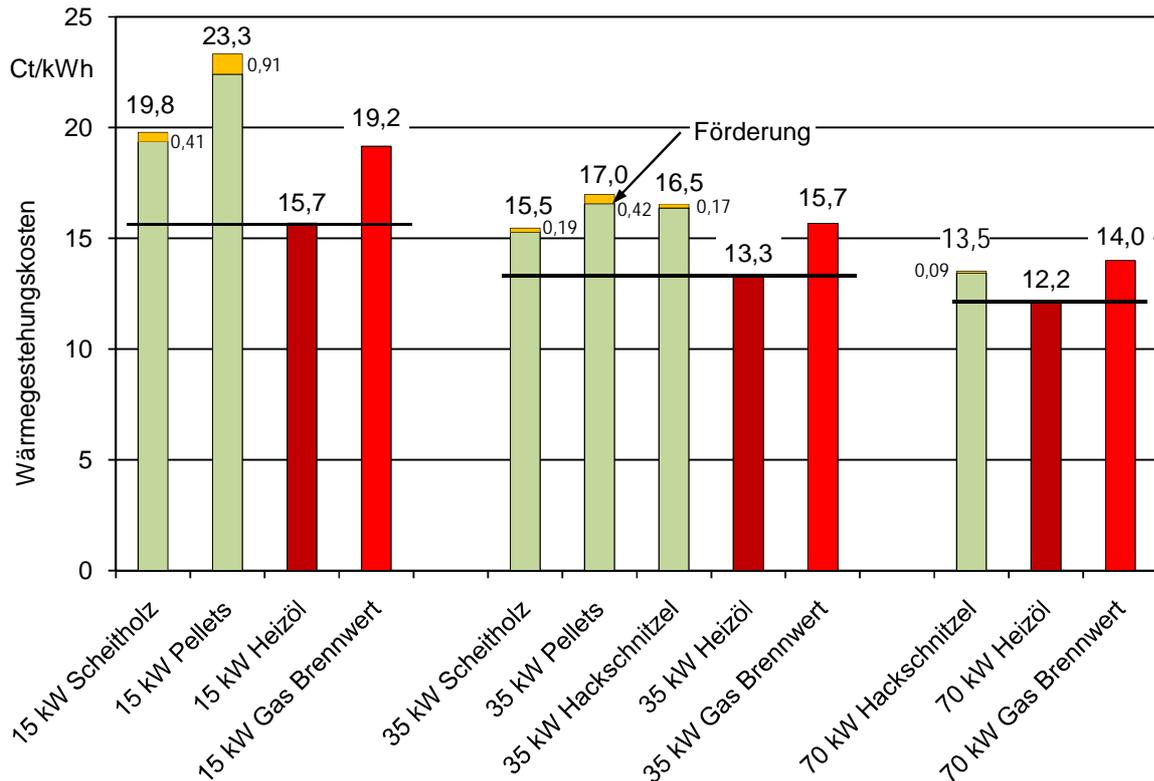


Abbildung 31: Kosten der Wärmebereitstellung vergleichbarer Heizsysteme mit und ohne Förderung durch das MAP, mit MwSt. Brennstoffpreise hier: Februar 2009 (vgl. Tabelle 5).

Zusätzlich zu der in jüngster Zeit für die Biomasse ungünstigen Kostenentwicklung ist zu erwähnen, dass Holzfeuerungen für den Betreiber mit verschiedenen nicht-monetären Nachteilen gegenüber Heizöl verbunden sind, die sich hemmend auf die weitere Entwicklung dieser Energienutzung auswirken. Vor allem der hohe Bedienungsaufwand bei Scheitholz- aber auch bei Hackschnitzelkesseln ist hier zu nennen. Insbesondere ist hierzu das bei Scheitholz- aber auch bei Hackschnitzelkesseln erforderliche Herantragen des Brennstoffs und im Winter das tägliche händische Beschicken sowie die auch bei Hackschnitzelfeuerungen etwa wöchentlich erforderliche Aschebehälterentleerung und die ggf. notwendige Wärmetauscherreinigung zu nennen. Hinzu kommt bei handbeschickten Anlagen mit Wärmespeicher die ständig erforderliche Überwachung des Wärmevorrates zur Feststellung des nächsten Beschickungszeitpunktes.

Derartige Komforteinbußen lassen sich nur schwer in einer Wärmegestehungskostenberechnung berücksichtigen. Daher wurde hier auch auf einen zusätzlichen Kostenansatz für die anfallende Beschickungsarbeit verzichtet. Lediglich die Reinigungs- und Entschungsaufwendungen wurden berücksichtigt. Hinzu kommen weitere Hemmnisse wie der bei Scheitholz nicht gegebene automatische Betrieb während einer Abwesenheit des Betreibers, was oftmals dazu führt, dass weitere Feuerungen (z. B. Heizöl) betriebsbereit gehalten werden. Auch sind bei Hackschnitzelfeuerungen für das Befüllen des Austragsilos weitere Maschinen und Geräte erforderlich, die hier ebenfalls nicht in Anrechnung gebracht wurden.

4.4 Förderanteil an der Investitionssumme

Ein wesentliches Hemmnis stellt auch der deutlich höhere Investitionsbedarf für Biomassefeuerungen dar, insbesondere bei Mietimmobilien, bei denen der Investor nicht direkt von den niedrigeren verbrauchsgebundenen Kosten profitiert. Bei kleinen und mittleren Pelletfeuerungen ist dieser Investitionsbedarf zum Teil mehr als doppelt so hoch wie bei Heizölfeuerungen (Abbildung 32). Der Anteil der Förderung an den Investitionskosten liegt zwischen 0,6 % (70 kW Hackschnitzel) und maximal 3,6 % (15 kW Pellets) und damit deutlich niedriger als im vorhergehenden Untersuchungszeitraum (2004 bis 2005, vgl. [12]). Allerdings sind in der aktuellen Untersuchung nun erstmals auch die baulichen Investitionen (Heizraum, Lagerräume) einbezogen worden, so dass nun eine Vergleichbarkeit mit den früheren Berechnungen nicht mehr gegeben ist.

Bei allen Biomassefeuerungen ist somit eine deutlich breitere Kapitalgrundlage erforderlich, um – je nach Vergleichsszenario von möglicherweise langfristig eintretenden Kostenvorteilen im Laufe der Nutzungsdauer profitieren zu können. Derartige Gesichtspunkte müssen bei der Beurteilung der Förderwürdigkeit eines Energienutzungsverfahrens ebenfalls berücksichtigt werden.

Im Vergleich zu Erdgasfeuerungen ist der Nachteil des hohen Kapitalbedarfs nochmals deutlich größer. Mit dieser Tatsache sind insbesondere solche Betreiber konfrontiert, die bei einem Neubauvorhaben häufig auch die Option eines Erdgasanschlusses am jeweiligen Standort in Betracht ziehen können. In solchen Siedlungsgebieten kommt als Biomassevariante vor allem die Pelletheizung in Frage.

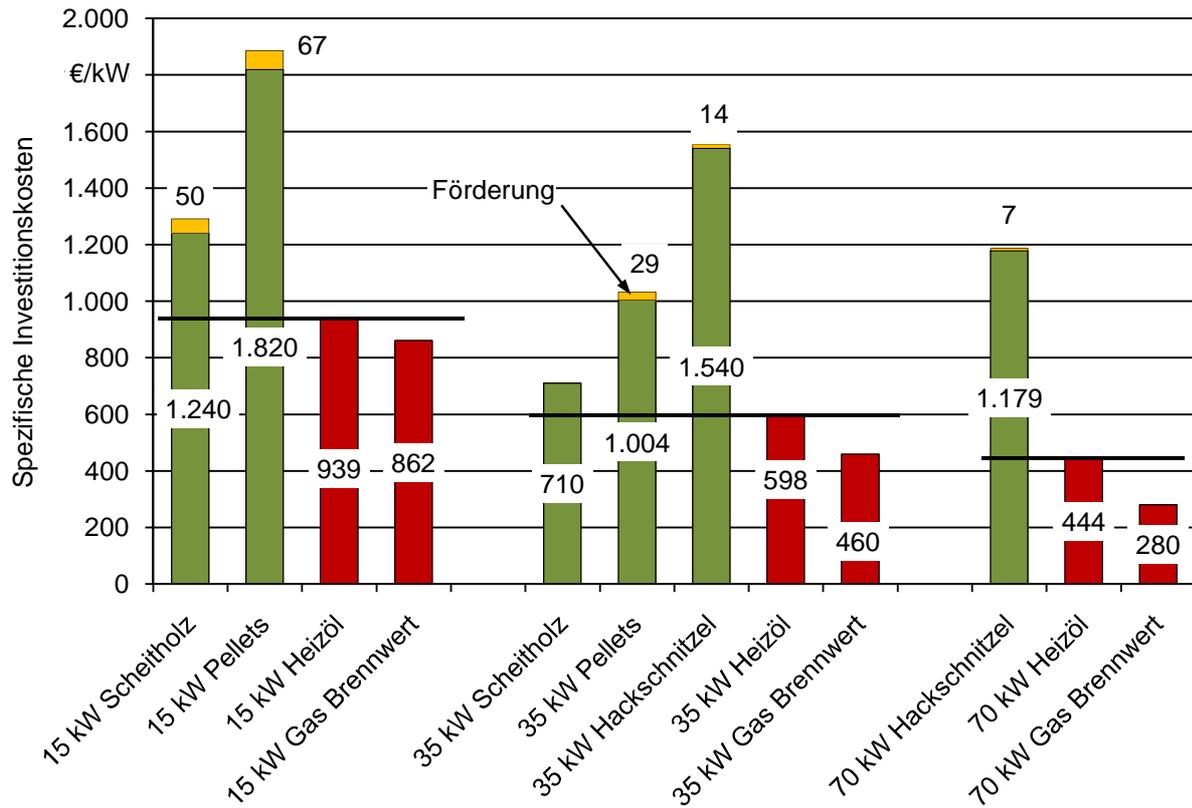


Abbildung 32: Spezifische Investitionskosten der Referenz-Biomasseanlagen und Förderung durch das MAP (Preise: 2006-2007)

5 Zusammenfassung

Der Markt für Biomassekessel bis zu einer Leistung von 100 kW befindet sich in einem lebhaften Veränderungs- und Anpassungsprozess mit rasch wechselnden Marktteilnehmern, Produkten und vor allem sich stark ändernden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Sowohl das Angebot an Kesseln in unterschiedlichen Leistungsklassen wie auch das Angebot an Brennstoffen (insbesondere Pellets) hat sich weiter erhöht. Pelletfeuerungen stellen mittlerweile die anzahlmäßig deutlich überwiegende Gruppe der MAP-geförderten Anlagen dar. Bei der Inanspruchnahme der MAP-Förderung ist außerdem ein ausgeprägtes Süd-Nord und ein West-Ost-Gefälle erkennbar, das gilt insbesondere für die Verteilung der (Pellet-)Kaminöfen und Pellet(Zentralheizungs-)anlagen.

Die Hochrechnung der Anlagenleistungen bis 100 kW zeigt, dass in Deutschland im Betrachtungszeitraum von Januar 2006 bis Dezember 2007 eine über das MAP geförderte gesamte thermische Leistung von über 1.500 MW installiert wurde. Zusammen mit den nicht förderwürdigen Anlagen dieser Leistungsklasse (z. B. zu kleine oder zu große Leistung, Emissionsanforderungen nicht erfüllt) kann noch von einem weit über diesem Wert liegenden Zuwachs der Gesamtleistung im häuslichen Bereich ausgegangen werden.

Die Entwicklung wird nach wie vor stark von ausländischen Einflüssen geprägt, zumal inzwischen nur noch 28 % der hier geförderten Anlagen von deutschen Herstellern stammen (2004 bis 2005: 37 %), die teilweise auch noch österreichische Produkte zu kaufen. Allerdings schlägt bei dieser Entwicklung der niedrige inländische Anteil bei den inzwischen ebenfalls förderfähigen Pellet-Kaminöfen (nur 16 % aus deutscher Herstellung) stark zu Buche. Bei den Scheitholz-, Pellet- und Hackschnitzelkesseln werden relativ einheitlich mehr als zwei Drittel aller Feuerungen von österreichischen Herstellern geliefert, wie die Auswertung von 1.000 repräsentativ ausgewählten Originalunterlagen zum MAP zeigt.

Die geförderten Anlagen, die zur Heizungserneuerung verwendet wurden (d. h. ohne Neubauten), ersetzen in 80 % aller Fälle eine Heizung für fossilen Brennstoff bzw. eine strombasierte Heizung. Bei den übrigen 20 % war es fast immer eine bestehende Scheitholzfeuerung, die durch eine geförderte Neuanlage ersetzt wurde. Das zeigt eine zusätzlich zur Stichprobenauswertung durchgeführte Fragebogenaktion, in der das TFZ insgesamt 776 Betreiber aus der zuvor verwendeten 1.000-Anlagenstichprobe um Beantwortung von insgesamt 11 Fragen bat (Rücklaufquote: 60 %).

Bei automatisch beschickten Zentralheizungsanlagen wurden in weniger als der Hälfte aller Fälle Wärmespeicher eingebaut (40 % bzw. 41 % bei Hackschnitzel- bzw. Pelletkesseln), während die Scheitholzfeuerungen wegen der entsprechenden Förderbedingungen zu 100 % über einen Pufferspeicher verfügten.

Bei den Schadstoffemissionen zeigen die geförderten Anlagen in der Regel eine Häufung von Typenprüfergebnissen mit besonders niedrigen Kohlenmonoxidemissionen. Wie erwartet ergibt die Befragung der jeweiligen Betreiber, dass die Messwerte verglichen mit der Typenprüfung in der Praxis (d. h. bei der Schornsteinfegermessung) etwas

ungünstiger sind. Allerdings kommt es kaum zu CO-Messwerten von mehr als 1.000 mg/Nm^3 , z. B. ist das bei Pelletfeuerungen bei nur 5 % der Anlagen der Fall (Scheitholzkessele 11 %, Hackgutkessel: 12 %). Bei den Gesamtstaubemissionen zeigt sich ein ähnliches Bild. Messwerte über 50 mg/Nm^3 kommen bei den Typenprüfungen der MAP-geförderten Anlagen gar nicht vor. Bei den Schornsteinfegermessungen ist der Staubaustoß in 17 % (Pelletkessel), 29 % (Scheitholzkessele) bzw. 43 % (Hackgutkessel) der Fälle höher als 50 mg/Nm^3 . Allerdings wird der Emissionsgrenzwert von derzeit 150 mg/Nm^3 nur in einzelnen Fällen überschritten.

Aus den Auswertungen der 1.000-Anlagenstichprobe wurden die Funktionen der von der Nennwärmeleistung abhängigen Kosten für die Kesselanlage, Montage, Peripherie sowie ggf. Raumastrag und Pufferspeicher abgeleitet, um für die drei Feuerungsbauarten "Scheitholzkessele", "Hackschnitzelkessel" und "Pelletkessel" Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen zu können. Darin einbezogen wurden auch die jeweiligen Kosten für bauliche Aufwendungen (Heizraum, Lagerraum). Die Ergebnisse zeigen, dass kleine Holzfeuerungen, verglichen mit Heizölkessele oder Erdgasfeuerungen, im Betrachtungszeitraum 2006 bis 2007 auch unter Berücksichtigung der MAP-Förderung nicht rentabel betrieben werden konnten. Bei der kleinsten Feuerungsleistung (15 kW) lagen die Wärmegestehungskosten um ca. 1,6 bis 5,5 Ct/kWh über dem Vergleichswert einer Heizölfeuerung, wobei die Förderung selbst nur mit maximal 0,4 Ct/kWh zu Buche schlägt. Auch bei der mittleren Anlagenleistung (35 kW) konnten die gegebenen Vorteile bei den Brennstoffpreisen die höheren Investitionskosten nicht kompensieren, so dass lediglich für Scheitholzheizungen Gleichstand mit Heizölfeuerungen, nicht aber mit Erdgaskessele erreicht wurde (wobei für Scheitholzkessele mit mehr als 30 kW in diesem Zeitraum keine MAP-Förderzuschüsse gewährt wurden). Nur bei den 70 kW Hackschnitzelfeuerungen lassen sich in den Jahren 2006 bis 2007 leichte Wirtschaftlichkeitsvorteile erkennen, allerdings auch nur im Vergleich mit Heizöl, nicht aber mit Erdgas.

Bis Anfang 2009 kam es zu einer weiteren Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit von Holzheizungen. Das liegt zum einen an den inzwischen bei allen Holzbrennstoffen eingetretenen Preissteigerungen und zum andern am Preisverfall beim Heizöl. Aktuell kann somit für keine der Holzheizungen von einem rentablen Betrieb ausgegangen werden. Stattdessen ist derzeit trotz der MAP Förderung mit Nachteilen bei den Wärmegestehungskosten in Höhe von 1,3 Ct/kWh (70 kW Hackschnitzelkessel) bis zu 7,6 Ct/kWh (15 kW Pelletkessel) zu rechnen. Das zeigen Berechnungen für die Brennstoffpreise von 2009 bei jedoch gleichbleibend angenommenen Investitionskosten (d. h. Basis 2007). Insbesondere beim Bezug von Holz hackschnitzeln kam es zu Preissteigerungen von 2,1 auf 2,5 Ct/kWh (Mittelwert 2006-2007 bis Januar 2009), während sich zur gleichen Zeit der Heizölpreis von 6,1 auf 5,1 Ct/kWh verbilligte. Bei Scheitholz konnte auch die zwischenzeitlich wieder eingeführte Förderung für mittlere Anlagenleistungen über 30 kW nur eine Verbilligung der Wärmegestehungskosten von ca. 0,4 Ct/kWh bewirken und damit den Kostenabstand zum Heizöl von 3,7 Ct/kWh nur geringfügig verringern. Allerdings sind die Erdgaspreise im gleichen Zeitraum gestiegen, so dass hier der Vergleich weniger ungünstig ausfällt und sich sogar für Hackschnitzelkessel (70 kW) leichte Kostenvorteile errechnen.

Zwischen dem Betrachtungszeitraum 2006-2007 und Anfang 2009 liegen allerdings Zeiten mit beachtlichen Energiepreisanstiegen und einem damit verbundenen sehr hohen Energiepreinsniveau (insbesondere bei Heizöl und Holzpellets), die jedoch in den beiden vorgestellten Berechnungsszenarien nicht zu Ausdruck kommen. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Wirtschaftlichkeit der Holzfeuerungen zwischenzeitlich bereits deutlich günstiger war.

Förderwürdigkeit. Die hier vorgestellten Ergebnisse liefern zahlreiche Anhaltspunkte und Hinweise, die für den Fortbestand der MAP-Förderung oder auch für eine Aufstockung der Förderbeträge sprechen. Sie werden nachfolgend erläutert.

Höhere Wärmegestehungskosten. Die Wärmegestehungskosten in 2009 liegen bei den Bioenergiesystemen in fast allen Fällen deutlich über denen der Heizungssysteme auf Basis fossiler Brennstoffe (Öl, Gas). Durch die jeweils gewährten Zuschussbeträge ist das Erreichen der Rentabilitätsschwelle im Vergleich zum Heizöl als Referenz-Heizsystem nicht einmal annähernd möglich. Lediglich im Vergleich zu Erdgas sind gelegentlich noch Vorteile gegeben, allerdings betrifft das nicht die Pelletfeuerungen, die in Siedlungsgebieten mit der Möglichkeit eines Erdgasanschlusses (Neubauvorhaben) vornehmlich in Frage kommen.

Hemmnisse durch zu hohe Investitionskosten. Neben den Nachteilen bei den Wärmegestehungskosten sollte die Förderung auch zur Überwindung von Hemmnissen durch die vergleichsweise hohen Investitionskosten beitragen. Bei allen Biomassefeuerungen ist eine deutlich breitere Kapitalgrundlage erforderlich. Insbesondere bei automatisch beschickten Feuerungen ist hier häufig mit dem doppelten Investitionsvolumen verglichen mit Öl- oder Gasfeuerungen zu rechnen (Pelletfeuerungen: 173 bis 225 %, Hackschnitzelfeuerungen: 260 bis 424 % Mehrinvestition, vgl. Abbildung 32). Trotz einer im Einzelfall möglicherweise gegebenen Wirtschaftlichkeit ist im privaten Wohnungsbau oft nicht genügend zusätzliches Kapital für derartige Systeme vorhanden. Im Mietwohnungsbau fehlt außerdem das Interesse der Hauseigentümer, die den höheren Investitionskostenanteil für eine Biomasseheizung nicht auf die Mieter umlegen können.

Nichtmonetäre Hemmnisse. Neben der Überwindung von wirtschaftlichen Ungleichgewichten sollte die Förderung auch zum Ziel haben, bestehende nichtmonetäre Hemmnisse zu überwinden, um den Anteil an Biomasseheizungen im Gebäudebestand zu erhöhen. Diese Hemmnisse werden im Folgenden erläutert.

- *Allgemeine Komforteinbußen.* Hierunter fallen die regelmäßig notwendige Entaschung der Feuerung, die z. T. erforderliche händische Reinigung der Wärmetauscher, die Entsorgung der Glutbett- und Wärmetauscheraschen, die Beschickung des Kessels (vor allem bei handbeschickten Anlagen handelt es sich um eine mittelschwere körperliche Arbeit, sie wird tagsüber meist von Frauen im Haushalt erledigt), die Reinigung der Aufstellräume von Staub, die Durchführung von kleinen Wartungsarbeiten, die Überwachung des Pufferspeicherladezustands und die Planung der nächsten Brennstoffauflage. Außerdem ist die Organisation der Heizungsbeschickung bei Abwesenheit erforderlich.

- *Erhöhter Zeitaufwand.* Neben den oben bereits genannten zeitlichen Aufwendungen für die Reinigung und Beschickung fallen hierunter auch die Aufwendungen für die Einlagerung des Brennstoffs (z. B. Stapeln des angelieferten Holzes, Anlegen von Wochenvorräten in Feuerungsnähe bzw. Organisation von geeigneten Lade- und Fördereinrichtungen für die Bunkerbeschickung und -entnahme bei Holzhackschnitzeln).
- *Schwieriger Betrieb bei Abwesenheit.* Die bedienungsintensiven Scheitholz- aber auch in manchen Fällen die Hackschnitzelfeuerungen können bei längerer Abwesenheit nicht ohne regelmäßige Betreuung oder Kontrolle funktionieren. Gegebenenfalls sind somit technische Ergänzungen (z. B. elektrische Frostschutzheizung, Zweitkessel für Heizöl oder Flüssiggas) erforderlich, wofür außerdem der notwendige Platz im Heizraum benötigt wird. Eventuell dadurch anfallende Mehrinvestitionen wurden in den durchgeführten Berechnungen zur MAP-Evaluierung zwar nicht in Anrechnung gebracht, sind aber als generelles Hemmnis anzusehen.
- *Zusätzliche Maschinenausstattung.* Für den Umschlag und die Beschickung/Bunkerbefüllung ist – vor allem bei Holzhackschnitzelfeuerungen – eine zusätzliche Maschinenausstattung erforderlich (z. B. Traktor, Anhänger, Förderband, Frontlader, Lagergebläse, etc.), die z. B. bei landwirtschaftlichen Anwesen oft schon vorhanden ist. Die dafür anfallenden Mehrkosten können somit nicht der Wärmeherzeugung angelastet werden, stellen aber oft eine unabdingbare Voraussetzung dar, die die möglichen Standorte für Hackschnitzelfeuerungen stark einschränken.

Lenkungswirkung. Mit der Definition von Umweltstandards und Mindestwirkungsgraden im Marktanzreizprogramm (MAP) wurde ein Instrument zur Lenkung des Marktes in Richtung hochwertiger und besonders umweltfreundlicher Holzfeuerungsanlagen geschaffen. Die Ergebnisse zeigen, dass überwiegend besonders schadstoffarme Feuerungen eingebaut wurden. So wird z. B. beim Abgasparameter Staub festgestellt, dass die (bei Typenprüfungen unter reproduzierbaren Bedingungen erreichbaren) maximalen Emissionswerte von 50 mg/Nm^3 auch in der Praxis meist unterschritten werden. Somit ist eine vorteilhafte Lenkungswirkung nachgewiesen. Ohne eine ausreichend attraktive Förderung würde dieser Lenkungsanspruch in Frage gestellt.

Außerdem ist hierzu ein weiterer Gesichtspunkt zu berücksichtigen. Die Anschaffung eines nicht förderfähigen Naturzugkessels ist verglichen mit den förderfähigen Vergaserkesseln deutlich günstiger (z. T. um mehr als 50 % geringerer Preis), selbst wenn der MAP-Zuschuss zur Anwendung kommt. Beispielsweise liegt der Preis für einen förderfähigen 35 kW Scheitholzkessel gemäß den hier erarbeiteten Kostenfunktionen (vgl. Abbildung 7) bei 6.130 € (mit Rabattabzug). Ein einfacher Naturzugkessel (ohne Gebläse und witterungsgeführte Regelung), der die Fördervoraussetzung des MAP nicht erfüllen würde, ist aber schon für ca. 3.600 € (Listenpreis, ohne Rabattabzug) erhältlich. Die Differenz von 2.500 € übersteigt die derzeitige Förderung in Höhe von 1.125 € deutlich. Bei Kesseln mit nur 15 kW Leistung sind sogar noch größere Preisunterschiede zu den nicht förderfähigen Anlagen möglich.

Wenngleich die Entscheidung zugunsten eines förderfähigen Kessels auch mit Vorteilen beim Wirkungsgrad und mit Bedienungsvorteilen verbunden ist, muss ein großer Teil der dargestellten Mehrkosten dem notwendigen technischen Aufwand zum Erreichen der geforderten niedrigen Abgaswerte zugeschrieben werden. Das bedeutet aber auch, dass in der Praxis vielfach auf eine MAP-Förderung verzichtet wird, um durch die Anschaffung einer nicht förderfähigen Anlage eine deutliche Senkung der Investitionskosten herbeizuführen. Durch den Verzicht oder durch eine Reduzierung einer MAP-Förderung würde sich der vergrößerte Kostenabstand nachteilig auf die Anlagenauswahl auswirken und weniger umweltfreundliche Anlagen könnten bevorzugt werden.

Verkaufsfördernde Wirkung der MAP-Förderung. In den Vermarktungsstrategien der Hersteller spielt die MAP-Förderung für Biomassefeuerungen trotz der geringen Beiträge zu den Gesamtinvestitionen eine wichtige Rolle. Die Tatsache, dass hierfür staatliche Zuschüsse beantragt werden können, wird gemeinhin als Beweis für die generell gegebene gesellschaftliche Akzeptanz dieser Heizungsanlagen angeführt, zumal in der öffentlichen Diskussion gelegentlich auch Kritik an derartigen Feuerungen geäußert wird (z. B. Feinstaubdiskussion). Schon aus diesem Grund erscheint es daher weiterhin sinnvoll, eine angemessene Bezuschussung aufrecht zu erhalten, zumal sich das MAP nach Aussage der in der vergangenen Untersuchung befragten Hersteller und Anbieter (vgl. [12]) trotz der geringen Förderhöhe nach wie vor vertriebsfördernd auswirkt.

Fazit:

Die Förderung von kleinen Biomassefeuerungen sollte in gleicher Höhe beibehalten werden. Angesichts der zum Teil kurzfristigen dramatischen Preisänderungen auf den Energiemärkten, die in den vergangenen 18 Monaten beobachtet werden konnten, erscheint es unmöglich, die gegebenen Marktschwankungen durch eine variable Förderung kontinuierlich auszugleichen, zumal es sich bei einer Heizungsinstallation um eine langfristige Investitionsentscheidung handelt. Momentan wäre zwar eine Erhöhung der Fördermittel für Biomassefeuerungen zu rechtfertigen, jedoch sollte der im Markt (von den Herstellern) immer wieder geforderten Kontinuität der Förderbedingungen vorerst der Vorzug gegeben werden.

Die Fördervoraussetzungen hinsichtlich der Emissions- und Wirkungsgradanforderungen entsprechen dem fortgeschrittenen Stand der Technik. Typenprüfungen sind für einen Vergleich der Heizkessel untereinander grundsätzlich gut geeignet und bleiben vorerst die einzige belastbare Beurteilungsbasis. Aufgrund der im Prüfablauf möglichen optimalen Betriebsbedingungen ist es sinnvoll, die strengen Emissions- und Wirkungsgradanforderungen beizubehalten. Weitere Veränderungen (d. h. zusätzliche Verschärfungen) sind angesichts des Aufwandes für die dann ggf. erforderlichen feuerungstechnischen Nachprüfungen und wegen der zunehmenden mess- und prüftechnischen Unsicherheiten derzeit nicht sinnvoll. Außerdem sollte hierzu der Beschluss und ggf. das Inkrafttreten der novellierten 1. BImSchV abgewartet werden. Zukünftig ist es auch denkbar, dass alternative, stärker am Praxiseinsatz orientierte Anlagenbewertungen (z. B. Gütesiegel) eingeführt werden und dass diese bei der Beurteilung der Förderfähigkeit genutzt werden. Derzeit jedoch sind derartige Prüfkriterien noch nicht verfügbar.

Neben den Anforderungen an die Typenprüfergebnisse ist jedoch ein optimaler Kesselbetrieb mit hohem Nutzungsgrad und niedrigen Schadstoffemissionen vor allem von einer optimalen Systemeinbindung sowie einer fachgerechten Installation abhängig. Hier sind in der Praxis teilweise noch erhebliche Defizite erkennbar. Die Forderung nach einem Mindestvolumen des Wärmespeichers ist unter diesen Gesichtspunkten sehr hilfreich und sollte beibehalten werden. Zukünftig könnte es auch sinnvoll sein, dass Anlagenbetreiber, die ihre Anlagen von einem zertifizierten Fachbetrieb für Holzfeuerungen errichten lassen, eine zusätzliche Förderung erhalten. Derzeit sind derartige Zertifizierungen jedoch noch nicht verfügbar.

6 Quellenverzeichnis

- [1] BAYERISCHES STAATMINISTERIUM DES INNEREN (2008): Verordnung über die Gebühren und Auslagen der Bezirksschornsteinfegermeister (Kehr- und Überprüfungsgebührenordnung- KÜGebO), vom 21. Dezember 1993 (GVBl S. 1098, BayRS 215-2-11-I), zuletzt geändert durch Verordnung vom 12. November 2008. Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt, S. 898
- [2] BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN (2009): Umsatzsteuergesetz (UStG), Ausfertigungsdatum: 26.11.1979, Umsatzsteuergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Februar 2005 (BGBl. I S. 386), das durch Artikel 5 des Gesetzes vom 22. Dezember 2009 geändert worden ist". Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 3950
- [3] C.A.R.M.E.N. e.V. (2008): Persönliche Mitteilung, Straubing: C.A.R.M.E.N. e. V.
- [4] ERDGAS SÜDBAYERN GmbH (2008): ESB-Preisblatt: Gültig ab 01.09.2008. Abruf vom 14.08.2008. http://www.esb.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Preisblatt_01.09.2008.pdf
- [5] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V. (2007): Hackschnitzel-Heizungen, Marktübersicht. 1. Aufl., Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 91 Seiten
- [6] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V. (2007): Pellet-Zentralheizungen und Pelletöfen, Marktübersicht. Redaktion: Hermann Hansen. 4. Aufl., Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 145 Seiten
- [7] UTH, J.(2007): Scheitholzvergaserkessel, Scheitholz-Pellet-Kombinationskessel, Marktübersicht. Redaktion: Hermann Hansen. 5. Aufl., Gülzow: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V., 145 Seiten
- [8] BÄCK, H. J.; BUSCH, B.; PATZEL, O.; SZYMANSKI, R.; WAGNER, H.; MILLER, W. (2006): Anlagenmechanik für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik. Lernfelder 1-4. 1. Aufl., Braunschweig: Westermann, 250 Seiten, ISBN 978-3-14-221199-2
- [9] HARTMANN, H.; REISINGER, K.; THUNEKE, K.; HÖLDRICH, A.; ROßMANN, P. (2007): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe u. Dr. Hans Hartmann. 2., vollst. überarb. Aufl., Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 224 Seiten, ISBN 3-00-011041-0 (Download unter <http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/17745/>)
- [10] HÖLDRICH, A.; HARTMANN, H.; DECKER, T.; REISINGER, K.; SCHARDT, M.; SOMMER, W.; WITTKOPF, S.; OHRNER, G. (2006): Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren. Berichte aus dem TFZ, Nr. 11. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, 274 Seiten (Download unter <http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/15951/>)

- [11] KUNDE, R.; VOLZ, F.; GADERER, M.; SPLIETHOFF, H. (2009): Felduntersuchungen an Holzpellet- Zentralheizkesseln. Beurteilung realer Schadstoffemissionen und Jahresnutzungsgrade. BWK - das Energie-Fachmagazin, Jg. 61, Nr. 1/2, S. 58-66
- [12] LANGNIß, O.; BÖHNISCH, H.; BUSCHMANN, A.; MUSIOL, F.; HARTMANN, H.; REISINGER, K.; HÖLDRICH, A.; TUROWSKI, P.; PAUSCHINGER, T. (2006): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2004 bis Dezember 2005. Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin. Stuttgart: Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, 203 Seiten (Download: www.tfz.bayern.de)
- [13] NIETSCH, J.(2008): Leitstudie 2008: Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Redaktion: Dr. Wolfhart Dürschmidt, Dipl.-Ing. Uwe Büsgen, Dipl.-Ing.(FH), Dieter Böhme, BMU, Referat KI III 1 (Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien). Stand: Oktober 2008. Reihe Umweltpolitik. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 194 Seiten
- [14] TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM (TFZ) (2010): Aktuelle Scheitholzpreise. Download unter <http://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/17383/>
- [15] TECSON-DIGITAL: Der aktuelle Heizölpreis. URL: <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>
- [16] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2002): Richtlinie 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenrechnung, Blatt 1. Korrigierter Nachdruck 2002-09. Berlin: Beuth-Verlag, 51 Seiten

Berichte im Rahmen dieser Schriftenreihe

Berichte aus dem TFZ:

1	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis
2	Erprobung der Brennwerttechnik bei häuslichen Holzhackschnitzelheizungen mit Sekundärwärmetauscher
3	Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland
4	Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung
5	Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards
6	Entwicklung einer Prüfmethode zur Bestimmung der Cetanzahl von Rapsölkraftstoff
7	Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenöлтаuglichen Motoren
8	Wärmegewinnung aus Biomasse – Begleitmaterialien zur Informationsveranstaltung
9	Maize as Energy Crop for Combustion - Agricultural Optimisation of Fuel Supply
10	Staubemissionen aus Holzfeuerungen – Einflussfaktoren und Bestimmungsverfahren
11	Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren
12	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen
13	Getreidekörner als Brennstoff für Kleinfeuerungen - Technische Möglichkeiten und Umwelteffekte –
14	Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieselmotoren betriebenen Traktors
15	Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen
16	Schnellbestimmung des Wassergehaltes im Holzsplit
17	Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell
18	Miscanthus als nachwachsender Rohstoff – Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten –
19	Miscanthus: Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis –
20	Prüfung der Eignung von Verfahren zur Reduktion ablagerungs- und aschebildender Elemente in Rapsölkraftstoff bei der dezentralen Erzeugung
21	Kleine Biomassefeuerungen - Marktüberlegungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit

