

Kosten der Festbrennstoffnutzung



9.1 Brennstoffpreise und -kosten

Die meisten in Kleinanlagen einsetzbaren Biomassebrennstoffe werden zu kalkulierbaren Marktpreisen angeboten, so dass die Kosten für deren Beschaffung durch Anfrage bei den jeweiligen Anbietern festgestellt werden können. Nachfolgend werden einige Orientierungswerte zu den Marktpreisen zusammengestellt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass erhebliche regionale und saisonale Schwankungen bestehen und dass je nach Qualität, Aufbereitungsart, Liefermenge und Liefer- oder Abladeservice zum Teil erhebliche Zu- oder Abschläge zu berücksichtigen sind. Folglich sollte eine Investitionsentscheidung stets auf den vor Ort anfallenden tatsächlichen Preise beruhen.

Sämtliche hier genannten Preise enthalten die jeweilige Mehrwertsteuer, die je nach Anbieter verschieden sein kann. In der Regel beträgt sie bei Direktbezug von forstlichen Anbietern (Forstbetriebe, Forstämter) 5 % und im sonstigen Handel forstlicher Produkte 7 %. Holzpellets werden als forstliches Produkt folglich ebenfalls mit 7 % Mehrwertsteuer verkauft. Die Steuer muss auf Verlangen in der Rechnung ausgewiesen werden.

Eine Übersicht zu den Beschaffungsmöglichkeiten wird in Kapitel 3 gegeben. Die für eine Mengen- und Preisbeurteilung notwendigen Faustzahlen finden sich in Kapitel 4.

Marktpreise für Scheitholz. Die häufigste Einheit für den Scheitholzverkauf ist der Raummeter. In dieser Einheit kann die reine Holzmasse weitgehend unabhängig vom Wassergehalt gehandelt werden. Beim Raummeter handelt es sich um geschichtetes Holz, das ab einem bestimmten Durchmesser gespalten ist. Da es beim Anbieter zunächst meist als Meterscheit über einen längeren Zeitraum zwischengelagert wird, ist mit der Verkaufseinheit des Raummeters gemein-

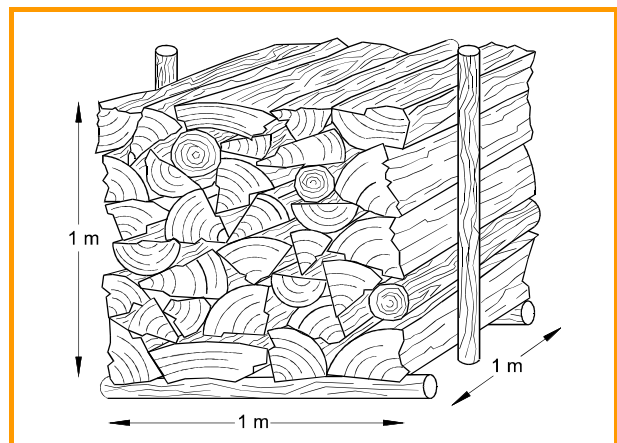


Abb. 9.1: Ein Raummeter Brennholz

hin diese Ausgangsform des „Meterscheit-Raummeters“ definiert (Abb. 9.1), auch wenn später das weiter aufbereitete ofenfertige Holz (z. B. 33-er Scheitlänge) im geschichteten Zustand ein etwas geringeres Volumen einnimmt (vgl. hierzu Umrechnungsfaktoren in Kapitel 4). Gelegentlich kann der Raummeter beim Anbieter aber auch individuell anders definiert sein, oder es werden kurz gesägte Scheite nach Schütt-Kubikmetern verkauft. Auch der Verkauf nach Gewicht ist möglich, er ist aber mit Unsicherheiten bezüglich des Wassergehaltes verbunden. Der Verkauf als Schüttgut (lose oder nach Gewicht) nimmt in jüngster Zeit zu, da bei der Aufbereitung vermehrt hochmechanisierte automatische Brennholzmaschinen (ohne Zwischenaufbereitungsschritte) eingesetzt werden (Kapitel 3). Planungszahlen für die Umrechnung der Verkaufseinheiten sind in Kapitel 4 zusammengestellt.

Die Preisbildung für Scheitholz brennstoffe hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Hierzu zählen vor allem die absetzbare Brennstoffmenge, Nähe zum Verbraucher oder zu den Ballungsgebieten, Aufbereitungsqualität, Lagerdauer, Serviceangebote und Vieles mehr /9-3/.

Die Größenordnung der üblichen Schwankungen lässt sich am Beispiel der Preisvariabilität in Tabelle 9.1 ablesen. Mit Zunahme der Aufbereitungsintensität ist ein deutlicher Preisanstieg zu verzeichnen. Er verläuft bei Hartholz und Weichholz etwa gleich. Bei den Preisen je Raummeter erscheint Weichholz zunächst günstiger. Der Vergleich der energiemengenbezogenen Preise (Tabelle 9.1) zeigt jedoch, dass für die gleiche Energiemenge bei gleicher Brennstoffform ein nahezu einheitlicher Verkaufspreis zustande kommt. Die größte Preisspanne lässt sich für die besonders häufig verkauften Hartholzscheite mit 33 cm Länge feststellen. Hier liegt der Durchschnittspreis einschließlich Anlieferung bei ca. 77 €/Rm; er kann aber in Ausnahmefällen (städtische Abnehmer) bis zu über 142 €/Rm betragen (z. B. gestapeltes ofengetrocknetes Holz in Einweg-Holzboxen à 1,4 Rm). Die Nähe zu den Großstädten wirkt sich generell preiserhöhend aus /9-3/.

Bei größeren Holzverbrauchern (z. B. Betreiber von Scheitholzkesseln) werden häufig günstigere Brennholzquellen genutzt.

Tabelle 9.1: Mittlere Scheitholzpreise im Januar 2007. Angaben für Lieferung von je 6 Raummetern geschichtetes Holz frei Haus (Entfernung bis 10 km), Preise inkl. MwSt (Quelle: regelmäßige Befragung von 28 Anbietern in Deutschland) /9-6/.

Sortiment/Holzart	Preisangabe (Mittelwert und Spanne)		
	€/Rma ^a	€/GJ	€/l Heizöl ^b
Meterware Hartholz, gespalten	55,20 (37–85)	9,82	0,35
Meterware Weichholz, gespalten	37,80 (27–67)	9,28	0,33
33 cm Scheite ^a Hartholz gespalten	70,20 (48–132)	12,49	0,44
33 cm Scheite ^a Weichholz gespalten	52,30 (35–86)	12,84	0,46

- a. Alle Preisangaben sind bezogen auf Meterscheitholzvolumen (gespalten). Preisunterschiede zwischen Meterscheiten und Kurzholz sind somit nicht auf unterschiedliche Holzmassen im jeweiligen Raummetermaß zurückzuführen.
- b. Preis je Liter Heizöläquivalent H_{EL}. 1 l Heizöl EL („Extra Leicht“) entspricht 9,88 kWh. Zur Umrechnung auf andere Bezugsgrößen vgl. Kapitel 4

Beispielsweise zählt hierzu das Selbstwerberholz, welches in walddreichen Gebieten zum Teil noch kostenlos ab Wald angeboten wird, jedoch in Stadt-

nähe Preise bis über 30 €/Rm (unaufgearbeitet!) erzielen kann. Ein häufiger Preis für Selbstwerberholz liegt bei ca. 15 €/Rm. Allerdings handelt es sich hierbei noch nicht um den eigentlichen Endenergieträger, sondern um den im Wald stehenden oder liegenden Rohstoff, für dessen Bereitstellung die eigentliche Ernte-, Aufbereitungs-, Transport- und Einlagerungsleistung durch den Käufer erst noch erbracht werden muss. Wenn jedoch ofenfertiges Holz gekauft wird, gelten die in Tabelle 9.1 genannten Endverbraucherpreise. Darin sind die Zuschläge für die Anlieferung frei Haus bereits enthalten. Diese Zuschläge lassen sich bei Scheitholz auf durchschnittlich ca. 4 €/Rm beziffern /9-6/, das heißt, dass Selbstabholern meist ein entsprechender Preisnachlass für das ofenfertige Holz eingeräumt wird.

Marktpreise von Holzpellets und Briketts. „Veredelte“ Holzbrennstoffe wie Holzpellets und -briketts, die vor allem von Kleinverbrauchern abgenommen werden, sind meist deutlich teurer als Scheitholz. Für lose angelieferte Holzpellets (Lieferung 5 t im Umkreis von 50 km) werden derzeit durchschnittliche Marktpreise um ca. 258 €/t erzielt (Stand: Dezember 2006), wobei die Preise im Norden um ca. 20 €/t höher liegen als im Süden Deutschlands /9-2/. Dieser mittlere Preis entspricht einem Heizöl-Äquivalentpreis von 54 ct/Liter H_{EL}. Bei Abnahme kleinerer Mengen erhöht sich der Preis (z. B. 2 t: ca. 280 €/t); Mengen über 10 t sind um ca. 10 bis 15 €/t günstiger /9-2/.

Für besonders kleine Abnahmemengen werden Pellets auch in Säcken verkauft (z. B. an Betreiber von Pellet-Kaminöfen). Nicht selten liegen derartige Klein- gebinde, die in Bau- und Verbrauchermärkten erhältlich sind, umgerechnet bei über 300 €/t, so dass sich ein Energiepreis von über 62 ct/l errechnet, der damit über dem Niveau des Heizölpreises liegt.

Auf einem ähnlich hohen Preisniveau liegen Holzbriketts, vor allem wenn sie in den Gebindegrößen der Verbrauchermärkte angeboten werden (z. B. 12 kg Packung). Größere Abnahmemengen können dagegen bereits zu Preisen wie bei Holzpellets beschafft werden. Das gilt vor allem für die losen Briketts, die auf Paletten oder in Großsäcken angeboten werden. Bezogen auf den Energiegehalt ist somit – verglichen mit Scheitholz – von Preisauflägen in Höhe von ca. 50 bis 100 % auszugehen. Holzbriketts werden aber meist auch nur in kleinen Mengen, z. B. in Einzelfeuerstätten für die Gluterhaltung über Nacht, verwendet und stellen selten den Hauptbrennstoff einer Biomasseheizung dar.



Preise für Waldhackschnitzel. Holzhackschnitzel werden auf dem allgemeinen Holzbrennstoffmarkt nur relativ selten angeboten. Zwischen Anlagenbetreiber und möglichen Brennstoffanbieter(n) bestehen daher meist feste langjährige Geschäftsbeziehungen. Bei den Lieferanten handelt es sich oft um die Waldbesitzer selbst, die als Einzelanbieter oder Waldbauerngenossenschaft auftreten. Das betrifft insbesondere größere Heizwerke, bei denen Hackschnitzel vermehrt zum Einsatz kommen und die ihre Brennstoffversorgung in der Regel über einen größeren Zeitraum vertraglich absichern möchten. Eine flächendeckende Versorgung auch für kleine häusliche Zentralheizungsanlagen existiert derzeit noch nicht, obgleich erste Aktivitäten zum Aufbau einer derartigen Infrastruktur bereits stattfinden.

Angesichts der Tatsache, dass freie Marktpreise kaum genannt werden, ist ein Preisvergleich schwierig. Zur Orientierung kann allerdings eine vierteljährliche Befragung von Anbietern herangezogen werden, die Waldrestholz oder Sägewerksabfälle an Heizwerke liefern. Demnach liegt der mittlere Hackschnitzelpreis (Basis: September 2006) derzeit bei ca. 69 €/t (bezogen auf einen Wassergehalt von 35 %, Lieferung frei Heizwerk im Umkreis von 20 km) /9-2/. Das entspricht einem Energiepreis von ca. 2,2 ct/kWh bzw. 22 ct/l Heizöl.

Jedoch können die Preise in der Praxis stark abweichen, zumal zwischen den Lieferanten für Waldhackgut und dem Heizwerksbetrieb oft ein hohes Maß an wirtschaftlicher Verflechtung besteht. Durch Lieferrechte, Genossenschaftsanteile, Beteiligungen oder Investitionskostenzuschüsse spiegeln die Angaben solcher Produzenten kaum einen freien Marktpreis wider.

Marktpreise für sonstige Festbrennstoffe. Die relativ hohen Preise für Holzpellets haben in der Praxis in jüngster Zeit das Interesse an der energetischen Verwendung von Getreidekörnern geweckt, obgleich dieser Brennstoff hinsichtlich verschiedener Eigenschaften einige Probleme bereitet (vgl. Kapitel 4 und Kapitel 6). Unter den derzeitigen Preisverhältnissen – Triticale war in 2006 für ca. 127 €/t frei Abnehmer erhältlich /9-11/ – beträgt der energiemengenbezogene Vergleichspreis für Getreidekörner ca. 3,3 ct/kWh (32 ct/l H_{EL}). Das entspricht etwas mehr als der Hälfte des Holzpelletpreises in 2006. Neben den technischen Risiken und dem erhöhten Schadstoffausstoß ist der Einsatz dieses Brennstoffs aber in den meisten Feuerungsanlagen auch rechtlich problematisch (Kapitel 8).

Im Vergleich zu den privaten Haushalten können industrielle Abnehmer oder Betreiber größerer Feuerungen auf deutlich günstigere Biomassebrennstoffe zurückgreifen. Hierzu zählen vor allem Rinde oder

Hackgut aus Sägeresten. Ähnlich günstig sind auch Schwarten und Spreißel aus dem Rohholzzuschnitt im Sägewerk; dieses Holz muss aber erst noch ofenfertig aufbereitet werden.

Entwicklung der Brennstoffpreise. Um die wirtschaftlichen Chancen und Perspektiven von Biomasse-Festbrennstoffen abschätzen zu können, ist es unter anderem erforderlich, deren spezifische Energieträgerkosten zu vergleichen. In Abb. 9.2 wurden hierzu die Preisbeobachtungen verschiedener Quellen auf ein einheitliches Maß, d. h. auf die Energiemenge eines Liters Heizöl (extra leicht, H_{EL}), umgerechnet. Die Darstellung zeigt, dass Waldhackschnitzel (hier: 69 €/t bei einem Wassergehalt von 35 % frei Heizwerk im Umkreis von 20 km) zur Zeit der preisgünstigste Energieträger ist. Holzpellets (hier: 258 €/t vgl. /9-2/), und Scheitholz (77 €/Rm, vgl. /9-6/) gehören dagegen zu den teuersten Biomassebrennstoffen, letzterer wird aber in der Praxis oft deutlich günstiger bereitgestellt, weil anstelle des hier betrachteten freien Brennholzmarktes vielfach andere Beschaffungsmöglichkeiten vorliegen und viele Holzkunden einen Teil der Aufbereitungsarbeit selbst leisten und sogar die Fäll- und Rückarbeiten im Wald als sogenannte Selbstwerber übernehmen.

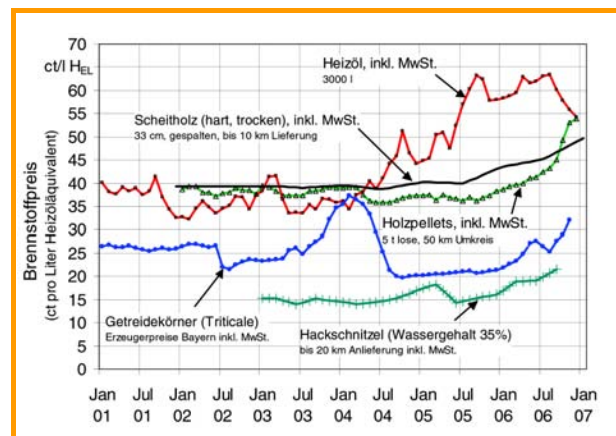


Abb. 9.2: Preisverlauf von Biomasse-Festbrennstoffen und Heizöl, umgerechnet in Cent pro Liter Heizöläquivalent

Das Gleiche gilt für Holzhackschnitzel. Ähnlich günstig wie diese liegen derzeit die Getreidebrennstoffe (hier 127 €/t, vgl. /9-11/), die hier bei weniger als der Hälfte des Heizölpreises (Dezember 2006) liegen. Noch Anfang 2004 hatten diese beiden Äquivalentpreise gleichauf gelegen, danach setzte die in Abb. 9.2 dargestellte gegenläufige Preisentwicklung ein, durch die die bis heute anhaltende Diskussion um eine Brennstoffnutzung von Getreide auch in Kleinfeuerungen stark angeheizt worden war.

9.2 Anlagenkosten

Bei den Investitionskosten für eine Biomasse-Kleinfeuerung sind verschiedene Anlagenkomponenten und vielfach auch bauliche Aufwendungen zu berücksichtigen, je nachdem, um welche Feuerungsart es sich handelt. Diese Kosten werden nachfolgend beschrieben. Sofern es sich um Komponenten handelt, die von der Systemgröße abhängen, basieren die Angaben auf einer hierzu durchgeführten aktuellen Erhebung für das Jahr 2006, in der die Listenpreise (inkl. MwSt.) einer Vielzahl von in Deutschland anbietenden Herstellern und Vertrieben ausgewertet wurden. Von diesen Listenpreisen sollten die mittleren Rabattabschläge (nach /9-5/) abgezogen werden.

Einzelfeuerstätten. Am einfachsten ist die Kostenabschätzung für eine Einzelfeuerstätte. Hier sind mit dem Kauf bzw. der Errichtung vor Ort und dem Anschluss an den Schornstein meist sämtliche relevanten Anschaffungskosten abgegolten. In seltenen Fällen müssen evtl. noch Mehrkosten für einen Kamin oder einen zweiten Kaminzug angerechnet werden. Kosten für den Aufstellraum, einen externen Wärmespeicher oder für Lagereinrichtungen entfallen.

Die Bandbreite der Anschaffungskosten einer Einzelfeuerstätte reicht von ca. 300 € für einen Kaminofen aus dem Baumarkt bis über 15.000 € für einen mit hohem handwerklichen Aufwand vor Ort errichteten Kachel- oder Grundofen. Da es sich bei den Einzelfeuerstätten um bauliche Elemente in Wohnräumen handelt, wird die Anlagenauswahl selten ausschließlich nach ökonomischen Gesichtspunkten getroffen. Die Kosten für das Anschließen an einen Kamin einschließlich Abgasrohr und -bogen betragen für einen Kamin- oder Zimmerofen meist weniger als 500 €.

Scheitholz-Zentralheizungen. Im Gegensatz zu den Einzelfeuerstätten besteht bei den Anschaffungskosten für Zentralheizungsanlagen eine starke Abhängigkeit von der installierten Nennwärmeleistung. Das zeigt die Darstellung in Abb. 9.3 (oben links). Anlagennennleistungen zwischen 20 und 60 kW sind hier besonders häufig. In diesem Marktsegment ist mit Preisen von ca. 6.000 bis 18.000 € zu rechnen (nur für den Heizkessel inkl. Regelung). Die spezifischen Anschaffungskosten liegen bei derartigen Anlagen im Bereich von 20 bis 60 kW zwischen 200 und 350 €/kW (ohne weitere Komponenten und Bauteile).

Zusätzlich zu den hier genannten Anschaffungspreisen sind je nach Anwendungsfall meist noch weitere Investitionsaufwendungen, wie z. B. für den Puf-

ferspeicher (siehe „Wärmespeicher“), Installation, Anschluss- und Systembauteile, Schornstein oder Brennstofflagerung, zu kalkulieren. Viele dieser Nebenkosten sind unter dem Begriff „Peripheriebauteile“ zusammengefasst. Hierbei handelt es sich um Pumpengruppen, Verrohrung, Sicherheitseinrichtungen (z. B. thermische Ablaufsicherung), Ausdehnungsgefäß, Rücklaufanhebung und Isolierung. Bei diesen Systembauteilen sind die Anschaffungspreise weniger abhängig von der Nennwärmeleistung des Kessels. Für die Durchführung von repräsentativen Kostenrechnungen können die bei Scheitholzkessel anfallenden Zusatzkosten näherungsweise nach der folgenden Formel abgeschätzt werden; sie beruht auf einer detaillierten Angebotsfeststellung für über 130 Einzelanlagen (d. h. Herstellerangaben):

$$A = 1162 \ln(p) - 140$$

wobei A den Anschaffungspreis in € (ohne Rabatt, inkl. MwSt.) und p die Nennwärmeleistung des Scheitholzkessels (in kW) darstellen. Die entsprechende für den Scheitheizkessel bzw. den Wärmespeicher selbst anzuwendenden Schätzformeln sind Abb. 9.3 zu entnehmen. Beim Wärmespeicher für Scheitholzkessel sollten mindestens ca. 60 Liter Speichervolumen je Kilowatt Nennwärmeleistung (besser: 100 l/kW) angesetzt werden.

Die außerdem für Scheitholzfeuerungen ermittelten spezifischen Kosten für die Lieferung, Montage und, Inbetriebnahme können ebenfalls anhand einer Schätzformel ermittelt werden /9-5/:

$$M = 98,7 e^{-0,0251 p}$$

wobei M den spezifischen Anschaffungspreis in € je Kilowatt Nennwärmeleistung (p) darstellt (ohne Rabatt, inkl. MwSt.). Ein Anwendungsbeispiel für diese Kostenabschätzung zeigt Tabelle 9.3. Darin wurde bei allen Investitionskosten der speziell für Scheitholzkessel festgestellte mittlere Rabattabschlag von 17,3 % (vgl. /9-5/) vorgenommen.

Hackschnitzelkessel. Ein ähnlicher Verlauf wie bei den Scheitholzkesseln ergibt sich auch für die Kostenfunktion bei Hackschnitzelfeuerungen, nur ist das Niveau des Investitionsbedarfs hier deutlich höher. Im Bereich von ca. 20 bis 60 kW Nennwärmeleistung kann in etwa von einer Verdoppelung des Anschaffungspreises gegenüber Scheitholzkesseln ausgegangen werden (Abb. 9.3, oben rechts). Das liegt auch

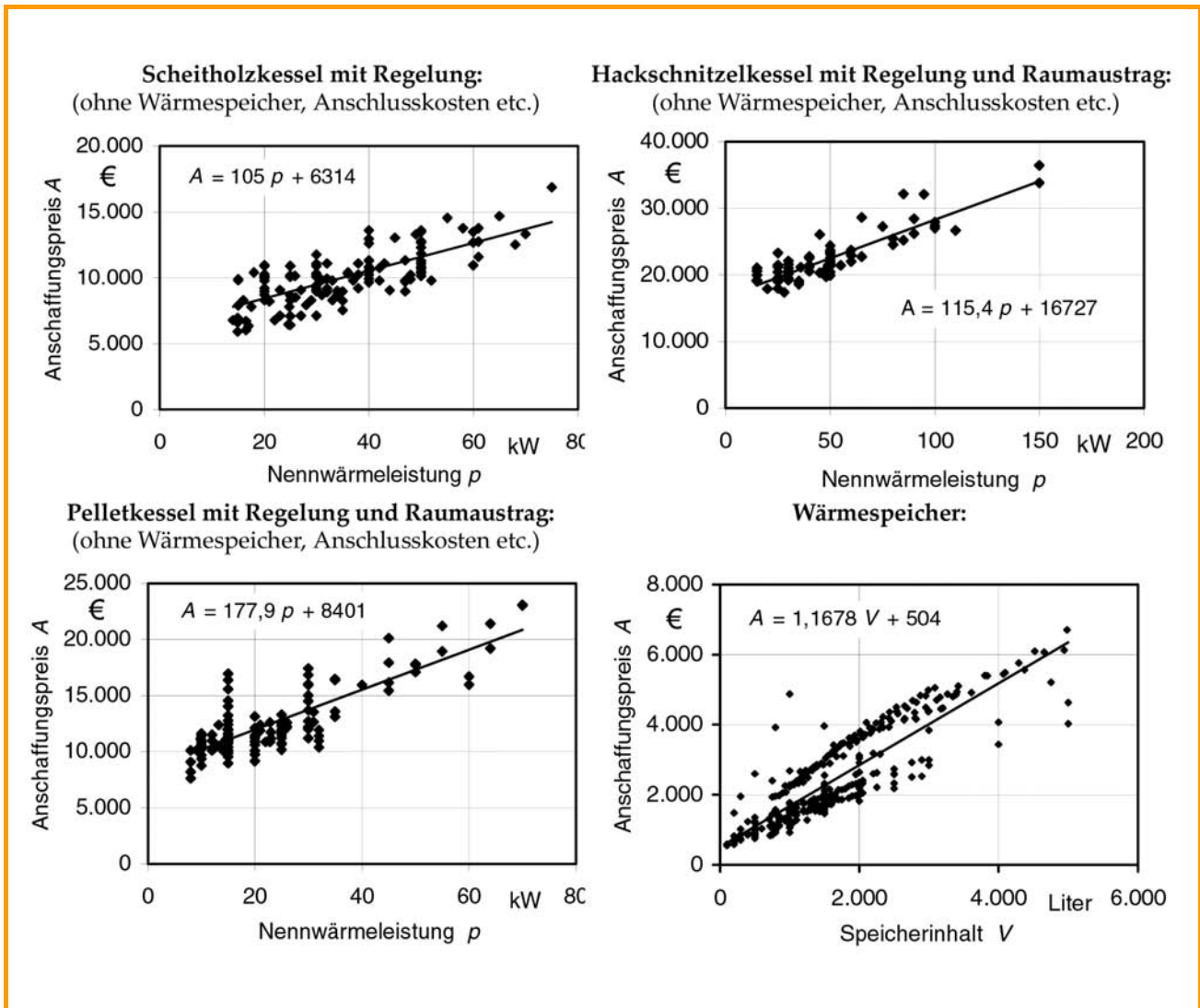


Abb. 9.3: Listenpreise (ohne Rabatte) von Zentralheizungskesseln für Holzbrennstoffe bzw. Wärmespeicher (inkl. MwSt.). Stand: 2006

daran, dass die Bauteile, die für eine automatische Beschickung und für den Austrag aus dem Hackschnitzzellager benötigt werden, hier beim Preis der Feuerungsanlage miteingerechnet werden müssen. Die spezifischen Anschaffungskosten im Leistungsbereich von 20 bis 60 kW variieren durchschnittlich zwischen 950 und 400 €/kW (ohne zusätzliche Komponenten wie Wärmespeicher, Siloaufbauten oder Installation), wobei Anlagenleistungen von 20 kW selten sind /9-5/.

Die Nebenkosten, die unter dem Begriff Peripheriebauteile zusammengefasst werden (Pumpengruppen, Verrohrung, Sicherheitseinrichtungen, Ausdehnungsgefäß, Rücklaufanhebung und Isolierung) sind auch hier nur wenig abhängig von der Nennwärmeleistung des Kessels. Diese anfallenden Zusatzkosten für die Peripherie von Hackschnitzelholzkessel kön-

nen näherungsweise nach der folgenden Formel abgeschätzt werden; sie beruht auf einer detaillierten Angebotsfeststellung für 75 Einzelanlagen (d. h. Herstellerangaben):

$$A = 640 \ln(p) + 1382$$

wobei A den Anschaffungspreis in € (ohne Rabatt, inkl. MwSt.) und p die Nennwärmeleistung des Hackschnitzelkessels (in kW) darstellen.

Auch bei Hackschnitzelfeuerungen sind in der Regel noch weitere Investitionsaufwendungen erforderlich, die weder in den genannten Peripherie- noch in den eigentlichen Heizkesselkosten enthalten sind. Sie betreffen den Pufferspeicher (der zum Teil auch entfallen kann oder deutlich kleiner ausfällt, vgl.



Kapitel 6), die Installationskosten, den Schornstein und das Brennstofflager. Letzteres betrifft nicht den Raumaustrag sondern die bauliche Realisierung des Lagers (z. B. in Gebäuden oder als Hochsilo, mit oder ohne Belüftungskanäle und Gebläse). Der Raumaustrag (Silounterbau) ist dagegen in den oben genannten Anschaffungskosten bereits enthalten.

Die für den Hackschnitzelkessel selbst bzw. den Wärmespeicher anzuwendenden Schätzformeln sind Abb. 9.3 zu entnehmen. Beim Wärmespeicher für Hackschnitzelkessel sollten mindestens 20 Liter Speichervolumen je Kilowatt Nennwärmeleistung angesetzt werden. Die außerdem für Holzhackschnitzelfeuerungen anzusetzenden spezifischen Kosten für die Lieferung, Montage und Inbetriebnahme können ebenfalls anhand einer Schätzformel ermittelt werden /9-5/:

$$M = 64 e^{-0,0178 p}$$

wobei M den spezifischen Anschaffungspreis in € je Kilowatt Nennwärmeleistung (p) darstellt (ohne Rabatt, inkl. MwSt.). Ein Anwendungsbeispiel für diese Kostenabschätzung zeigt Tabelle 9.3. Darin wurde bei allen Investitionskosten der speziell für Hackschnitzelkessel festgestellte mittlere Rabattabschlag von 16,1 % (vgl. /9-5/) vorgenommen.

Pelletkessel. Auf Grund der homogenen Korngrößen und der hohen Schüttdichte von Holzpellets sind bei Pelletfeuerungen eine Reihe von konstruktiven Vereinfachungen möglich, die zu Einsparungen und somit zu einer Senkung der Anschaffungskosten gegenüber Hackschnitzelfeuerungen führen. Für den häufig verwendeten Pellet-Zentralheizungskessel der Leistungsklasse um 15 kW muss mit Anschaffungskosten in Höhe von ca. 8.000 bis 13.000 € gerechnet werden (Abb. 9.3), wobei darin die Brennstoffzuführung und der dazugehörige Raumaustrag sowie die Mehrwertsteuer bereits enthalten sind.

Allerdings bestehen Unterschiede. Etwas geringere Investitionskosten weisen Anlagen auf, bei denen der Brennstoff mittels Schnecken aus dem Lagerraum ausgetragen wird, während der pneumatische Austrag mittels Saugsonden demgegenüber die Anschaffungskosten um durchschnittlich 10 % erhöht. Wegen der großen Streubreite der Kostenangaben wird aber hierzu in Abb. 9.3 keine Unterscheidung vorgenommen. Anlagen ohne Raumaustrag, d. h. mit einer manuellen Befüllung des angebauten Kurzzeitbrennstoffbehälters, kommen auf Grund der an Pellet-

heizungen gestellten Komfortansprüche inzwischen kaum noch vor.

Da Pelletheizkessel in den niedrigen Nennwärmeleistungsbereich von weniger als 10 kW vorstoßen, liegen die spezifischen Anschaffungskosten mit durchschnittlich 1.000 €/kW (bei 10 kW, mit Raumaustrag) scheinbar vergleichsweise hoch, allerdings kommen Hackschnitzel oder Scheitholzfeuerungen hierfür nur bedingt in Frage. Unter vergleichbaren Bedingungen (z. B. bei 30 kW) sind Pelletfeuerungs-systeme bei den Investitionskosten günstiger als Hackschnitzelanlagen.

Die Nebenkosten, die unter dem Begriff Peripheriebauteile zusammengefasst werden (Pumpengruppen, Verrohrung, Sicherheitseinrichtungen, Ausdehnungsgefäß, Rücklaufanhebung und Isolierung), lassen sich auch für Pelletkessel näherungsweise nach der folgenden Formel abschätzen; sie beruht auf einer detaillierten Angebotsfeststellung für 125 Einzelanlagen (d. h. Herstellerangaben):

$$A = 341,7 \ln(p) + 2138$$

wobei A den Anschaffungspreis in € (ohne Rabatt, inkl. MwSt.) und p die Nennwärmeleistung des Pelletkessels (in kW) darstellen.

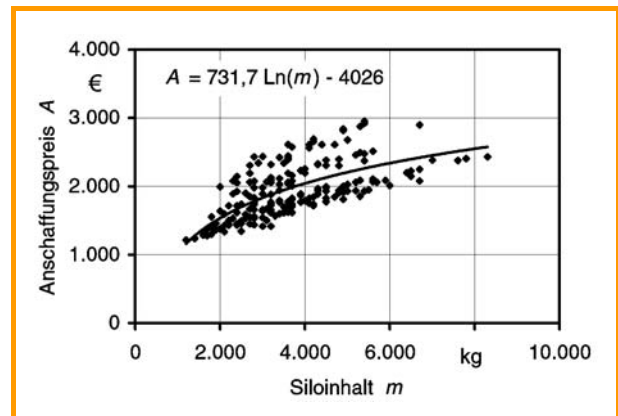


Abb. 9.4: Listenpreise (ohne Rabatte) von frei aufstellbaren Gewebesilos für Holzpellets (inkl. MwSt.). Stand: 2006

Als weitere Investitionsaufwendungen sind ggf. die Kosten für einen Wärmespeicher (der zum Teil auch entfallen kann oder deutlich kleiner ausfällt, vgl. Kapitel 6) sowie die Kosten für Installation, Schornstein und Brennstofflager zu nennen. Letzteres betrifft nicht den Lageraustrag sondern die ggf. erforderliche bauliche Realisierung des Lagers (z. B. gemauerte oder gezimmerte Lagerabtrennungen in Kellerräumen). Der Austrag (Entnahmetechnik) ist dagegen in den oben genannten Anschaffungskosten bereits enthalten.

Anstelle eines individuellen Lagerraumes können vereinfacht auch die Gesamtkosten eines frei aufstellbaren Gewebesilos angenommen werden. Die hierfür anfallenden Investitionskosten zeigt Abb. 9.4.

Die für den Pelletkessel selbst bzw. den Wärmespeicher anzuwendenden Schätzformeln sind Abb. 9.3 zu entnehmen. Beim Wärmespeicher für Pelletkessel sollten mindestens 20 Liter Speichervolumen je Kilowatt Nennwärmeleistung angesetzt werden. Die außerdem für Pelletkessel anzusetzenden spezifischen Kosten für die Lieferung, Montage und Inbetriebnahme können ebenfalls anhand einer speziellen Schätzformel ermittelt werden /9-5/:

$$M = 139 e^{-0,032 p}$$

wobei M den spezifischen Anschaffungspreis in € je Kilowatt Nennwärmeleistung (p) darstellt (ohne Rabatt, inkl. MwSt.). Ein Anwendungsbeispiel für diese Kostenabschätzung zeigt Tabelle 9.3. Darin wurde bei allen Investitionskosten der speziell für Pelletkessel festgestellte mittlere Rabattabschlag von 18,2 % (vgl. /9-5/) vorgenommen.

Wärmespeicher (Pufferspeicher). Vor allem bei Scheitholzkesseln stellt ein Pufferspeicher einen unverzichtbaren Anlagenbestandteil dar, so dass die hierfür anfallenden Kosten stets in Anrechnung gebracht werden müssen. Ausnahmen sind lediglich bei Hackschnitzel- und Pelletkesseln möglich (Kapitel 6), zumindest können die Speicher hier kleiner dimensioniert werden.

Bei den Pufferspeichern besteht eine klare Abhängigkeit der Anschaffungskosten vom Speichervolumen. Diese Abhängigkeit ist in Abb. 9.3 (unten rechts) dargestellt. Darin werden nur reine Wärmespeicher betrachtet; Kombispeicher (d. h. Speicher mit Brauchwassererwärmung) oder kombinierte Holz-Solarwärmespeicher (d. h. Speicher mit Zusatzwärmetauscher, vgl. Kapitel 6) sind darin nicht erfasst. Hierfür muss ggf. mit Zusatzinvestitionskosten gerechnet werden.

Im häufig anzutreffenden Bereich von 1.000 bis 5.000 l Fassungsvermögen liegen die spezifischen Investitionskosten bei ca. 1,7 bis 1,3 € pro Liter. Für einen Scheitholzkessel mit 30 kW Nennwärmeleistung, für den ein Speichervolumen von 3.000 l (d. h. 100 l/kW, vgl. Kapitel 6) empfohlen wird, fallen somit gemäß der Kostenfunktion in Abb. 9.3 Anschaffungskosten in Höhe von 4.000 € an. Hiervon können die normalerweise gewährten Rabatte auf den Listenpreis abgezogen werden. Im Anwendungsbeispiel für diese

Kostenabschätzung (Tabelle 9.3) wurde hierfür der für Scheitholzkessel festgestellte mittlere Rabattabschlag von 17,3 % (vgl. /9-5/) vorgenommen.

Getreide- und Halmgutfeuerungen. Im kleinen Leistungsbereich werden automatisch beschickte Feuerungen für Getreide oder Halmgutpellets meist als Hackgut- oder Pelletfeuerungen mit zusätzlicher Einsetzbarkeit für landwirtschaftliche Brennstoffe vertrieben und eingesetzt. Wegen der aufwändigeren Konstruktion und den höherwertigeren Materialien kommt es zu einer Steigerung der Anschaffungskosten. Speziell getreidetaugliche Feuerungen sind um ca. 30 bis 50 % teurer als entsprechende Holzpelletfeuerungen. Das liegt nicht nur an den besonderen Anforderungen, die die Feuerungen erfüllen müssen, sondern auch an der Tatsache, dass die mit Holzpellets erzielbare Feuerungswärmeleistung mit Getreide nicht erreicht werden kann. In der Regel betragen die Leistungsabschläge ca. 20 bis 40 %. Bei einem gegebenen Leistungsbedarf ist somit eine leistungsstärkere Feuerung einzubauen (bezogen auf den Holzeinsatz), wenn diese auch mit Getreide betrieben werden soll. Allerdings ist die Zahl solcher Feuerungstypen gering, und deren Einsatz ist derzeit rechtlich problematisch (Kapitel 8), so dass hier keine eigene Kostendarstellung erstellt wurde.

Bei Strohfeuerungen mit automatischer Beschickung entstehen die eigentlichen Mehrkosten weniger durch die erhöhte Investition für die eigentliche Feuerung, sondern vielmehr durch die wesentlich aufwändigere Brennstoffvorbehandlung und Zuführung (z. B. Ballenauflöser, Häcksler, Pelletierung). Außerdem kann die Lebensdauer solcher Anlagen bei häufigem Einsatz mit Halmgutbrennstoffen verkürzt sein (Kapitel 6), was wiederum das Gesamtverfahren verteuert. Schließlich sind bei ausschließlicher Verwendung von Halmgut unter Umständen weitere Systemkomponenten wie z. B. eine wirksame Staubabscheidung notwendig.

Über die Investitionskosten von Ganzballenfeuerungen kann hier auf Grund des derzeit kaum gegebenen Praxiseinsatzes solcher Feuerungen keine repräsentative Aussage getroffen werden. Hierzu müssen die Anschaffungskosten auf Basis einer Einzelfallbetrachtung und durch individuell einzuholende Angebote bestimmt werden. Generell sollte dabei jedoch ein relativ hoher Sicherheitszuschlag hinzugerechnet werden.

Heizölfeuerungen (Referenzsystem). Bei der Durchführung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen wird der



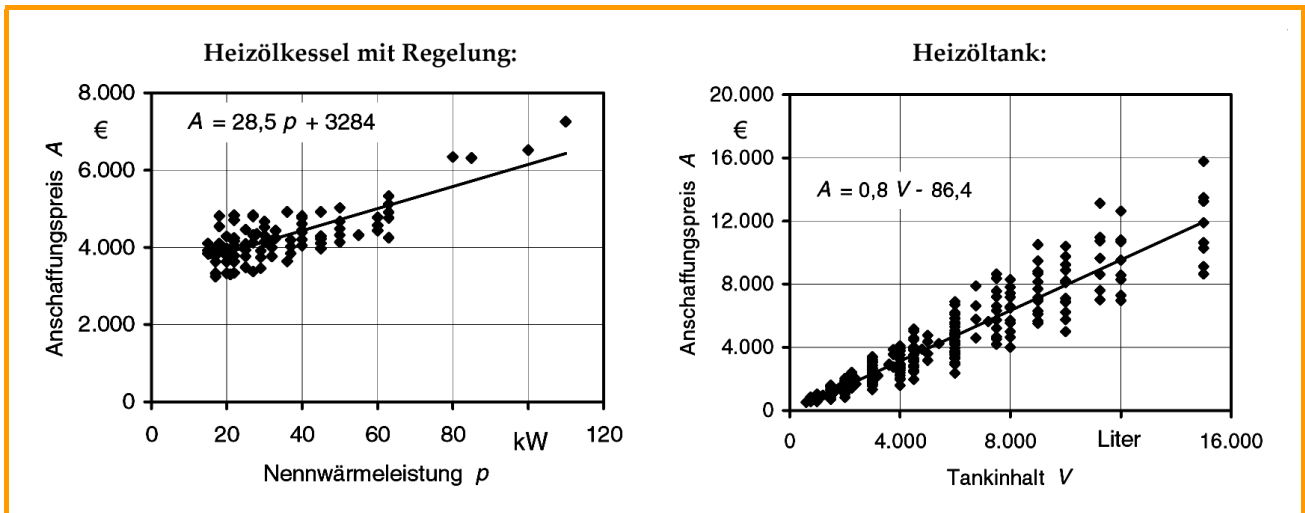


Abb. 9.5: Listenpreise (ohne Rabatte) von Heizölkesseln und Heizöltanks (inkl. MwSt.). Stand: 2006

Einsatz von Holzbrennstoffen häufig mit dem Einsatz von Heizöl in entsprechenden Anlagen verglichen. Daher sollte auch für die Heizölvariante eine möglichst gute Datenbasis vorliegen. In Abb. 9.5 sind geeignete Planungszahlen für die Anschaffungspreise des Heizölkessels sowie der Heizöltanks dargestellt.

Hinzu kommen auch hier die Nebenkosten („Peripheriebauteile“) wobei es sich um die Pumpengruppen, Verrohrung, Sicherheitseinrichtungen, Ausdehnungsgefäß, Rücklaufanhebung und Isolierung handelt. Näherungsweise können diese Anschaffungskosten nach der folgenden Formel abgeschätzt werden; sie beruht auf einer detaillierten Angebotsfeststellung für 88 Einzelanlagen (d. h. Herstellerangaben):

$$A = 312 \ln(p) + 1171$$

wobei A den Anschaffungspreis in € (ohne Rabatt, inkl. MwSt.) und p die Nennwärmeleistung des Heizölkessels (in kW) darstellen.

Zu den Kosten für die Lieferung, Montage, Inbetriebnahme bei Heizölanlagen liegen keine Recherche- oder Stichprobenwerte vor. Hier kann aber davon ausgegangen werden, 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 Hackschnitzelanlagen.

Ein Anwendungsbeispiel für eine derartige Kostenabschätzung zeigt Tabelle 9.3. Darin wurde bei allen Investitionskosten für die Heizölanlage der für Holzfeuerungen festgestellte mittlere Rabattdeschlag von 17,2 % (vgl. /9-5/) vorgenommen.

9.3 Kostenberechnung

9.3.1 Berechnungsgrundlagen

Die für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung benötigten Jahreskosten einer Biomasseheizung ergeben sich aus der Summe der kapitalgebundenen, verbrauchsgebundenen, betriebsgebundenen und sonstigen Kosten. Deren Berechnung wird nachfolgend erläutert.

Kapitalgebundene Kosten. Die Kosten für das gebundene Kapital leiten sich aus den erforderlichen Investitionen für die gesamte Anlage ab. Neben der Investitionssumme hat auch die Abschreibungsdauer und der zu Grunde gelegte Zinssatz einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der kapitalgebundenen Kosten.

Die Berechnung der auf ein Jahr bezogenen Investitionskosten erfolgt nach der sogenannten „Annuitätenmethode“. Damit wird die am Anfang der Lebensdauer stehende Investition auf die einzelnen Jahre der Nutzungsdauer umgelegt. Dies erfolgt durch Multiplikation der Investitionssumme mit dem Annuitätenfaktor *a*, der sich aus der folgenden Gleichung ergibt:

$$a = \frac{i(1+i)^T}{(1+i)^T - 1}$$

wobei *i* den Zinssatz und *T* die Nutzungsdauer darstellen. Der so errechnete periodisch konstante Betrag wird als Annuität bezeichnet, der als Zins und Tilgung für rückzuzahlendes Kapital aufzufassen ist.



Dabei ist es prinzipiell unerheblich, ob es sich um Eigen- oder Fremdkapital handelt, hiervon wird lediglich die Höhe des Zinsfußes beeinflusst.

Das folgende Beispiel erläutert den Rechenweg: Eine Scheitholzfeuerungsanlage, die über 20 Jahre genutzt werden soll, wird für insgesamt 10.000 € Gesamtsumme erneuert. Für das aufgewendete Kapital wird ein Zinssatz von 6 % angenommen. Mit diesem Zinssatz und der Nutzungsdauer von 20 Jahren wird nun zunächst der Annuitätsfaktor nach der oben genannten Gleichung bestimmt (Der Faktor kann auch aus Tabellen abgelesen werden, er wird dann meist als Prozentwert ausgedrückt; z. B. in VDI 2067 /9-8/). Er beträgt hier 0,0872. Dieser Annuitätenfaktor (auch „Wiedergewinnungsfaktor“) wird nun mit der Investitionssumme von 10.000 € multipliziert. Somit errechnet sich eine jährliche Kapitalkostenbelastung („Annuität“) von 872 €. Wenn es sich um eine Investition mit zugleich technischen und baulichen Anteilen handelt (z. B. Kessel und Lagerraum) ist die Lebensdauer unterschiedlich. Dann werden die Annuitäten beider Kostengruppen zunächst getrennt berechnet und anschließend zu den jährlichen Kapitalkosten aufaddiert.

Die Abschätzung der Nutzungsdauer kann anhand folgender Orientierungswerte erfolgen (nach /9-8/):

- allgemeine Baukosten (z. B. Gebäude): 50 Jahre
- Schornstein (im Gebäude): 50 Jahre
- Heizkessel: 20 Jahre
- Wärmespeicher, Installationsbauteile: 15 bis 20 Jahre
- erdverlegte Nahwärmeleitungen: 40 Jahre

Verbrauchsgebundene Kosten. Hierzu zählen Brennstoff- und Hilfsenergiekosten. Den weitaus größten Anteil machen die Brennstoffkosten aus, die sich aus den Preisen in Kapitel 9.1 ergeben.

Die benötigte Brennstoffmenge errechnet sich aus dem Netto-Nutzwärmebedarf für Heizung und Warmwasser zuzüglich der jeweiligen Nutzungsgradverluste. Soll beispielsweise eine Wärmemenge von 25.500 kWh pro Jahr erzeugt werden, ist bei einem Netto-Jahresnutzungsgrad von 75 % eine Brennstoffenergie von 34.000 kWh/a aufzuwenden (entspricht 3.400 l Heizöl). Diese Brennstoffmenge entspricht einem Volumen von 17 Rm trockenem Buchenholz (zur Umrechnung; vgl. Planungszahlen in Kapitel 4). Bei einem angenommenen Preis von 60 €/Rm entstehen somit Beschaffungskosten von etwa 1.326 € pro Jahr.

Weitere verbrauchsgebundene Kosten entstehen für elektrischen Strom (Hilfsenergie). Hierbei handelt

es sich um Antriebsenergie für die Feuerungsanlage selbst (u. a. für Verbrennungsluftgebläse, Brennstoffförderung, Regelung). Dieser Stromverbrauch wird häufig pauschal mit 0,7 % der thermischen Arbeit angesetzt /9-8/. Bei Scheitholzfeuerungen kann er in der Praxis aber auch niedriger liegen. Da bei Hackgut- und Pelletheizungen, anders als bei Scheitholzfeuerungen, jedoch meist vollautomatisch arbeitende Raumaustragsysteme eingesetzt werden, wird der Hilfsstrombedarf für diese Feuerungen hier mit einem höheren Wert von 1,2 % der thermischen Arbeit angesetzt.

Wird eine Hackschnitzelbelüftung verwendet, fallen weitere Stromkosten an. Wenn es sich hierbei um eine Belüftungskühlung handelt (Kapitel 3) kann als Faustzahl ein Stromverbrauch von ca. 10 kWh je Kubikmeter Hackschnitzel angesetzt werden (nach /9-1/). Bei einer Belüftungstrocknung liegt dieser Ansatz dagegen deutlich höher.

Betriebsgebundene Kosten. Die Betriebskosten beinhalten alle Aufwendungen für Wartung und Instandhaltung sowie die Kosten für die Bedienungsarbeit, die Emissionsmessungen und die Entsorgung der Verbrennungsrückstände (wobei Letztere bei Kleinfeuerungen meist vernachlässigt werden können).

Wartung und Instandsetzung. In Modellrechnungen werden die Wartungs- und Instandsetzungskosten häufig vereinfachend pauschal mit jährlich 1,5 % der Gesamtinvestitionssumme angesetzt /9-8/. Wenn jedoch ein Teil der Wartungs- und Reparaturarbeiten vom Betreiber in Eigenregie geleistet wird, kann der genannte Pauschalansatz auch niedriger sein. Das gilt auch, wenn die Kosten des Kaminkehrers, die teilweise in dem genannten Pauschalansatz enthalten sind (z. B. Fegegebühr), separat angesetzt werden.

Die Abschätzung der Wartungs- und Instandhaltungskosten kann auch differenzierter anhand folgender Orientierungswerte durchgeführt werden (nach /9-8/):

- Gebäude und bauliche Investition: 2 %
- Schornstein (im Gebäude): 2 %
- Heizkessel (inkl. Kaminkehrer): 4,5 %
- Wärmespeicher, Installationsbauteile: 1–2,5 %
- erdverlegte Nahwärmeleitungen: 1 %

Kaminkehrerkosten. Für die Leistungen des Kaminkehrers gelten je nach Feuerungsanlage und Bundesland unterschiedliche Gebührensätze. Zur Orientierung werden sie in Tabelle 9.2 exemplarisch für das Bundesland Bayern dargestellt. Demnach verursacht eine



Tabelle 9.2: Beispiel für die jährlichen Kehr- und Überprüfungsgebühren von häuslichen Holz-Zentralheizungsanlagen ab 15 kW Nennwärmeleistung (hier für 11 m Kaminhöhe, 0,90 m Rauchrohr, Lüftungsanlage, Standort Bayern; Stand: 2006). Angaben inkl. MwSt. (nach /9-7/)

Maßnahme	handbeschickte Anlage		automatisch beschickte Anlage	
	Häufigkeit/a	Preis/a (€)	Häufigkeit/a	Preis/a (€)
Kaminreinigung	4x	68,90	2x	34,45
Rauchrohrreinigung	1x	5,68	1x	5,68
Lüftung prüfen	1x	0,78	1x	0,78
Erstmessung Emissionen ^a	0,05x ^a	6,06 ^a		–
wiederkehrende Emissionsmessung		–	1x	72,34
Filterhülse mit Auswertung		–		19,57
Ausbrennen ^b		24,65		–
Ausbrennmaterial ^c		2,24		–
Summe pro Jahr		108,31		132,48

a. Anteilig pro Jahr, bei 20 Jahren Nutzungsdauer

b. Mittelwert

c. bei modernen Anlagen heute kaum noch erforderlich

handbeschickte Holz-Zentralheizung Kaminkehrerkosten von jährlich ca. 110 €, während bei Hackschnitzelfeuerungen ca. 130 €/a anfallen. Der Unterschied ergibt sich zum Teil durch die jährlichen CO- und Staubemissionsmessungen, die derzeit bei Hackschnitzelfeuerungen jährlich, bei Scheitholzesseln aber nur einmalig nach der Inbetriebnahme vorgeschrieben sind (vgl. Kapitel 8).

Arbeitskosten. Beim Betrieb einer Kleinf Feuerung für Biomasse sind durch den Betreiber wesentlich höhere Arbeitsleistungen zu erbringen als beispielsweise für eine Öl- oder Gasfeuerung. Die Arbeiten betreffen die regelmäßige Entaschung (d. h. z. B. Entleerung des Aschekastens ca. alle 2 bis 4 Wochen, bei Halmgut häufiger), die Reinigung der Wärmetauscherzüge (z. B. alle 4 Wochen, bei Halmgut z. T. wöchentlich) und die Überwachung der Anlage. Bei handbeschickten Anlagen kommt noch das Anzünden und die Brennstoffbeschickung hinzu. Wenn es sich um eine private Feuerung ohne Wärmelieferung an Dritte handelt, können derartige Arbeiten jedoch kaum in Anrechnung gebracht werden. Erst bei einer Mehrfamilienhausvariante oder bei vorhandenen Wärmelie-

ferverpflichtungen können hierfür auch die Arbeitskosten (z. B. Hausmeisterkosten) berechnet werden.

Sonstige Kosten. Hierzu zählen Versicherungen, Steuern und Abgaben, Verwaltungskosten und – bei gewerblicher Wärmebereitstellung – Gewinnaufschläge oder auch Verluste. Bei Kleinf Feuerungen, die in der Regel zur Versorgung privater Haushalte verwendet werden, fallen davon lediglich Versicherungskosten an. Diese werden häufig mit jährlich 0,5 % der Investitionssumme pauschal angesetzt.

Förderung. Die Nutzung von Biomasse als Brenn- und Kraftstoff wird durch diverse Förderprogramme von EU, Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorger unterstützt. Je nachdem, ob Fördermittel oder Beihilfen angerechnet werden können, kann sich die Wirtschaftlichkeit von Biomassefeuerungen deutlich verbessern. Wenn es sich hierbei um Investitionskostenzuschüsse handelt, müssen diese bei der Kostenrechnung von der Investitionssumme abgezogen werden, so dass nur noch der verbliebene Anteil der Investition annuitätisch auf die jeweilige Lebensdauer zu verteilen ist. Bei zinsverbilligten Darlehen kommt es entsprechend zu einem reduzierten Zinsfuß, der ebenfalls über den Annuitätsfaktor (siehe „kapitalgebundene Kosten“) in die Berechnung mit eingeht. Informationen über aktuelle Förderprogramme und Mittelvergabe sind u. a. bei den im Anhang genannten Stellen erhältlich.

9.3.2 Beispielrechnungen

In Tabelle 9.3 werden einige Kostenrechnungsbeispiele für verschiedene Versorgungsaufgaben dargestellt.

Darin erweist sich die Wärmeerzeugung in größeren hackschnitzelfeuerungen verglichen mit Pellet- und Scheitholzanlagen als die kostengünstigste Variante unter den Biomassebrennstoffen. Das liegt hauptsächlich an den niedrigen Brennstoffpreisen, durch die die Mehrkosten bei den Investitionen mehr als ausgeglichen werden. Allerdings wurden hier die baulichen Aufwendungen für das Lager, die gegebenenfalls erforderlichen Belüftungsgebläse und die Maschinen für den Brennstoffumschlag nicht eingerechnet, da von vorhandenen Altgebäuden und einer entsprechenden Maschinenausstattung ausgegangen wurde (z. B. landwirtschaftlicher Betrieb). Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass für Hackschnitzel nur ein eingeschränkter Anwenderkreis in Frage kommt.

Tabelle 9.3: Berechnungsbeispiele für die Wärmegehungskosten in verschiedenen Kleinanlagen für verschiedene Versorgungssituationen (Berechnungen inkl. MwSt., Werte z. T. gerundet)

Kessel-Nennleistung:		15 kW	15 kW	15 kW	35 kW	35 kW	35 kW	35 kW	60 kW	60 kW	60 kW	60 kW
Brennstoff:		Heizöl	Scheitholz	Pellets	Heizöl	Scheitholz	Hackgut	Pellets	Heizöl	Scheitholz	Hackgut	Pellets
Anlagen- und Betriebsdaten:												
	Einheit											
Wärmebedarf Heizung ^a	MWh/a	22,5	22,5	22,5	52,5	52,5	52,5	52,5	90	90	90	90
Wärmebedarf 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
Gesamtnutzungsgrad	%	85	75	84	85	75	79	84	85	75	79	84
Summe Brennstoffeinsatz	MWh/a	30,0	34,0	30,3	65,3	74,0	70,2	66,0	109,4	124,0	117,7	110,7
Zeitbedarf für Reinigung und Betrieb	h/a	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Häufigkeit der Kaminkehrung /a		2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2
Investitionen:												
Feuerungsanlage inkl. Brennstoffaustrag ^c	€	3.073	6.530	9.060	3.546	8.273	17.423	11.970	4.137	10.453	19.844	15.608
Öltank bzw. Pellet-Gewebesilo ^c	€	1.940	-	1.957	4.308	-	-	2.423	7.269	-	-	2.732
Brauchwasserspeicher	€	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
Pufferspeicher ^{c,d}	€	-	1.866	707	-	3.797	1.093	1.093	-	6.212	1.576	1.576
Installationsbauteile (Peripherie) ^e	€	1.669	2.486	2.505	1.888	3.300	3.069	2.742	2.028	3.818	3.358	2.893
Lieferung, Montage, Inbetriebnahme ^d	€	943	1.179	1.499	1.080	1.665	1.349	1.844	1.160	1.524	1.449	1.420
Summe Investitionen	€	8.586	13.021	16.688	11.783	17.996	23.895	21.033	15.553	22.967	27.188	25.190
kapitalgebundene Kosten:												
Annuität Investition ^f	€/a	749	1.135	1.455	1.027	1.569	2.083	1.834	1.356	2.002	2.370	2.196
Summe kapitalgebundene Kosten	€/a	749	1.135	1.455	1.027	1.569	2.083	1.834	1.356	2.002	2.370	2.196
verbrauchsgebundene Kosten:												
Jahresbrennstoffbedarf		3.034 Liter	17,0 Rm	6,5 t	6.606 Liter	37,1 Rm	73,1 m ³	14,1 t	11.071 Liter	62,2 Rm	122,6 m ³	23,6 t
angelegter Brennstoffpreis ^g		0,55 €/l	60 €/Rm	220 €/t	0,55 €/l	60 €/Rm	69 €/t	220 €/t	0,55 €/l	60 €/Rm	69 €/t	220 €/t
Brennstoffkosten	€/a	1.669	1.326	1.420	3.633	2.888	1.553	3.092	6.089	4.840	2.602	5.182
angelegter Strompreis ^h	€/kWh	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16



Tabelle 9.3: Berechnungsbeispiele für die Wärmegestehungskosten in verschiedenen Kleinanlagen für verschiedene Versorgungssituationen (Berechnungen inkl. MwSt., Werte z. T. gerundet) (Forts.)

Kessel-Nennleistung:		15 kW	15 kW	15 kW	35 kW	35 kW	35 kW	35 kW	60 kW	60 kW	60 kW	60 kW
Brennstoff:		Heizöl	Scheitholz	Pellets	Heizöl	Scheitholz	Hackgut	Pellets	Heizöl	Scheitholz	Hackgut	Pellets
Stromkosten ^g	€/a	29	29	49	62	62	107	107	104	104	179	179
Summe verbrauchsgebundene Kosten	€/a	1.697	1.355	1.469	3.696	2.950	1.659	3.199	6.193	4.944	2.781	5.361
betriebsgebundene Kosten:												
Wartung/Instandsetzung Feuerung ⁱ	€/a	92	196	272	106	248	523	359	124	314	595	468
Wartung/Instandsetzung Peripherie ^h	€/a	83	97	114	124	146	97	136	171	188	110	144
Arbeitskosten Reinigung und Betrieb	€/a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emissionsmessungen	€/a	33	6	92	33	6	92	92	33	6	92	92
Schornsteinfegen etc. ^j	€/a	24	58	41	24	58	41	41	24	58	41	41
Summe betriebsgebundene Kosten	€/a	231	357	519	286	458	753	628	352	565	838	745
Summe jährliche Gesamtkosten	€/a	2.677	2.847	3.443	5.009	4.977	4.495	5.660	7.901	7.512	5.989	302
Kosten der Wärmebereitstellung	€/kWh	0,105	0,112	0,135	0,090	0,090	0,081	0,102	0,085	0,081	0,064	0,089

a. 1.500 h/a Vollbenutzungsdauer

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

c. Preise gemäß Kostenfunktionen in Abb. 9.3, Abb. 9.4 bzw. Abb. 9.5, abzüglich der in Kapitel 9.2 angegebenen Rabatte

d. Wärmespeichervolumen 100 l/kW (Scheitholz) bzw. 20 l/kW (Hackschnitzel und Pellets)

e. z. B. Pumpen, Verrohrung, Sicherheitseinrichtungen, Ausdehnungsgefäß, Rücklaufanhebung und Isolierung, Kosten gemäß Kostenfunktionen in Kapitel 9.2, abzüglich der angegebenen Rabatte, Montagekosten bei Heizöl; 20 % Abschlag gegenüber der entsprechenden Scheitholz bzw. Hackschnitzelfeuerung

f. bei einem Zinssatz von 6 % und einer Abschreibungsdauer über die technische Lebensdauer von 20 Jahren

g. Waldhackschnitzel bei $w = 35\%$

h. bei Heizöl- und Scheitholzkesseln: 0,7 % der therm. Arbeit, bei autom. beschickten Holzfeuerungen 1,2 %

i. 3 %/a vom Anschaffungspreis für Feuerungen; 1,5 %/a für Peripherie

j. inkl. Rauchrohrreinigung und Lüftung prüfen

n. b. = nicht berücksichtigt (Eigenleistung)

9 Mit Heizöl können Holzfeuerungen zum Teil heute schon konkurrieren, das zeigt Abb. 9.6. Kleinere Anlagen sind hier allerdings im Nachteil. Nicht in den Berechnungen berücksichtigt wurde der höhere Platzbedarf von Holzfeuerungen, der beim Neubau wegen der größeren Heiz- und Lagerräume mit höheren Investitionskosten zu Buche schlagen würde.

Im Vergleich zu Pelletanlagen sind Hackschnitzelfeuerungen bei gleicher Anlagenleistung durch etwas höhere Gesamtinvestitionskosten gekennzeichnet. Scheitholzfeuerungen liegen dagegen – trotz des hier mit 100 l/kW angesetzten großen Wärmespeichers – bei den Investitionskosten am günstigsten unter den Holzfeuerungen. Verglichen mit Heizölf Feuerungen ist

aber stets mit Mehrinvestitionen zwischen 50 und 100 % zu rechnen (Abb. 9.7).

Wegen der relativ hohen Investitionskosten kann generell festgehalten werden, dass sich die Wirtschaftlichkeit von Holzfeuerungen (verglichen mit Heizöl) mit steigender Anlagenleistung deutlich verbessert. Das liegt daran, dass auch der Anteil der Brennstoffkosten an den Gesamtkosten mit zunehmender Leistung (und zunehmendem Brennstoffverbrauch) steigt. In der Beispielrechnung der Tabelle 9.3 beträgt der Brennstoffkostenanteil für Heizöl bei der 15 kW-Anlage 62 % und steigt bei größerer Leistung auf 73 % (35 kW) bzw. 77 % (60 kW). Die kostengünstigeren Holzbrennstoffe können somit zunehmend zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beitragen.

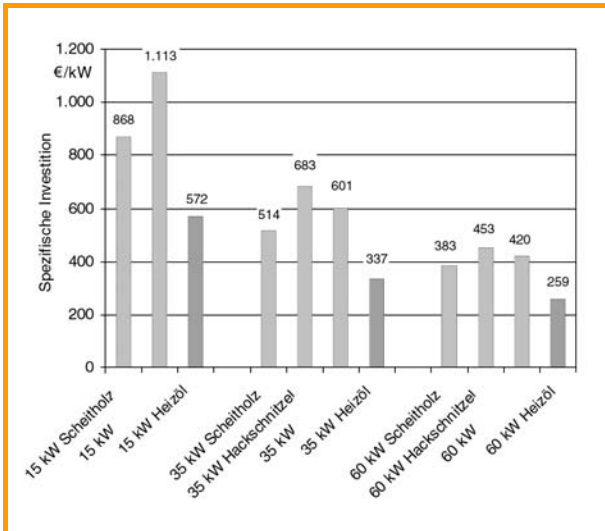


Abb. 9.6: Vergleich der spezifischen Investitionen von Pellet-, Scheitholz-, Hackschnitzel- und Heizölfeuerungen (vgl. Beispielrechnung in Tabelle 9.3)

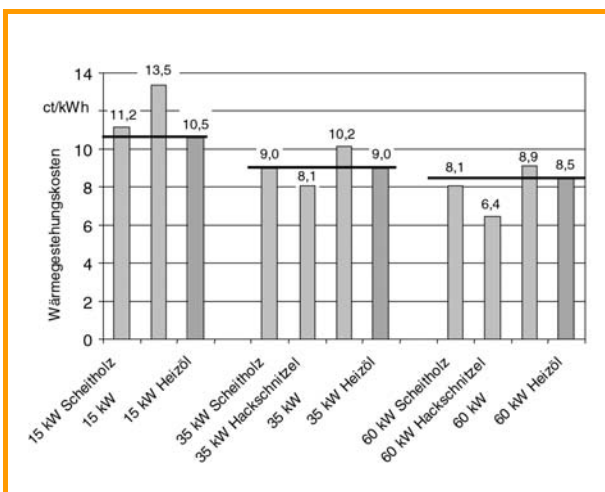


Abb. 9.7: Vergleich der Wärmegestehungskosten von Pellet-, Scheitholz-, Hackschnitzel- und Heizölfeuerungen (vgl. Beispielrechnung in Tabelle 9.3)

Bei Scheitholz und Hackschnitzeln sind hierbei im Einzelfall auch noch weitere Kostensenkungen möglich, wenn – wie in der Praxis vielfach üblich – die Arbeitsleistung bei ihrer Beschaffung nicht angesetzt wird (z. B. bei Selbstwerbung). In diesem Fall würde sich der Kostenabstand zur Wärmeerzeugung aus Pellets oder Heizöl weiter vergrößern, da die Marktpreise für diesen Brennstoff unbeeinflusst bleiben.

Trotz dieser in jüngster Zeit für die Biomasse günstigen Kostenentwicklung sollte jedoch nicht übersehen werden, dass Holzfeuerungen für den Betreiber mit verschiedenen nicht-monetären Nachteilen gegenüber Heizöl verbunden sind. Das betrifft vor allem den hohen Bedienungsaufwand bei Scheitholz- aber auch bei Hackschnitzelkesseln. Hierzu ist bei Scheitholz- aber auch bei Hackschnitzelkesseln das erforderliche Herantragen des Brennstoffs und im Winter die tägliche händische Beschickung 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 Wärmeverrates zur Feststellung des nächsten Beschickungszeitpunktes.

Derartige Komforteinbußen lassen sich nur schwer in einer Wärmegestehungskostenrechnung berücksichtigen. Daher wurde in Tabelle 9.3 auch auf einen Kostenansatz für die anfallende Arbeit verzichtet. Hinzu kommen weitere Hemmnisse, wie die großen erforderlichen Lagerräume (die hier als gegeben vorausgesetzt wurden), oder 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.

