

Rechtliche Anforderungen und Vorschriften § 8

8.1 Zulassung von Feuerungsanlagen

Maßgeblich für die generelle Verwendbarkeit von Bauprodukten wie Feuerungsanlagen sind in Deutschland die Landesbauordnungen und die Feuerungsverordnungen der Länder. Damit die darin festgelegten Regeln zwischen den Bundesländern möglichst wenig abweichen, wurde eine sogenannte „Musterbauordnung“ (MBO) erlassen /8-1/. Darin sind die für alle Bundesländer angestrebten Standards festgelegt, bevor sie in Länderverordnungen umgesetzt werden.

Ü-Zeichen und CE-Kennzeichnung. Nach § 11 der Energieeinsparverordnung (EnEV /8-6/) vom 2. Dezember 2004 dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und deren Nennwärmeleistung mindestens 4 und höchstens 400 Kilowatt beträgt nur dann eingebaut und aufgestellt werden, wenn sie mit dem europäischen Konformitätszeichen „CE-Kennzeichnung“ versehen sind. Da sich § 11 dieser Verordnung jedoch nicht auf Heizkessel bezieht, die mit festen Brennstoffen beschickt werden, müssen Festbrennstoffkessel gemäß § 17 der Musterbauordnung (MBO) vom November 2002 neben der genannten CE-Kennzeichnung auch das nationale Übereinstimmungszeichen „Ü-Zeichen“ tragen. Beide Zeichen dokumentieren, dass das Produkt mit den geltenden Richtlinien übereinstimmt. Im Gegensatz zu freiwilligen Zeichen handelt es sich bei der CE-Kennzeichnung bzw. beim Ü-Zeichen (Abb. 8.1) also um ein notwendiges Zeichen, welches für das Inverkehrbringen eines Heizkessels erforderlich ist.

Die Gestaltung und Anbringung des Ü-Zeichens ist in der Übereinstimmungszeichen-Verordnung (ÜZVO /8-29/) desjenigen Landes geregelt, in dem der Hersteller seinen Sitz hat. Das Ü-Zeichen muss die Daten des Herstellers, die Prüfgrundlage (bei Norm-



Abb. 8.1: Beispiele für ein Ü-Zeichen und ein CE-Zeichen

konformität die DIN/EN-Nummer, sonst die Zulassungsnummer) und die Prüfstelle nennen.

Das CE-Zeichen darf auf Produkten angebracht werden, die einer in nationales Recht umgesetzten EG-Richtlinie entsprechen und zusätzlich die wesentlichen Anforderungen mitgeltender EG-Richtlinien erfüllen. Das CE-Zeichen ist nur ein Verwaltungszeichen (kein Qualitätszeichen) und hat als Marktzulassungszeichen den Charakter eines Reisepasses /8-32/.

Für die Zulassung von Feuerungsanlagen sind vor allem die Maschinenrichtlinie, die Richtlinie über elektromagnetische Verträglichkeit und die Niederspannungsrichtlinie von Bedeutung. Gemäß dieser Richtlinien ist eine EG-Konformitätserklärung erforderlich. Diese wird vom Hersteller selbst ausgestellt. Er ist außerdem verpflichtet, das CE-Zeichen als sichtbares Zeichen der Konformität auf dem Produkt anzubringen. Die Konformitätserklärung ist in der Sprache des Verwendungslandes auszustellen und beinhaltet Name und Anschrift des Herstellers, eine Beschreibung des Produktes (Fabrikat, Typ, Seriennummer etc.) und alle einschlägigen Bestimmungen, denen das Produkt entspricht (bei Heizkesseln für feste Brennstoffe unter anderen der DIN EN 303-5 /8-19/).

Freiwillige Zeichen. Anbieter oder Hersteller, die sich einer freiwilligen Prüfung ihrer Feuerungsanlage un-

terzogen haben (z. B. nach DIN EN 303-5) können dadurch oftmals ein spezielles Prüfkennzeichen der betreffenden Prüfstelle oder Zertifizierungseinrichtung führen. Derartige Prüfzeichen werden von verschiedenen Prüfeinrichtungen (z. B. TÜV, DIN CERTCO, Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg) vergeben. Oftmals wird darin lediglich die Übereinstimmung mit den Anforderungen der jeweiligen Norm noch einmal von unabhängiger Stelle festgestellt. Es ist aber auch möglich, dass die Einhaltung weitergehender Anforderungen, die im Rahmen eines zusätzlichen Anforderungskatalogs festgelegt wurden, durch ein solches Zeichen bestätigt wird. Auch für Holzfeuerungsanlagen gibt es bereits entsprechende Gütesiegel wie z. B. das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Pelletöfen und Pelletheizkessel, das den Verbraucher auf Feuerstätten mit besonders umweltfreundlichen Eigenschaften aufmerksam machen soll.

Relevante Normen. Für Feststofffeuerungen gelten eine Vielzahl von Normen aus dem Bereich der Feuerungs- oder Kesselprüfung, elektrischen Sicherheit sowie der Regel- und Steuertechnik /8-34/. Für die Prüfungen werden beispielsweise folgende Normen herangezogen:

- DIN EN 303-5 /8-19/, Heizkessel für feste Brennstoffe, hand- und automatisch beschickte Feuerungen, Nenn-Wärmeleistung bis 300 kW,
- DIN 18894 /8-20/, Feuerstätten für feste Brennstoffe – Pelletöfen,
- DIN EN 13240 /8-21/, Raumheizer für feste Brennstoffe,
- DIN EN 14785 /8-22/, Raumheizer zur Verfeuerung von Holzpellets,
- EN 12815 /8-23/, Herde für feste Brennstoffe,
- DIN EN 13229 /8-24/, Kamineinsätze einschließlich offene Kamine für feste Brennstoffe,
- DIN 18892 /8-25/, Kachelofen- und/oder Putzofen-Heizeinsätze für feste Brennstoffe,
- DIN 18840 /8-26/, Feuerstätten für feste Brennstoffe – Speicherfeuerstätten,
- DIN 18897-1 /8-28/, Feuerstätten für feste Brennstoffe – Raumluftunabhängige Feuerstätten.

Auf Grund der großen Anzahl an Normen können diese hier nicht erschöpfend erläutert werden. Nachfolgend werden lediglich einige Ausführungen zu der für Heizkessel wichtigsten Norm, der DIN EN 303-5 /8-19/ gemacht. Diese Norm gilt für Holz-Zentralheizungskessel im kleineren Leistungsbereich und legt

einen inzwischen europaweit einheitlichen Anforderungs- und Prüfstandard fest.

DIN EN 303-5 (Heizkessel). Sie betrifft alle Holzfeuerungskessel mit einer Nennwärmeleistung bis 300 kW, die mit Über- oder Unterdruck im Brennraum, mit Naturzug oder Gebläse und mit Handbeschickung oder automatischer Beschickung arbeiten, wobei als Wärmeträgermedium Wasser verwendet wird, welches einem zulässigen Betriebsdruck bis 6 bar und einer zulässigen Betriebstemperatur bis 100 °C ausgesetzt ist. Als Prüfbrennstoffe kommen unter anderem Stückholz mit einem Wassergehalt bis 25 % (Brennstoffart A), Hackgut mit einem Wassergehalt zwischen 15 % und 35 % (B1) oder Hackgut mit einem Wassergehalt von mehr als 35 % (B2), Presslinge wie Briketts oder Pellets (C) oder Sägespäne (D) in Frage.

Bei der heiztechnischen Prüfung gelten bestimmte einheitliche Prüfvorschriften und Messverfahren, die eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Messwerte sicherstellen sollen. Durch die heiztechnische Prüfung muss die Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen für drei verschiedene in der Norm definierte Kesselklassen nachgewiesen werden.

Beispielsweise muss der Kesselwirkungsgrad für Kessel der Klasse 3 (nur solche Kessel entsprechen in Deutschland den Anforderungen der 1. BImSchV) einen Mindestwert überschreiten, der sich aus Gleichung (8-1) ergibt, wobei η_K den Kesselwirkungsgrad in % und Q_N die Nennwärmeleistung in kW darstellen.

$$\eta_K = 67 + 6 \log Q_N \quad (8-1)$$

Tabelle 8.1: Emissionsgrenzwerte für Heizkessel der Klasse 3 für biogene Festbrennstoffe nach DIN EN 303-5 /8-19/ (Die Anforderungen wurden auf die in Deutschland üblichen Angaben bei 13 % O₂ umgerechnet)

Beschickung	Nenn-Wärmeleistung kW	Emissionsgrenzwerte mg/Nm ³ bei 13 % O ₂		
		CO	C _{org}	Staub
von Hand	bis 50	3.635	109	109
	> 50 bis 150	1.818	73	109
	> 150 bis 300	872	73	109
automatisch	bis 50	2.181	73	109
	> 50 bis 150	1.818	58	109
	> 150 bis 300	872	58	109

Bei einer Nennwärmeleistung von beispielsweise 25 kW wird somit ein Mindestwirkungsgrad von 75,4 % gefordert.

Daneben gelten bestimmte Emissionsgrenzwerte, sie sind in Tabelle 8.1 angegeben. Diese Emissionswerte werden von Holz-Heizkesseln bei entsprechenden Prüfungen nach DIN EN 303-5 meist deutlich unterschritten (vgl. hierzu Kapitel 7).

Unabhängig von der Norm sind in jedem Fall die nationalen Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Für Deutschland werden sie in Kapitel 8.6.2 dargestellt.

Neben diesen Emissions- und Wirkungsgradvorgaben wird für die meisten Heizkessel eine Mindesttemperatur der Abgase vor dem Eintritt in den Schornstein gefordert; dadurch soll eine Taupunktunterschreitung im Kaminsystem sicher vermieden werden. Gemäß DIN EN 303-5 muss diese Temperatur um mindestens 160 Kelvin über der Umgebungstemperatur (Raumtemperatur) liegen. Liegt die Raumtemperatur während der Prüfung beispielsweise bei 20 °C, beträgt die geforderte Mindestabgastemperatur demnach 180 °C. Eine Unterschreitung der Mindesttemperatur ist nur zulässig, wenn der Feuerungshersteller einen speziellen hierfür geeigneten Kamin-typ explizit vorschreibt.

Daneben sind eine Vielzahl weiterer sicherheitstechnischer und heiztechnischer Anforderungen der DIN EN 303-5 zu erfüllen. Diese betreffen unter anderem die Festigkeit und Verarbeitung (z. B. Werkstoffart, Mindestwanddicke, Ausführung der Schweißarbeiten, Fertigungskontrolle) und Anforderungen an die konstruktive Ausführung (z. B. Vermeidung einer kritischen Erwärmung, Vermeidung des Austritts von Glut, Flammen oder Gasen, Temperaturregelung und -begrenzung, Beschickungseinrichtungen, elektrische Sicherheit, Rückbrandsicherung).

Ebenso ist der maximal zulässige Förderdruck, d. h. der Überdruck am Abgasstutzen des Kessels, in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung oder nach Herstellerangabe einzuhalten. Bei handbeschickten Holzesseln muss eine Mindestbrenndauer von 2 Stunden für eine vom Hersteller angegebene Brennstofffüllung und bei automatisch beschickten Holzesseln von mindestens 6 Stunden im Heizbetrieb bei Volllast gewährleistet sein. Die kleinste Wärmeleistung darf bei automatisch beschickten Heizkesseln maximal 30 % der Nennwärmeleistung betragen, bei handbeschickten Heizkesseln ist eine deutlich höhere Teilleistung zulässig. In diesem Fall hat der Hersteller in den technischen Informationen anzugeben, wie die erzeugte Wärme abgeführt werden kann (z. B. in Verbindung mit einem Pufferspeicher).

Die DIN EN 303-5 schreibt auch vor, dass Heizkessel mit einem Typenschild versehen werden. Darauf müssen folgende Informationen mindestens enthalten sein:

- Name und Firmensitz des Herstellers, Herstellerzeichen,
- Typ (Handelsbezeichnung),
- Herstellnummer und Baujahr (Codierung zulässig),
- Nennwärmeleistung bzw. Wärmeleistungsbereich für jede zugelassene Brennstoffart,
- Kesselklasse (nach DIN EN 303-5 sind 3 Klassen möglich, in Deutschland ist nur die Klasse 3 zulässig),
- maximal zulässiger Betriebsdruck in bar,
- maximal zulässige Betriebstemperatur in °C,
- Wasserinhalt,
- Elektroanschluss (V, Hz, A), Leistungsaufnahme in W.

Außerdem wird eine Bedienungsanleitung verlangt, in der mindestens die folgenden Informationen enthalten sein müssen:

- Bedienung des Kessels, gefahrloses Beschicken, Öffnen der Türen,
- Reinigungsanweisung, Reinigungsintervalle,
- Verhalten bei Störungen,
- Wartung, Wartungsintervalle,
- Brennstoffarten, zulässige Wassergehalte, Brennstoffstückgröße, Schichtrichtung bei Scheitholz,
- Maximale Füllhöhe im Füllraum,
- Brenndauer für die zugelassenen Brennstoffarten bei Nennwärmeleistung.

Für den Installateur ist außerdem eine Montageanleitung mit bestimmten technischen Informationen vorgeschrieben. Zusätzlich können noch Angaben aus anderen Normanforderungen notwendig sein.

8.2 Anforderungen an den Wärmeschutz und an die Anlagentechnik

Die wichtigste Energiesparvorschrift für Gebäude und Heizung ist die am 1. Februar 2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung (EnEV /8-9/); sie löst die frühere Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung ab. Wesentliches Ziel der EnEV ist es, den Energiebedarf bei Neubauten um durchschnittlich weitere 30 % auf den sog. Niedrigenergiehaus-Standard abzusenken. Sie erhält aber auch Nachrüstanforderungen an den Baubestand.

Anders als die Wärmeschutzverordnung, die auf den Heizwärmebedarf abgestellt war, gibt die EnEV –

auf der Grundlage einer Gesamtbilanzierung der Gebäudehülle und Anlagentechnik – als Hauptanforderung den höchstzulässigen Jahres-Primärenergiebedarf vor. Dieser ganzheitliche Ansatz ermöglicht auch eine flexiblere Planung, denn ein niedrigerer Standard beim baulichen Wärmeschutz kann durch eine effizientere Anlagentechnik ausgeglichen werden – oder umgekehrt. Ein baulicher Mindestwärmeschutz muss dabei allerdings immer eingehalten werden, er ist in seinem Niveau mit den Anforderungen der alten Wärmeschutzverordnung vergleichbar /8-15/.

8.2.1 Anforderungen bei Altbauten

Die EnEV unterscheidet bei Nachrüstungen im Bauzustand unter „bedingten“ und „unbedingten“ Anforderungen.

„Bedingte“ Anforderungen müssen erst durchgeführt werden, wenn bestehende Gebäude erweitert oder wenn Außenbauteile ersetzt, erneuert oder erstmalig eingebaut werden. Hierunter fallen z. B. der Einbau einer nachträglichen Dämmung der Außenwände und des Daches sowie der Austausch von Fenstern. Diese Anforderungen sind wirtschaftlich vertretbar, da auch bei einer Sanierung der Bauteile Kosten anfallen würden.

„Unbedingte“ Nachrüstanforderungen sind auch im unveränderten Gebäudebestand erforderlich. Dazu zählen im Wesentlichen die Dämmung nicht begehbare aber zugänglicher Dachräume oder die Dämmung von nicht gedämmten Heizungsrohren oder Warmwasserleitungen bis Ende 2006. Weiterhin müssen alte Heizkessel für Öl oder Gas mit Einbaudatum vor Oktober 1978 ebenfalls bis Ende 2006 ausgetauscht werden. Diese Frist verlängert sich bis Ende 2008 bei Heizkesseln, die die Abgasverlustgrenzwerte einhalten oder deren Brenner nach dem 1. November 1996 erneuert wurden. Sind allerdings bereits Niedertemperatur- oder Brennwertkessel vorhanden, ist ein Austausch nach der EnEV nicht erforderlich.

Die EnEV lässt Ausnahmen zu: Eigentümer von Wohngebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen, von denen zum Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Verordnung (1. Februar 2002) eine vom Eigentümer selbst bewohnt wird, sind von den genannten „unbedingten“ Nachrüstanforderungen freigestellt. Nur im Falle eines Eigentümerwechsels muss mit einer Frist von zusätzlich zwei Jahren ab dem Eigentumsübergang, frühestens jedoch nach Ablauf der o. g. Frist Ende 2006 nachgerüstet werden /8-15/.

8.2.2 Anforderungen bei Neubauten

Neubauten müssen die Anforderungen der EnEV erfüllen und dürfen den maximalen Jahres-Primärenergiebedarf sowie den maximalen Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV /8-9/ nicht überschreiten. Somit ist sowohl der Jahres-Primärenergiebedarf als auch der Transmissionswärmeverlust gebäudespezifisch zu berechnen und die wesentlichen Berechnungsergebnisse müssen in einem „Energiebedarfsausweis“ zusammengestellt werden. Im Unterschied zum alten Wärmebedarfsausweis werden nunmehr neben den gebäudespezifischen Daten auch die Kennwerte der Heizungsanlagen mit erfasst. Bei Neubauten und wesentlichen baulichen Änderungen ist der Energiebedarfsausweis Pflicht, bei Altbauten freiwillig. Die Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs gilt jedoch nicht für Gebäude, die zu mindestens 70 % durch Kraft-Wärme-Kopplung, durch erneuerbare Energien mittels selbsttätig arbeitender Wärmeerzeuger oder überwiegend durch Einzelfeuerstätten beheizt werden /8-15/. Diese Gebäude dürfen lediglich den in der EnEV (§ 3 sowie Anhang 1, Tabelle 1) vorgegebenen Höchstwert des Transmissionswärmeverlustes nicht überschreiten.

Die Bestimmung des Primärenergiebedarfs erfolgt durch Addition des Heizwärmebedarfs mit dem Trinkwasserwärmebedarf multipliziert mit einer so genannten Anlagenaufwandszahl e_p , wobei die Ermittlung von e_p in einem komplizierten Berechnungsverfahren nach DIN V 4701-10 /8-27/ erfolgt. Durch den Einsatz von biogenen Brennstoffen wie z. B. Holz lassen sich die Anforderungen der EnEV leichter einhalten als bei Einsatz von fossilen Energieträgern, da der Primärenergiefaktor f_p bei Holz mit dem besonders günstigen Wert 0,2 beziffert ist und dieser Wert multiplikativ zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl e_p mit einfließt /8-27/.

8.3 Bauliche Anforderungen

Die Regeln für den Einbau einer Feststofffeuerung sind in der jeweiligen Länder-Feuerungsverordnung festgelegt. Diese folgt einer „Musterfeuerungsverordnung“ /8-12/ die einen möglichst einheitlichen Standard aller Länder-Feuerungsverordnungen in Deutschland sicherstellt. Geringe Abweichungen zu den im Folgenden dargestellten Anforderungen zwischen den Bundesländern sind möglich, daher empfiehlt sich in jedem Fall eine rechtzeitige Abstimmung mit dem zuständigen Kaminkehrer.

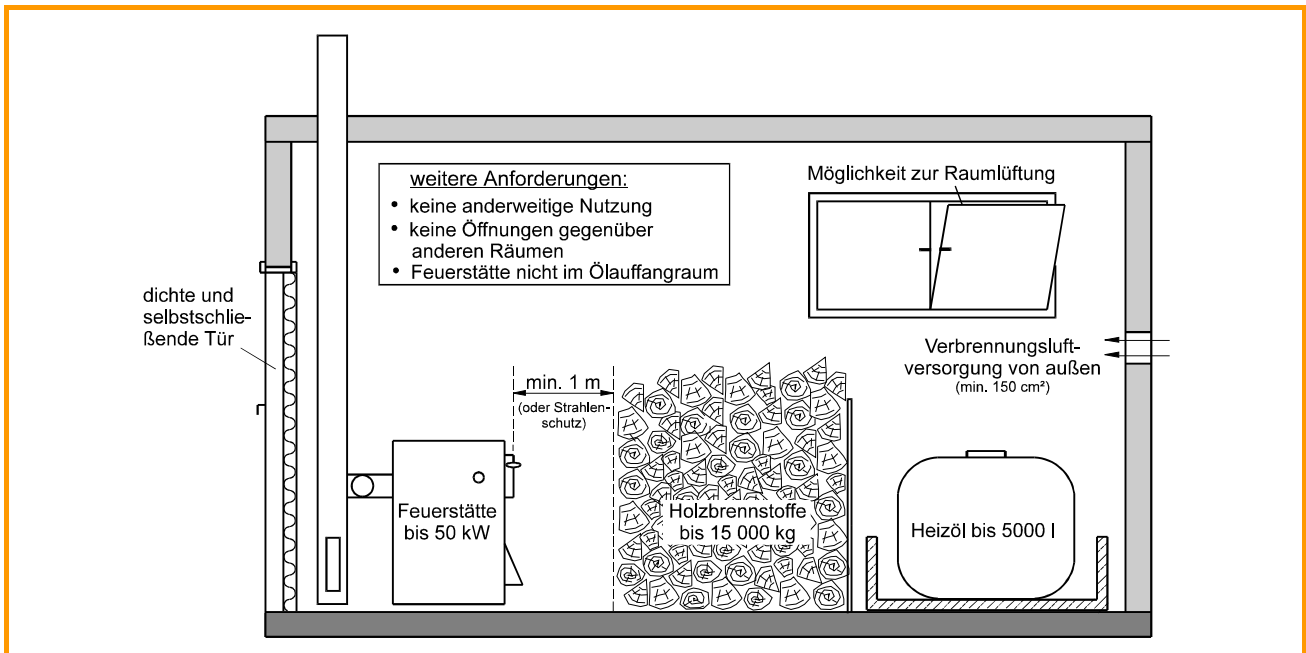


Abb. 8.2: Anforderung und Lagerung eines Aufstellraums für eine Holzfeuerstätte bis 50 kW Nennwärmeleistung (nach FeuV /8-12/)

8.3.1 Verbrennungsluftversorgung

Bei raumluftabhängigen Feuerstätten, d. h. Feuerungen, die nicht über einen geschlossenen Luftkanal mit der Außenluft verbunden sind (gilt für fast alle Holzfeuerungen), ist eine ausreichende Verbrennungsluftversorgung sicherzustellen. Diese Forderung ist erfüllt, wenn sich eine Tür ins Freie oder ein Fenster, das geöffnet werden kann, im Aufstellraum befindet oder dessen Rauminhalt bei mindestens 4 m^3 je kW Gesamtnennwärmeleistung liegt, wobei – bis zu einer Gesamtnennwärmeleistung von 35 kW – auch eine Verbindung zu anderen Räumen mit Außenluftzutritt ausreicht (d. h. über Undichtigkeiten der Türen, Lüftungsgitter oder Durchlasselemente). Für Feuerstätten über 35 kW bis 50 kW werden dagegen eine oder zwei ins Freie führende Öffnungen oder eine entsprechende Leitung mit mindestens 150 cm^2 bzw. $2 \times 75 \text{ cm}^2$ gefordert. Bei Feuerungen über 50 kW erhöht sich der geforderte Lüftungsquerschnitt um 2 cm^2 für jedes zusätzliche Kilowatt Nennwärmeleistung (Belüftungsanforderung nach FeuV § 3 /8-12/).

8.3.2 Aufstellort der Feuerung und dessen Nutzung als Brennstofflager

Aufstellort von Holzfeuerungen bis 50 kW. Für Einzelfeuerstätten und kleinere Zentralheizungsanlagen werden zum Teil geringere Anforderungen an den

Aufstellort definiert. Sie sind in Abb. 8.2 dargestellt und werden nachfolgend zusammengestellt (vgl. hierzu auch Tabelle 8.2).

- Feuerstätten dürfen nicht in Treppenträumen (außer in Wohngebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen), in notwendigen Fluren und in Garagen aufgestellt werden.
- In Räumen mit Ventilatoren, wie Lüftungs- oder Warmluftheizungsanlagen, Dunstabzugshauben oder Abluft-Wäschetrocknern dürfen Feuerstätten nur unter bestimmten Bedingungen aufgestellt werden, nämlich wenn ein gleichzeitiger Betrieb der Feuerstätten und der luftabsaugenden Anlagen durch Sicherheitseinrichtungen verhindert wird, die Abgasführung durch besondere Sicherheitseinrichtungen überwacht wird.
- Die Feuerstätten müssen von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen und von Einbaumöbeln so weit entfernt oder so abgeschirmt sein, dass an diesen bei Nennwärmeleistung der Feuerstätten keine höheren Temperaturen als 85 °C auftreten können. Andernfalls muss ein Abstand von mindestens 40 cm eingehalten werden.
- Vor den Feuerungsöffnungen sind Fußböden aus brennbaren Baustoffen durch einen Belag aus nichtbrennbaren Baustoffen zu schützen. Der Belag muss sich nach vorn auf mindestens 50 cm und seitlich auf mindestens 30 cm über die Feuerungsöffnung hinaus erstrecken.

Tabelle 8.2: Wegweiser zu den wichtigsten Anforderungen der Feuerungsverordnung (FeuV /8-12/) an den baulichen Raum eines Aufstell- oder Heizraumes für Feststofffeuerungen je nach Feuerung und Lagerraumnutzung

Nutzungsart	zulässige Varianten einer kombinierten Heizraum-/Brennstofflagerraum-Nutzung								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
nur Lager bis 15.000 kg (Holz)	X		X	X	X	X	X	X	X
nur Lager über 15.000 kg (Holz)		X							
zusätzlich bis 1.000 l Heizöllagerung			X		X				
zusätzlich bis 5.000 l Heizöllagerung				X		X	X ^a	X ^a	X
Feuerstätte für Holz bis 50 kW					X	X		X	
Feuerstätte für Holz über 50 kW									X
Feuerstätte für Öl oder Gas über 50 kW							X ^a	X ^a	
<i>Anforderungen gemäß Feuerschutzverordnung (FeuV):</i>									
keine Anforderungen an Wände, Decken, Türen und Nutzung	X		X		X				
Raum muss gelüftet werden können				X		X	X	X	X
Verbrennungsluftversorgung nach FeuV § 3					X	X	X	X	X
Raumlüftungsanforderungen nach FeuV § 6, (4)									X
dichte und selbstschließende Türen				X		X	X	X	
keine Öffnungen gegenüber anderen Räumen				X		X	X	X	
keine anderweitige Nutzung		X		X ^b		X ^b	X ^b	X ^b	X ^b
keine Leitungen durch die Wände		X							
Wände, Decken u. Stützen feuerbeständig (F90)		X							X
Türen selbstschließend und feuerhemmend (F30)		X							X
Türen öffnen in Fluchtrichtung									X
Abstand Feuerstätte zum Brennstofflager: 1 m (oder Strahlenschutz)					X	X	X	X	X
Feuerstätte nicht im Ölauffangraum							X	X	X

a. Werden im Heizungsraum (ab 50 kW) mehr als 1.000 l Heizöl gelagert, muss beim Notschalter für den Heizkessel eine Absperrvorrichtung für die Heizölzufuhr vorhanden sein.

b. außer zur Brennstofflagerung oder mit Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken und ortsfesten Verbrennungsmotoren

- Bauteile aus brennbaren Baustoffen müssen – soweit sie im Strahlungsbereich liegen – von den Feuerraumöffnungen offener Kamine nach oben und nach den Seiten einen Abstand von mindestens 80 cm haben. Bei Anordnung eines beiderseits belüfteten Strahlungsschutzes genügt ein Abstand von 40 cm.

Heizräume für Feststofffeuerungen (über 50 kW).

Ab einer Gesamt-Nennwärmeleistung von mehr als 50 kW sind für Holzfeuerungen besondere Räume (Heizräume) erforderlich, sofern es sich nicht um freistehende Gebäude handelt, die allein dem Betrieb der Feuerung und der Brennstofflagerung dienen (z. B. Kesselhäuser). Die für Holzfeuerungen geltenden Anforderungen an Heizräume werden nachfolgend zusammengestellt (vgl. hierzu auch Tabelle 8.2):

- Die Heizräume dürfen nicht anderweitig genutzt werden (außer mit Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken, ortsfesten Verbrennungsmotoren sowie zur Brennstofflagerung) und dürfen nicht mit Aufenthaltsräumen (außer für Betriebspersonal) oder mit Treppenträumen in unmittelbarer Verbindung stehen.
- Heizräume müssen mindestens einen Rauminhalt von 8 m³ und eine lichte Höhe von 2 m haben. Sie sollen einen Ausgang besitzen, der ins Freie oder in einen Flur führt, der die Anforderungen an notwendige Flure erfüllt. Die Türen müssen in Fluchtrichtung aufschlagen.
- Mit Ausnahme nichttragender Außenwände müssen Wände, Stützen und Decken über und unter ihnen feuerbeständig sein. Deren Öffnungen müssen, soweit sie nicht unmittelbar ins Freie führen,

mindestens feuerhemmende und selbstschließende Abschlüsse haben. Trennwände zwischen Heizräumen und den zum Betrieb der Feuerstätten gehörenden Räumen mit gleichen Merkmalen sind hiervon ausgenommen.

- Heizräume müssen zur Raumlüftung jeweils eine obere und eine untere Öffnung ins Freie mit einem Querschnitt von mindestens je 150 cm² oder Leitungen ins Freie mit strömungstechnisch äquivalenten Querschnitten haben (Belüftungsanforderung nach FeuV § 6, Abs.4).
- Lüftungsleitungen für Heizräume müssen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten haben, soweit sie durch andere nicht zum Betrieb der Feuerstätten gehörende Räume führen. Die Lüftungsleitungen dürfen mit anderen Lüftungsanlagen nicht verbunden sein und nicht der Lüftung anderer Räume dienen.

Brennstofflagerräume. Bis zu einer Menge von 15.000 kg dürfen Holzbrennstoffe in einem Gebäude oder Brandabschnitt ohne besondere Anforderungen an den Lagerraum bevorratet werden. Das entspricht einer Menge von etwa

- 34 Raummeter (Rm) Buchenscheitholz bzw. 49 Rm Fichtenscheitholz (33 cm Scheite, geschichtet, lufttrocken, Wassergehalt 15 %),
- 51 m³ Buchenhackgut bzw. 77 m³ Fichtenhackgut (jeweils lufttrocken, Wassergehalt 15 %),
- 25 m³ Holzpellets (Wassergehalt 8 %).

Im gleichen Lagerraum ist auch noch zusätzlich die Lagerung von bis zu 5.000 l Heizöl erlaubt. Das gilt auch für die Lagerung in Aufstell- oder Heizräumen (Tabelle 8.2). Bei größeren Brennstoffmengen müssen spezielle Brennstofflagerräume mit feuerbeständigen Wänden, Stützen und Decken (F 90) verwendet werden (FeuV § 12 /8-12/); durch deren Decken und Wände dürfen auch keine Leitungen geführt werden (ausgenommen Leitungen, die zum Betrieb dieser Räume erforderlich sind sowie Heizrohr-, Wasser- und Abwasserleitungen). Die Türen dieser speziellen Brennstofflagerräume (außer Türen ins Freie) müssen mindestens feuerhemmend und selbstschließend sein.

8.3.3 Abgasanlagen

Kamine. Im Gegensatz zu Gas oder Heizölfeuerungen, bei denen auch einfachere Abgasleitungen verwendet werden dürfen, müssen die Abgase aus Feststofffeuerungen in Kamine (Schornsteine) eingeleitet werden. Dabei dürfen mehrere Feuerstätten an einen

gemeinsamen Kamin nur unter bestimmten Bedingungen angeschlossen werden (FeuV § 7 /8-12/), und zwar wenn

- durch die Bemessung der lichten Querschnittsfläche, der Höhe und des Wärmedurchlasswiderstandes die einwandfreie Ableitung der Abgase für jeden Betriebszustand sichergestellt ist (Vermeidung von gefährlichen Überdrücken gegenüber Räumen),
- bei Ableitung der Abgase unter Überdruck (d. h. im Gebläsebetrieb) die Übertragung von Abgasen zwischen den Aufstellräumen ausgeschlossen ist und auch kein Austritt von Abgasen über andere nicht in Betrieb befindliche Feuerstätten stattfinden kann und
- die gemeinsame Abgasleitung aus nichtbrennbaren Baustoffen besteht oder eine Brandübertragung zwischen den Geschossen durch selbsttätige Absperrvorrichtungen oder andere Maßnahmen verhindert wird.

Gemeinsame Kaminbenutzung. Feuerstätten mit Gebläse und Feuerstätten ohne Gebläse sollen nicht an eine gemeinsame Abgasanlage angeschlossen werden, weil es beim gleichzeitigen Betrieb der Feuerstätten zu Beeinträchtigungen durch den Ventilatorbetrieb und zu negativen Effekten bei Winddruck in der Abgasanlage kommen kann. Wenn dennoch eine gemeinsame Schornsteinbenutzung vorgesehen ist (z. B. für mehrere Holzfeuerungen in Altbauten), und die Einhaltung der genannten Mindestvorschriften gewährleistet ist, gelten die Regeln nach DIN V 18 160 /8-18/:

- Der Abstand zwischen der Einführung des untersten und des obersten Verbindungsstückes sollte nicht mehr als 6,5 m sein.
- Die Abgasanlagen dürfen hinsichtlich Brennstoffart gemischt belegt werden (z. B. Öl- und Holzfeuerungen an einem gemeinsamen Kamin), wenn die Verbindungsstücke der Feuerstätten für feste oder flüssige Brennstoffe eine senkrechte Anlaufstrecke von mindestens 1 m Höhe unmittelbar hinter dem Abgasstutzen haben d. h., dass beispielsweise bei einem Kaminofen das Rauchrohr zum Teil noch senkrecht im Wohnraum geführt werden muss.
- Bei Feuerstätten für feste Brennstoffe (Holzfeuerungen) müssen der senkrechte Teil der Abgasanlage die Anforderung an Schornsteine und sämtliche Verbindungsstücke die Anforderungen für feste Brennstoffe erfüllen.

An mehrfach belegte Abgasanlagen sollen nicht angeschlossen werden:

Tabelle 8.3: Wegweiser zu den (Mindest-)Anforderungen an die Abgasanlage je nach Feuerung(en) (nach FeuV /8-12/, und DIN 18 160 /8-18/ und Merkblatt Landesinnungsverband für das Bayerische Kaminkehrerhandwerk /8-31/)

Nutzungsart der Abgasanlage	Varianten einer Kaminbelegung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Öl-/Gas-Feuerstätte (mit Gebläse)	X						X	X
Holzfeuerung im Naturzug ^a		X		X	X		X	
Holzfeuerung mit Gebläse ^b			X	X		X		X
zusätzliche Holzfeuerung im Naturzug ^{a, c}					X			
zusätzliche Holzfeuerung mit Gebläse ^{b, c}						X		
Mindestanforderung:								
Abgasleitung	X							
Einzelkamin (holzfeuerungstauglich)		X	X	X	X	X	X	X
zwei getrennte Kamine (z. B. doppelzünftig)						(X) ^d	(X) ^d	(X) ^d
gleichzeitiger Betrieb ist auszuschließen ^e				X		X	X	X
gleichzeitiger Betrieb ist ggf. möglich ^f					X ^f			

a. Einzelfeuerstätte ohne Gebläse (z. B. Kamin- oder Kachelofen) oder Scheitholzkessel im Naturzugbetrieb

b. z. B. Holz-Pelletofen, Gebläse-Scheitholzkessel, Hackschnitzel- und Pellet-Zentralheizungskessel

c. Die Zulässigkeit mehrerer Feuerungen ist individuell auf Grund von Berechnungen nach DIN EN 13384-2 /8-17/ festzustellen.

d. bei gleichzeitigem Betrieb

e. z. B. durch temperaturgesteuerte Kaminfreigabe. Ein gleichzeitiger Betrieb am Einzelkamin ist hier nur mit baurechtlicher Ausnahmegenehmigung sowie speziellem Sicherheitsgutachten oder Typenprüfung zulässig.

f. Die Betriebssicherheit der Anlage einschließlich schornsteintechnischer Belange muss nachgewiesen sein (siehe Fußnote e).

- Raumlufthängige Feuerstätten gemeinsam mit raumlufunabhängigen Feuerstätten, sofern sie nicht den Anforderungen nach DVGW-Merkblatt G 637 Teil 1: 1993 entsprechen.
- Feuerstätten mit Gebläse gemeinsam mit Feuerstätten ohne Gebläse.
- Feuerstätten mit Gebläse, soweit nicht alle Feuerstätten im selben Aufstellraum angeordnet sind oder soweit nicht alle Feuerstätten in derselben Bauart ausgeführt sind.
- Feuerstätten, die oberhalb des 5. Vollgeschosses angeordnet sind, soweit nicht alle Feuerstätten im selben Raum aufgestellt sind.
- Feuerstätten mit Abgastemperaturen über 400 °C.
- Offene Kamine nach DIN EN 13229.
- Kaminöfen nach DIN EN 13240.
- Feuerstätten in Aufstellräumen mit ständiger offener Verbindung zum Freien, z. B. mit Lüftungsöffnungen, ausgenommen Feuerstätten im selben Aufstellraum.

Um für Bayern eine einheitliche Auslegungsgrundlage für diese Sollvorgabe zu haben, hat das Bayerische Kaminkehrerhandwerk ein entsprechendes Merkblatt erlassen. Demnach kann nur unter Berücksichtigung von besonderen Randbedingungen ein Anschluss an eine gemeinsame Abgasanlage – beschränkt auf einen wechselseitigen Betrieb der Feuer-

stätten – in Betracht kommen. Diese Regelung gilt grundsätzlich nicht für Neubauten, dort sind Kamine in genügender Zahl einzuplanen und vorzusehen. Ein wechselseitiger Betrieb der Abgasanlage ist demnach unter Einhaltung der ohnehin geltenden baurechtlichen Vorgaben (FeuV /8-12/, DIN 18 160 /8-18/; DIN EN 13384-2 /8-17/ und der nachfolgenden Voraussetzungen vertretbar (Merkblatt Bayerisches Kaminkehrerhandwerk /8-31/):

- Die Regelung soll nur in Einfamilienhäusern ohne Einliegerwohnung Anwendung finden, damit die Gewähr gegeben ist, dass nur ein Betreiber die Feuerstätten bedient. Der Betreiber verpflichtet sich, den Einzelofen nicht zu beheizen, wenn der Heizkessel betrieben wird bzw. im umgekehrten Fall die Heizungsanlage nicht in Betrieb zu nehmen, wenn der Einzelofen beheizt wird.
- Die sichere Funktionsfähigkeit der Abgasanlage muss bei allen möglichen Betriebszuständen gegeben sein (Nachweismöglichkeit nach DIN EN 13384-1).
- Die Feuerstätten dürfen nicht in Räumen mit ständig offener Verbindung zum Freien aufgestellt werden. Die Heizleistung der Feuerstätte mit Gebläse, darf 35 kW nicht übersteigen.
- In der Nutzungseinheit der Feuerstätten dürfen sich keine Lüftungsanlagen befinden, die mit Hilfe

von Ventilatorunterstützung Luft aus den Räumlichkeiten absaugen.

- Zweckmäßigerweise wird am Rauchrohranschluss des Einzelofens eine Absperrvorrichtung gegen Ruß (Rußabsperrschieber) eingebaut, damit der Rauchrohranschluss am Kamin abgedichtet werden kann, wenn der Einzelofen nicht beheizt wird. Für den Rußabsperrschieber ist ein Prüfzeugnis gemäß Bauregelliste A, Teil 2, erforderlich.
- Die Verbrennungsluftklappe der nicht betriebenen Feuerstätte soll sich im geschlossenen Zustand befinden.

Durch die gemeinsame Nutzung der Abgasanlage kann es zu Geräuschübertragungen und Geruchsbelästigungen im Wohnbereich kommen. Bei einem erhöhten Rußanfall in der Abgasanlage steigt die Gefahr des Ausstaubens an den Rauchrohranschlüssen. In Neubauten ist daher für eine kombinierte Nutzung verschiedener Feuerungen stets der Einbau eines mehrzügigen Kamins zu empfehlen (vgl. Tabelle 8.3).

Ein gleichzeitiger Betrieb von Feuerungen, die an einem gemeinsamen Kamin angeschlossen sind, ist dagegen nur unter besonderen Bedingungen zulässig. Hierzu bedarf es eines Berechnungsverfahrens nach DIN EN 13384-2 /8-17/ für die jeweilige Anlagenkombination.

Auch für den abwechselnden (d. h. nicht gleichzeitigen) Betrieb an einem gemeinsamen Kamin werden in der Praxis wie bereits am Beispiel des Merkblatts des Bayerischen Kaminkehrerhandwerks beschrieben, meist spezielle Absperr- oder Sicherheitseinrichtungen (Rauchrohrschieber) gefordert, die verhindern, dass Abgase über die zweite bzw. dritte nicht in Betrieb befindliche Feuerung in Wohn- oder Aufstellräume gelangen können. Das entsprechende Merkblatt wird am Heizkessel angebracht, damit der Betreiber an die Einhaltung der im Merkblatt genannten Bedingungen erinnert wird.

In der Praxis bedeutet diese Regelung beispielsweise, dass ein Kaminofen, der zusammen mit einem Heizkessel an einen gemeinsamen Kamin angeschlossen ist, nur in der Übergangszeit betrieben werden darf, und auch nur dann, wenn der Heizkessel nicht gleichzeitig zur Brauchwassererwärmung verwendet wird. In solchen Fällen erfolgt die Brauchwassererwärmung nur zu bestimmten Tageszeiten (z. B. nur in den Morgenstunden bei ruhendem Kaminofenbetrieb), oder es ist eine solarthermische Brauchwasserbereitung vorhanden. Vor Baubeginn bzw. vor Erneuerung der Feuerungsanlage ist es daher auf jeden Fall ratsam, den zuständigen Bezirkskaminkehrer

zu kontaktieren und die geplanten Maßnahmen bereits im Vorfeld abzustimmen.

Anforderungen an Kamine. Im Unterschied zu Abgasleitungen müssen die für Holzfeuerungen geforderten Kamine (nach FeuV § 7 /8-12/)

- gegen Rußbrände beständig sein (d. h. sie müssen auch für das gelegentlich erforderliche gezielte Ausbrennen von Teer- und Rußablagerungen geeignet sein, vgl. Kapitel 8.4),
- in Gebäuden, in denen sie Geschosse überbrücken, eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten haben (F 90),
- unmittelbar auf dem Baugrund gegründet oder auf einem feuerbeständigen Unterbau errichtet sein (es genügt ein Unterbau aus nichtbrennbaren Baustoffen für Kamine in Gebäuden geringer Höhe, für Kamine die oberhalb der obersten Geschossdecke beginnen sowie für Kamine an Gebäuden),
- durchgehend sein; sie dürfen insbesondere nicht durch Decken unterbrochen sein, und
- für die Reinigung Öffnungen mit Kaminreinigungsverschlüssen haben.

Die Kamine müssen von Holzbalken einen Abstand von mindestens 2 cm, bei einschaliger Ausführung mindestens 5 cm haben. Bei sonstigen Bauteilen aus brennbaren Baustoffen beträgt der Mindestabstand 5 cm (außer bei Bauteilen mit geringer Fläche, wie z. B. Fußleisten oder Dachlatten). Zwischenräume in Decken- und Dachdurchführungen müssen mit nicht brennbaren Dämmstoffen ausgefüllt sein (z. B. Mineralwolle, Gasbeton). Verbindungsstücke zu Kaminen (z. B. das Rauchrohr eines Kaminofens im Wohnraum) müssen von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen einen Abstand von mindestens 40 cm einhalten. Es genügt ein Abstand von mindestens 10 cm, wenn die Verbindungsstücke mindestens 2 cm dick mit nicht brennbaren Dämmstoffen ummantelt sind. Wenn diese Verbindungsstücke zu Kaminen durch Bauteile aus brennbaren Baustoffen führen (z. B. durch Holzdecken), sind sie in einem Schutzrohr aus nichtbrennbaren Baustoffen (z. B. Stahl) mit einem Abstand von mindestens 20 cm zu führen oder in einem Umkreis von mindestens 20 cm mit nicht brennbaren Dämmstoffen zu ummanteln. Das führt beispielsweise dazu, dass für ein Verbindungsstück mit 15 cm Durchmesser eine Aussparung von 55 cm benötigt wird. Ausnahmen von diesen Regeln (z. B. geringere Abstände) sind nur zulässig, wenn sichergestellt ist, dass kein brennbarer Baustoff sich auf über 85 °C aufheizen kann (bei Nennwärmeleistung der Feuerstätte).

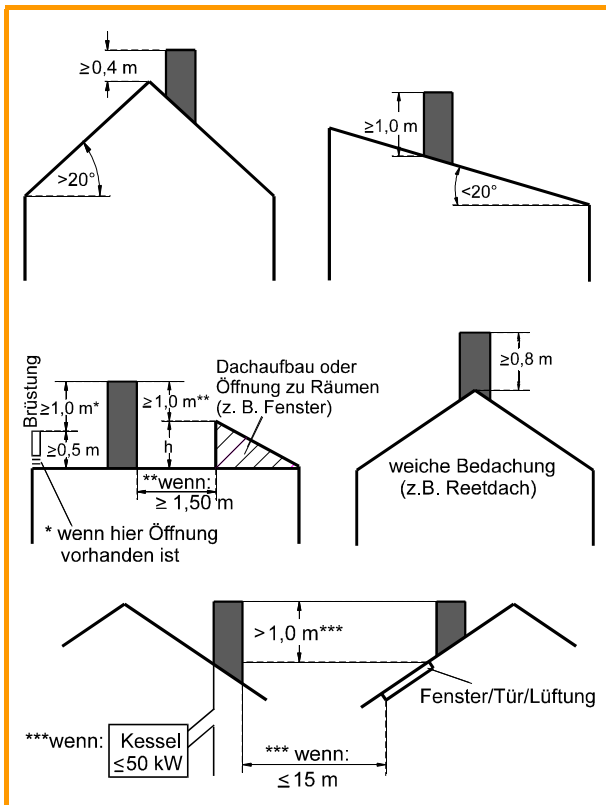


Abb. 8.3: Höhe und Abstände von Schornsteinmündungen (nach /8-18/, /8-12/). Unteres Bild: Anforderung gilt nur in Bayern

Für die Höhe der Mündungen von Kaminen gelten bestimmte Anforderungen, die auch in Abb. 8.3 zusammengefasst sind:

- Bei Dachneigungen bis einschließlich 20 Grad gilt eine Mindesthöhe von 1 m über der Dachfläche.
- Bei Dachneigungen von mehr als 20 Grad ist der First die Bezugsgröße, die Kaminmündung muss hier mindestens 40 cm höher sein.
- Bei Dachaufbauten, Öffnungen zu Räumen (z. B. Fenster) sowie ungeschützten Bauteilen aus brennbaren Baustoffen (ausgenommen Bedachungen) in einem Umkreis von 1,5 m müssen diese um mindestens 1 m überragt werden.
- Bei Feuerstätten für feste Brennstoffe in Gebäuden, die eine weiche Bedachung besitzen (z. B. Reetdächer) muss der Kamin im Bereich des Firstes angeordnet sein und diesen um mindestens 80 cm überragen.
- Speziell in Bayern gilt: Die Oberkanten von Lüftungsöffnungen, Fenstern oder Türen müssen um mindestens 1 m überragt werden, sofern sich diese in einem Umkreis von 15 m befinden (Abb. 8.3) und die Feststofffeuerung eine Gesamtnennwärmeleistung bis 50 kW besitzt. Der Umkreis vergrößert

sich um 2 m je weitere angefangene 50 kW bis auf höchstens 40 m.

Bei der Errichtung von Schornsteinen und beim Anschluss der Feuerung sind auch die in Kapitel 6.3 dargestellten technischen Grundlagen zu beachten.

8.4 Kaminkehrung

Nach dem Schornsteinfegergesetz /8-10/ sind Grund- oder Wohnungseigentümer verpflichtet, dem Bezirksschornsteinfegermeister neu installierte Feuerungen zu melden und Zutritt zu den kehr- und überwachungspflichtigen Anlagen zu gewähren. Die Häufigkeit der Kehrung ist in der jeweiligen Kehrordnung der Länder geregelt (z. B. /8-13/); die Einheitlichkeit dieser Verordnungen in Deutschland regelt eine Musterverordnung. Eine Übersicht über die Kkehrhäufigkeit von Holzfeuerungsanlagen bietet Tabelle 8.4.

Zusätzlich zur Kehrung werden die baurechtlich vorgeschriebenen Be- und Entlüftungseinrichtungen für den Aufstellraum der Feuerung (vgl. Kapitel 8.3.1) einmal jährlich überprüft. Außerdem kann es – je nach Ermessen des Kaminkehrers – erforderlich sein, dass die Kaminanlage ausgebrannt wird. Dies erfolgt dann, wenn sich die Verbrennungsrückstände (z. B. Glanzruß, Teerablagerungen) nicht mit den üblichen Kehrwerkzeugen entfernen lassen. Bei messpflichtigen Feuerungsanlagen wird außerdem eine einmalige oder eine jährlich wiederkehrende Emissionsmessung vom Bezirksschornsteinfegermeister durchgeführt (vgl. Kapitel 8.6.3).

Die für die Kehrung, Lüftungsprüfung, das Ausbrennen oder die Emissionsmessung anfallenden Gebühren richten sich nach der Gebührenordnung der Kaminkehrer /8-14/. Beispielsweise hängt die eigentliche Kehrgebühr von der Kaminhöhe und – bei vorhandenen Rauchrohren – auch von deren Länge, der Anzahl und dem Winkel der Richtungsänderungen sowie dem Rauchrohrdurchmesser ab.

8.5 Zulässige Brennstoffe und deren Einsatzbereich

Brennstoffgruppen. Biomasse-Festbrennstoffe werden auf Grund ihrer unterschiedlichen genehmigungsrechtlichen Beurteilung im Bundes-Immissionschutzgesetz verschiedenen Gruppen (Ziffern 3 bis 8) zugeordnet (nach § 3 (1) der 1. BImSchV /8-11/). Sie sind nachfolgend zusammengestellt:

- Ziffer 3: Torfbriketts, Brenntorf,

Tabelle 8.4: Häufigkeit der Kehrung von Schornsteinen für Holzfeuerungen (nach /8-13/)

Häufigkeit	Anlagenart bzw. Einsatzfall
4-mal jährlich	- Kamine für Feuerungen, die ganzjährig regelmäßig benutzt werden (d. h. nahezu tägliche Benutzung außer z. B. in Urlaubs- und Abwesenheitszeiten bzw. bei gewerblicher Nutzung an den arbeitsfreien Wochenenden). Zu den ganzjährig benutzten Anlagen zählen in der Regel die Scheitholzkessel, jedoch nicht die jährlich überwachten mechanisch beschickten Anlagen (hier nur 2-malige Kehrung).
3-mal jährlich	- Kamine für feste und flüssige Brennstoffe, die nur in der üblichen Heizperiode (ca. 1. Oktober bis 30. Juni) benutzt werden (ohne Unterscheidung zwischen privater oder gewerblicher Nutzung)
2-mal jährlich	- Holzfeuerungen, die jährlich überwacht werden (z. B. Holzhackschnitzelfeuerungen > 15 kW, vgl. Kapitel 8.6.3) - Kamine, die nur zeitweise benutzt werden, d. h. zum Beispiel als Zusatzheizung, die in den Übergangszeiten (Frühjahr/Herbst) auch regelmäßig im Einsatz ist (z. B. Einzelfeuerstätten) oder Anlagen in regelmäßig benutzten Wochenend- und Gartenhäusern ^a
1-mal jährlich	- Kamine, die nur selten benutzt werden (d. h. eine anderweitige Vollbeheizung wird vorausgesetzt, oder es handelt sich um Anlagen in Schlafräumen, Wochenend- oder Gartenhäusern, die nur in Ferienzeiten genutzt werden). Eine seltene Benutzung ist in der Regel auch bei offenen Kaminen gegeben. - Rauchrohre von Zentralheizungsanlagen (d. h. frei in Räumen zum Kamin hin verlaufende Verbindungsstücke), wobei Warmluftheizungen, die mehrere Räume beheizen, hierbei nicht als Zentralheizungen gelten

a. Bei weniger als 45 Betriebstagen pro Jahr wird nur einmal gemessen, bei mehr als 90 Betriebstagen dreimal.

- Ziffer 3a: Grillholzkohle, Grillholzkohlebriketts,
- Ziffer 4: naturbelassenes stückiges Holz einschließlich anhaftender Rinde, beispielsweise in Form von Scheitholz, Hackschnitzel sowie Reisig oder Zapfen,
- Ziffer 5: naturbelassenes nicht stückiges Holz, beispielsweise in Form von Sägemehl, Spänen, Schleifstaub oder Rinde,
- Ziffer 5a: Presslinge aus naturbelassenem Holz in Form von Holzbriketts entsprechend DIN 51 731 /8-16/ (Ausgabe Mai 1993) oder vergleichbare Holzpellets oder andere Presslinge aus naturbelassenem Holz mit gleichwertiger Qualität,
- Ziffer 6: gestrichenes, lackiertes oder beschichtetes Holz sowie daraus anfallende Reste, soweit keine Holzschutzmittel aufgetragen oder enthalten sind und Beschichtungen nicht aus halogenorganischen Verbindungen bestehen,
- Ziffer 7: Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten oder sonst verleimtes Holz sowie daraus anfallende Reste, soweit keine Holzschutzmittel aufgetragen oder enthalten sind und Beschichtungen nicht aus halogenorganischen Verbindungen bestehen,
- Ziffer 8: Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe.

Grundsätzlich können die genannten Brennstoffe auch in brikettierter oder pelletierter Form verwendet werden. Bei der Herstellung solcher Presslinge dürfen allerdings keine Bindemittel verwendet werden; als Ausnahmen sind lediglich Bindemittel aus Stärke, pflanzlichem Paraffin oder Melasse zugelassen (§ 3 (4) 1.BImSchV). Die unter Ziffer 5 genannten Holzpresslinge nach DIN 51 731 /8-16/ dürfen allerdings solche Bindemittel nicht enthalten. Allerdings werden in

Deutschland zur Zeit noch viele Holzpellets aus Österreich verkauft, bei deren Herstellung die nach ÖNORM M 7135 /8-33/ maximal zulässige Menge an Bindemitteln (z. B. Mais- oder Kartoffelstärke) von 2 % zugesetzt werden darf.

Nicht näher definiert ist der Begriff „strohähnlich“ (Ziffer 8). Gemäß der Interpretation der zuständigen Behörden handelt es sich hierbei um Energiepflanzen wie z. B. Schilf, Elefantengras, Heu oder Maisspindeln /8-35/. Getreidekörner fallen demnach nicht unter die Brennstoffziffer 8, das Gleiche gilt auch für tierisches Einstreumaterial.

Einsetzbarkeit und Genehmigungspflicht. Für die Brennstoffe der Ziffern 3 bis 8 sind unterschiedliche Einsatzbereiche und Genehmigungsvorschriften zu beachten. Sie werden nachfolgend zusammengefasst.

Naturbelassene Holzbrennstoffe (Ziffer 4, 5 und 5a). Holzfeuerungen (für naturbelassene Holzbrennstoffe) mit weniger als 1.000 kW Nennwärmeleistung können ohne emissionsschutzrechtliche Genehmigung errichtet werden. Als naturbelassen gilt „Holz, das ausschließlich mechanischer Bearbeitung ausgesetzt war und bei seiner Verwendung nicht mehr als nur unerheblich mit Schadstoffen kontaminiert wurde“ (§ 2 1. BImSchV /8-11/). Neben den forstlichen Ernterückständen oder den Nebenprodukten der Sägeindustrie können naturbelassene Holzbrennstoffe auch aus Gebrauchtholz (Alt- oder Recyclingholz) stammen; für den Einsatz in nicht genehmigungspflichtigen Kleinanlagen kann hier allerdings der Nachweis

der Unbedenklichkeit gefordert werden (Altholzverordnung /8-7/).

Nicht-naturbelassene Holzbrennstoffe (Ziffer 6 und 7). Zu den nicht-naturbelassenen Brennstoffen mit Einsatzmöglichkeit im Kleinanlagenbereich (unter 1.000 kW) zählen Schreinereiabfälle und Reste aus der Verarbeitung von Holzwerkstoffen, die aber nicht mit halogenorganischen Verbindungen verunreinigt sein dürfen. Ihr Einsatz ist nach § 6 der 1.BImSchV /8-11/ nur zulässig in Anlagen ab 50 kW Nennwärmeleistung, und es muss sich dabei – sofern die Leistung unter 1.000 kW liegt – um Anlagen der Holzbe- und -verarbeitenden Betriebe handeln (vgl. auch Tabelle 8.6).

Stroh (Ziffer 8). Bei Stroh oder strohähnlichen Brennstoffen der Ziffer 8 (z. B. Heu, Miscanthus) setzt die Genehmigungspflicht gemäß 4. BImSchV (Sp. 2 Abs. 1.3) bereits bei 100 kW Feuerungswärmeleistung ein (vgl. auch Tabelle 8.5). Bis 1.000 kW wird hierfür noch das sogenannte „vereinfachte“ Verfahren angewendet, das heißt, dass bei Planung und Errichtung der Anlage auf eine öffentliche Auslegung zur Bürgerbeteiligung gemäß BImSchG § 10 verzichtet werden kann. In der Praxis stellt jedoch auch dieses vereinfachte Verfahren eine – verglichen mit Holzfeuerungen, die noch bis 1.000 kW genehmigungsfrei sind – relativ große Hürde dar. Sie führt dazu, dass Strohfeuerungen zwischen 100 und ca. 1.000 kW Leistung in Deutschland nahezu nicht vorkommen.

Körner (Getreide, Raps etc.). Die Zulässigkeit von Körnern in nicht-genehmigungspflichtigen Feuerungen ist nicht eindeutig geklärt. Zwar können sie im Gemisch mit Stroh (z. B. als Getreide-Ganzpflanzen) eingesetzt werden, da es sich hierbei um einen „strohähnlichen“ Brennstoff nach Ziffer 8 handelt. Bei alleiniger Verwendung von Körnern werden diese jedoch von den Genehmigungsbehörden meist nicht als strohähnlich angesehen.

Bei derartigen Brennstoffen besteht aber die Möglichkeit einer Ausnahmegenehmigung durch die zuständige Behörde (d. h. durch das Landratsamt bzw. die Kreisverwaltungsbehörde). Eine solche Ausnahme kann auf Antrag des Betreibers im Einzelfall auf Basis von § 20 der 1. BImSchV zugelassen werden, wenn die Anforderungen der 1. BImSchV wegen besonderer Umstände zu einer unbilligen Härte führen und schädliche Umwelteinwirkungen nicht zu befürchten sind /8-11/. Die Handhabung dieser Ausnahmegenehmigung ist Ländersache; neben dem Land Bayern haben bislang lediglich die Länder

Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg einheitliche Auflagen für solche Ausnahmegenehmigungen festgelegt. Sie sind nachfolgend am Beispiel Bayern zusammengestellt /8-5/:

- Getreideganzpflanzen oder Getreidekörner dürfen nur von Anbauflächen stammen, die mindestens 1 Jahr lang nicht mit chloridhaltigen Mineraldüngemitteln gedüngt wurden,
- Besondere Emissionsbegrenzungen, nachzuweisen durch nach Prüfzeugnissen (nach DIN EN 303-5):
 NO_x : 500 mg/Nm³ (13 % O₂)
 Staub: 75 mg/Nm³ (13 % O₂),
- Staub-Emissionsbegrenzungen bei wiederkehrenden Messungen (Kaminkehrer):
 bis 50 kW: 100 mg/Nm³ (13 % O₂)
 über 50 bis 100 kW: 75 mg/Nm³ (13 % O₂),
- CO-Emissionsbegrenzungen bei wiederkehrenden Messungen (Kaminkehrer):
 bis 50 kW: 1,0 g/Nm³ (13 % O₂)
 über 50 bis 100 kW: 0,5 g/Nm³ (13 % O₂),
- Einsatz nur in Betrieben der Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Agrargewerbe.

Neben den rechtlichen Bedenken ist der Einsatz von Körnern in Kleinanlagen auch mit erheblichen technischen Risiken verbunden, die meist auf den höheren Aschegehalt und die niedrigen Ascheerweichungstemperaturen zurückzuführen sind (vgl. Kapitel 6).

Mist aus der Tierhaltung. Hierbei handelt es sich z. B. um Pferdemit, der auf Basis von Sägemehl oder Stroh anfällt und gelegentlich bei der Entsorgung Probleme bereitet. Für derartiges Material gilt die gleiche Einschätzung wie für die oben genannten Körner. Auch hier ist ein legaler Einsatz als Brennstoff nur über die erwähnte Ausnahmegenehmigung nach § 20 der 1. BImSchV möglich. Einheitliche Auflagen der Länder existieren hier jedoch bislang noch nicht.

Altholz. Für das aus dem Recycling stammende Altholz (auch „Gebrauchtholz“) gelten zum Teil spezielle Regelungen. Nach der neuen Altholzverordnung wird es vier Altholzklassen zugeordnet /8-7/:

- Kategorie A I: naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde (entspricht Ziffer 4 und 5 der 1. BImSchV),
- Kategorie A II: verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel (entspricht Ziffer 6 und 7 der 1. BImSchV),

- Kategorie A III: Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel,
- Kategorie A IV: mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle sowie sonstiges Altholz, das auf Grund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.

Unbelastetes Altholz der Kategorie A I kann – da es mit den oben genannten Brennstoffen der Ziffern 4 und 5 der 1. BImSchV vergleichbar ist – auch in Kleinanlagen ohne Leistungsbegrenzung eingesetzt werden. Der Nutzer solchen Holzes muss dessen Unbedenklichkeit sicherstellen; das geschieht durch Sichtkontrolle und Sortierung. Bei den Gebrauchthölzern der Kategorie A I handelt es sich in der Regel um Europaletten, Einwegpaletten, Industriepaletten aus Vollholz sowie aus Vollholz hergestellte Transportkisten, Verschlüge, Obstkisten, Kabeltrommeln, Möbel und Kücheneinrichtungen. Hölzer der Kategorie A II können ebenfalls in Kleinanlagen eingesetzt werden, sofern es sich hierbei um Anlagen der Holzbe- oder -verarbeitung handelt. Alle übrigen Althölzer sind nur in genehmigungspflichtigen Anlagen über 100 kW Feuerungswärmeleistung erlaubt.

8.6 Anforderungen, Emissionsbegrenzungen und -überwachung

8.6.1 Anforderungen an den Anlagenbetrieb

Aus den Verordnungen zum Immissionsschutz und den dazugehörigen Erläuterungstexten lassen sich bestimmte generelle Anforderungen an die Anlagenausstattung und den Betrieb von Holzfeuerungen ableiten. Sie sind nachfolgend zusammengefasst.

Brennstofffeuchte. Die in handbeschickten Biomassefeuerungen eingesetzten Brennstoffe müssen in lufttrockenem Zustand sein (§ 3 (3) 1. BImSchV /8-11/). Unter günstigen Lagerbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass Scheitholz, das im Winter geschlagen und gespalten wurde, im Herbst nach einer Lagerdauer von neun Monaten schon ofenfertig getrocknet ist. Das zeigen mehrjährige Messungen im süddeutschen Klimaraum /8-30/. Voraussetzung hierzu ist allerdings die Wahl eines trockenen windigen Lagerortes mit ausreichendem Abstand der abgedeckten Holzstapel voneinander und von Hauswän-

den; diese Bedingungen sind beispielsweise bei einer Lagerung im Wald nicht gegeben (vgl. Kapitel 3.4.2.1). Eine nach Holzarten differenzierte Festlegung der Mindestlagerdauer ist unter günstigen Bedingungen nicht erforderlich /8-30/. Derartige Empfehlungen werden jedoch in der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (kommentierte Fassung) gegeben (nach /8-35/), darin wird als Faustregel vom Erreichen des lufttrockenen Zustands nach

- 1 Jahr (Pappel, Fichte),
 - 1,5 Jahren (Linde, Erle, Birke),
 - 2 Jahren (Buche, Esche, Obstbäume),
 - bzw. 2,5 Jahren (Eiche)
- ausgegangen.

Brennstoffbeschränkungen für Kleinanlagen (bis 15 kW). In Holzfeuerungen bis 15 kW Nennwärmeleistung dürfen nach § 5 der 1. BImSchV /8-11/ nur naturbelassene stückige Holzbrennstoffe der Brennstoffziffern 4 und 5a verwendet werden, d. h. Scheitholz, Hackschnittel, Reisig, Zapfen oder Holzpellets und -briketts. Andere naturbelassene Holzbrennstoffe wie Sägemehl, Späne, Schleifstaub oder Rinde scheiden somit aus. Das Gleiche gilt auch für Stroh- oder sonstige Pellets, da diese nicht – wie gefordert – der DIN 51 731 /8-16/ entsprechen. Ebenfalls ausgeschlossen sind Getreide- oder Rapskörner. Bei Kochheizherden oder Kachelöfen ohne Heizeinsatz (Grundöfen) gelten die genannten Brennstoffbeschränkungen auch, wenn die 15 kW-Grenze überschritten wird (vgl. § 6 (4), 1. BImSchV /8-11/). Neben den Holzbrennstoffen sind prinzipiell auch Braun- und Steinkohlebrennstoffe erlaubt, sofern diese nach Angabe des Herstellers geeignet sind.

Dauereinsatz. Offene Kamine dürfen nicht zum regelmäßigen Heizen sondern nur gelegentlich betrieben werden (§ 4 (3) 1. BImSchV /8-11/). In ihnen ist auch die Nutzung von Braun- oder Steinkohlebriketts untersagt. Das gilt jedoch nicht für Kamine, die mit geschlossenem Feuerraum betrieben werden, wenn deren Wärmeabgabe bestimmungsgemäß überwiegend durch Konvektion erfolgt.

Vollastbetrieb und Wärmespeicheranforderung. Handbeschickte Biomasse-Feuerungsanlagen mit flüssigem Wärmeträgermedium (Zentralheizungsanlagen) sind grundsätzlich bei Volllast zu betreiben. Hierzu ist ein ausreichend bemessener Wärmespeicher (Pufferspeicher) einzusetzen. Diese Forderung gilt nicht, wenn es sich um eine Anlage handelt, die die in Kapitel 8.6.2 dargestellten Emissionsanforderungen auch im Teil-

lastbetrieb, d. h. bei gedrosselter Verbrennungsluftzufuhr, erfüllt (§ 6 (3), 1. BImSchV /8-11/). In der Praxis ist jedoch davon auszugehen, dass auf einen Pufferspeicher aus technischen Gründen und wegen des gestiegenen Betriebskomforts nicht verzichtet werden kann.

Wärmespeicherdimensionierung. Über die Dimensionierung der Wärmespeicher für nicht-teillastfähige Zentralheizungskessel werden in der 1. BImSchV keine definitiven Vorschriften gemacht. Lediglich in der für das Kaminkehrerhandwerk kommentierten Fassung der Verordnung werden mindestens 25 l Speichervolumen je Kilowatt Nennwärmeleistung gefordert /8-35/. In der Praxis wird diese Minimalanforderung oft als nicht ausreichend – auch nicht für teillastfähige Anlagen – angesehen; beispielsweise wird für die Beantragung von öffentlichen Fördermitteln für Scheitholzessel ein Mindestvolumen von 55 l/kW gefordert /8-3/; die meisten Praxisempfehlungen liegen sogar bei 100 l/kW, d. h., dass eine Scheitholzfeuerung mit

25 kW Nennwärmeleistung über ein Speichervolumen von 2.500 l verfügen sollte.

8.6.2 Emissionsbegrenzungen

Die Schadstoffemissionen von Feuerungen für feste Biomassebrennstoffe sind im Bundes-Immissionsschutzgesetz durch die Bundes-Immissionsschutzverordnung (1. BImSchV.) und – bei größeren Anlagenleistungen – durch die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) begrenzt. Die darin festgelegten Maximalwerte sind in Tabelle 8.5 zusammengestellt.

Für Anlagen bis 15 kW Nennwärmeleistung wurden keine Emissionsbegrenzungen festgelegt, somit besteht hier auch keine Messpflicht (vgl. Kapitel 8.6.3). Hier gelten lediglich die allgemeinen Anforderungen der 1. BImSchV (§ 4), wonach die Abgasfahne von Anlagen für feste Brennstoffe im Dauerbetrieb grundsätzlich einen helleren als den Grauwert 1 der

Tabelle 8.5: Emissionsgrenzwerte bei der Verfeuerung von naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen (nach /8-11/ bzw. /8-8/); Emissionswerte bezogen auf Abgas im Normzustand (Nm³) bei 0 °C und 1.013 mbar

Anlagenleistung	N/F ^a	relevante Vorschrift	Bezugs-sauerstoff Vol. % O ₂	Emissionsbegrenzung			
				CO (g/Nm ³)	Ges.-C ^b (mg/Nm ³)	NO _x ^c (mg/Nm ³)	Staub (mg/Nm ³)
<i>Emissionswerte bei der Verfeuerung von naturbelassenem Holz:</i>							
bis 15 kW	N	1. BImSchV		keine Begrenzung (außer „heller als Grauwert 1“) ^d			
15 – < 50 kW	N	1. BImSchV	13	4	-	-	150
50 – < 150 kW	N	1. BImSchV	13	2	-	-	150
150 – < 500 kW	N	1. BImSchV	13	1	-	-	150
500 – < 1000 kW	N	1. BImSchV	13	0,5	-	-	150
1 – < 2,5 MW	F	TA Luft ^f	11	0,15 ^e	10	250 ^c	100
2,5 – < 5 MW	F	TA Luft ^f	11	0,15	10	250 ^c	50
5 – < 50 MW	F	TA Luft ^f	11	0,15	10	250 ^c	20
<i>Emissionswerte bei der Verfeuerung von Stroh und ähnlichen pflanzlichen Stoffen^g:</i>							
15 – < 100 kW	N	1. BImSchV	13	4	-	-	150
100 kW – < 1 MW ^h	F	TA Luft ^f	11	0,25	50	500	50
1 – < 50 MW ^h	F	TA Luft ^f	11	0,25 ^e	50	400	20

a. Mit Anlagenleistung ist hier gemeint: N Nennwärmeleistung, d. h. die höchste von der Feuerungsanlage im Dauerbetrieb nutzbar abgegebene Wärmemenge je Zeiteinheit (wird vom Hersteller unter Angabe des Brennstoffs festgelegt)

F Feuerungswärmeleistung, d. h. der auf den unteren Heizwert bezogene Wärmehalt des Brennstoffs, der einer Feuerungsanlage im Dauerbetrieb je Zeiteinheit zugeführt werden kann.

b. Die Emission flüchtiger organischer Kohlenstoffverbindungen (engl. VOC) wird als „Gesamtkohlenstoff“ (Ges.-C) angegeben.

c. angegeben als Stickstoffdioxid (NO₂)

d. allgemeine Anforderung der 1. BImSchV: Abgasfahne muss heller sein als „Grauwert 1“ (Grauwertskala in Anlage 1 zur 1. BImSchV)

e. Bis 2,5 MW Feuerungswärmeleistung gilt der Grenzwert nur bei Betrieb mit Nennlast.

f. TA-Luft, novellierte Fassung vom 24. Juli 2002 /8-8/.

g. Bei Feuerungen für Stroh und ähnliche Brennstoffe sind ab 100 kW Feuerungswärmeleistung außerdem für PCDD/F (Dioxine und Furane) eine Begrenzung von 0,1 ng TE/Nm³ und für gasförmige anorganische Chlorverbindungen (angegeben als HCl) von 30 mg/Nm³ einzuhalten /8-8/.

sogenannten „Ringelmann-Skala“ (vgl. hierzu 1. BImSchV, Anlage 1) erreichen muss.

Zwischen 15 und 1.000 kW Nennwärmeleistung gelten für Holzfeuerungen lediglich Kohlenmonoxid(CO)- und Staubgrenzwerte, die je nach Anlagenleistung abgestuft festgelegt wurden (Tabelle 8.5). Abweichend davon wurden für „Stroh und ähnliche pflanzliche Stoffe“ (Brennstoffziffer 8) besondere rechtliche Anforderungen festgelegt. Bis 100 kW Nennwärmeleistung gelten zwar einheitlich die gleichen Grenzwerte wie bei Holzfeuerungen bis 50 kW; ab 100 kW Leistung (hier: Feuerungswärmeleistung, vgl. Tabelle 8.5) erhöhen sich jedoch die Anforderungen, da die Anlagen in den Gültigkeitsbereich der TA Luft fallen. Neben den deutlich strengeren Emissionsbegrenzungen (Tabelle 8.5) ändert sich damit auch der Sauerstoff-Bezugswert von 13 auf 11 % O₂; dazwischen liegt der Faktor 1,25, d. h. dass beispielsweise ein Staubgrenzwert von 150 mg/Nm³ bei 11 % O₂ einer Konzentration im Abgas von 120 mg/Nm³ bei 13 % O₂ entspricht. Zusätzlich müssen genehmigungspflichtige Strohfeuerungen (über 100 kW) auch Begrenzungen bei den organischen Kohlenstoffverbindungen sowie bei den Stickstoffoxiden (NO_x) einhalten.

Für die Verbrennung von gestrichenem, lackiertem oder beschichtetem Holz (Ziffer 6) und Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten oder verleimtem Holz (Ziffer 7), die nur in Anlagen der holzbe- und -verarbeitenden Betriebe und auch nur ab einer Nennwärmeleistung von 50 kW zulässig sind, gelten strengere Grenzwerte für Kohlenmonoxid (Tabelle 8.6). Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte wird hier jährlich vom Bezirkskaminkehrermeister festgestellt, unabhängig davon, ob es sich um eine hand- oder automatisch beschickte Feuerung handelt.

8.6.3 Emissionsüberwachung

Alle Biomasse-Feststofffeuerungen in Zentralheizungsanlagen über 15 kW Nennwärmeleistung unterliegen einer Messpflicht, lediglich Einzelfeuerstätten mit einer Nennwärmeleistung bis 11 kW für die Beheizung eines Einzelraumes oder für die ausschließliche Brauchwasserbereitung sind davon befreit (§ 14, 1. BImSchV). Die anfallenden Kosten für die Überwachungsmessungen müssen vom Anlagenbetreiber übernommen werden. An hand- und automatisch beschickte Feuerungen werden zum Teil unterschiedliche Überwachungsanforderungen gestellt.

Tabelle 8.6: Emissionsgrenzwerte bei der Verfeuerung von gestrichenem, lackiertem oder beschichtetem Holz (Ziffer 6) und Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten oder verleimtem Holz (Ziffer 7) in Anlagen der holzbe- und -verarbeitenden Betriebe; Emissionsangaben bezogen auf Abgas im Normzustand (Nm³) bei 13 % O₂ (nach /8-11/)

Anlagen-Nennwärmeleistung (kW)	Emissionsbegrenzung			
	CO (g/Nm ³)	Ges.-C (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	Staub (mg/Nm ³)
< 50	Brennstoffe nicht zugelassen			
50–100	0,8	-	-	150
>100–500	0,5	-	-	150
>500–1.000	0,3	-	-	150

Handbeschickte Scheitholzfeuerungen. Bei handbeschickten Scheitholzfeuerungen für naturbelassene stückige Brennstoffe (Brennstoffziffer 4) wird die Einhaltung der in Tabelle 8.5 genannten Grenzwerte nur einmalig und zwar innerhalb von 4 Wochen nach der Inbetriebnahme vom Bezirkskaminkehrermeister festgestellt. Wenn die Emissionsanforderungen nicht eingehalten werden, erfolgt innerhalb von 6 Wochen eine Wiederholungsmessung. Von dieser Messverpflichtung sind alle Holz-Zentralheizungsanlagen mit mehr als 15 kW Nennwärmeleistung betroffen. Da für Anlagen bis 15 kW Nennwärmeleistung keine Emissionsbegrenzungen festgelegt wurden, besteht bei ihnen auch keine Messpflicht.

Bei handbeschickten Anlagen, die in holzbe- und -verarbeitenden Betrieben ab 50 kW Nennwärmeleistung auch für gestrichene, lackierte oder beschichtete Hölzer (Brennstoffziffer 6) oder für Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten oder verleimtes Holz (Brennstoffziffer 7) zulässig sind, besteht – wie bei den mechanisch beschickten Anlagen – eine jährlich wiederkehrende Messpflicht. Das gilt auch, wenn es sich nicht um eine Zentralheizungsanlage sondern um eine Warmluftheizung eines gewerblichen Holzverarbeiters (z. B. Schreinerei) handelt.

In beiden Fällen sind die Messungen stets im ungestörten Dauerbetriebszustand der Feuerungsanlage bei Nennwärmeleistung oder ersatzweise bei der höchsten einstellbaren Wärmeleistung durchzuführen (1. BImSchV, Anlage III). Handelt es sich allerdings um eine teillastfähige Anlage, die ohne ausreichend dimensioniertem Wärmespeicher betrieben wird, so ist die Messung im Teillastbereich durchzuführen. Bei

den übrigen Anlagen wird versucht, niedrige Lastzustände während der Messung zu vermeiden, da sich der Schadstoffausstoß – zumindest beim Kohlenmonoxid – in der Regel erhöht.

Die allgemeine Anforderung der 1. BImSchV (§ 4), wonach die Abgasfahne von Anlagen für feste Brennstoffe im Dauerbetrieb grundsätzlich einen helleren als den Grauwert 1 der sogenannten „Ringelmann-Skala“ erreichen muss (vgl. hierzu 1. BImSchV, Anlage 1), wird nicht regelmäßig überprüft. Hierbei handelt es sich um einen eher selten verwendeten Messparameter, der hauptsächlich im Streitfall, wie zum Beispiel bei Belästigungen in der Nachbarschaft, zur Anwendung kommt. Die mit einem hohen Grauwert gemessene Rußbildung weist auf einen besonders unvollständigen Verbrennungsprozess mit entsprechender hohen Geruchsbelästigungen hin. Messungen des Grauwertes können auch bei nicht messpflichtigen Anlagen bis 15 kW Nennwärmeleistung vorgenommen werden.

Mechanisch beschickte Anlagen. Bei mechanisch (automatisch) beschickten Holz-Zentralheizungsanlagen von mehr als 15 kW Nennwärmeleistung muss die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte (Tabelle 8.5) im Betrieb jährlich wiederkehrend nachgewiesen werden (§ 15, 1. BImSchV). Kleinere Anlagen bis einschließlich 15 kW – darunter fallen viele Pelletkessel und neuerdings auch einige Holzhackschnitzelfeuerungen – sind dagegen von der wiederkehrenden Überwachung befreit; das gilt auch für die Erstmessungen nach der Inbetriebnahme, da für diese Leistungsklasse keine Emissionsbegrenzungen festgelegt wurden.

Bei Anlagen mit einer Nennwärmeleistung von weniger als 1.000 kW werden die Überwachungsmessungen vom Bezirksschornsteinkehrermeister durchgeführt. Bei automatisch beschickten Feuerungsanlagen für „Stroh und ähnliche Brennstoffe“ (Brennstoffziffer 8) gilt dies jedoch nur bis <100 kW. Strohefeuerungen höherer Anlagenleistung werden außerdem nur noch alle 3 Jahre überprüft (nach der vorgeschriebenen Erstmessung, vgl. BImSchG § 28 /8-4/). Da diese Messung aber nicht vom Kaminkehrer, sondern von einem speziellen hierfür zugelassenen Prüfinstitut durchgeführt wird, sind die anfallenden Kosten um ein Vielfaches höher, zumal dabei auch eine Vielzahl weiterer Messgrößen erfasst wird.

Ausnahmen von der jährlichen Messpflicht bestehen – wie bei den Scheitholzfeuerungen – wenn die Feuerung jährlich bis zu höchstens 300 Stunden und ausschließlich zur Trocknung von selbstgewonnenen Erzeugnissen in landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt wird, wobei die Trocknung über Wärmeaustauscher erfolgen muss. Im letzteren Fall wird nur in jedem dritten Jahr durch den Bezirksschornsteinfegermeister gemessen (§ 15 (2), 1. BImSchV).

Der zuständige Kaminkehrer kündigt die Messung, d. h. den voraussichtlichen Messtermin, zwischen 8 bis 6 Wochen vorher schriftlich an. Die Messung findet im ungestörten Dauerbetriebszustand bei Nennwärmeleistung oder ersatzweise bei der höchsten einstellbaren Wärmeleistung statt. Eine Messung während einer Betriebsphase mit zu geringer Leistungsabnahme (z. B. im Sommer) wird in der Regel vermieden, da die Messergebnisse unter solchen Betriebsbedingungen erfahrungsgemäß schlechter ausfallen.

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-

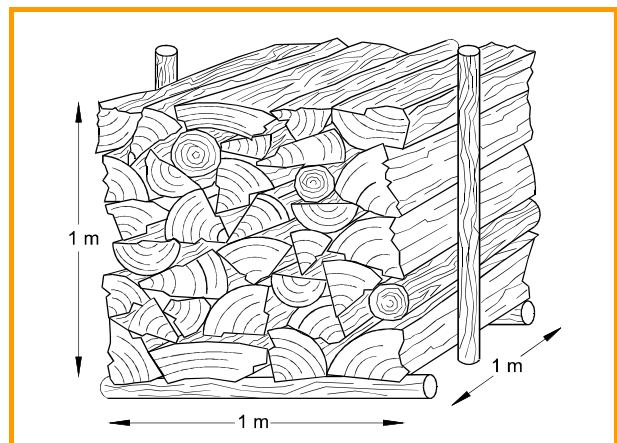


Abb. 9.1: Ein Raummeter Brennholz

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. Holz hackschnitzel 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.

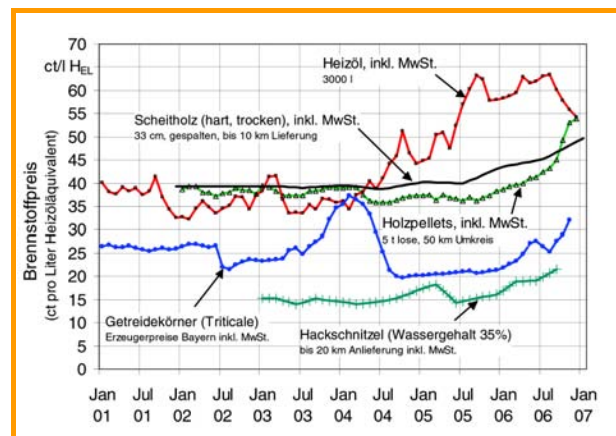


Abb. 9.2: Preisverlauf von Biomasse-Festbrennstoffen und Heizöl, umgerechnet in Cent pro Liter Heizöläquivalent

Das Gleiche gilt für Holz hackschnitzel. 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

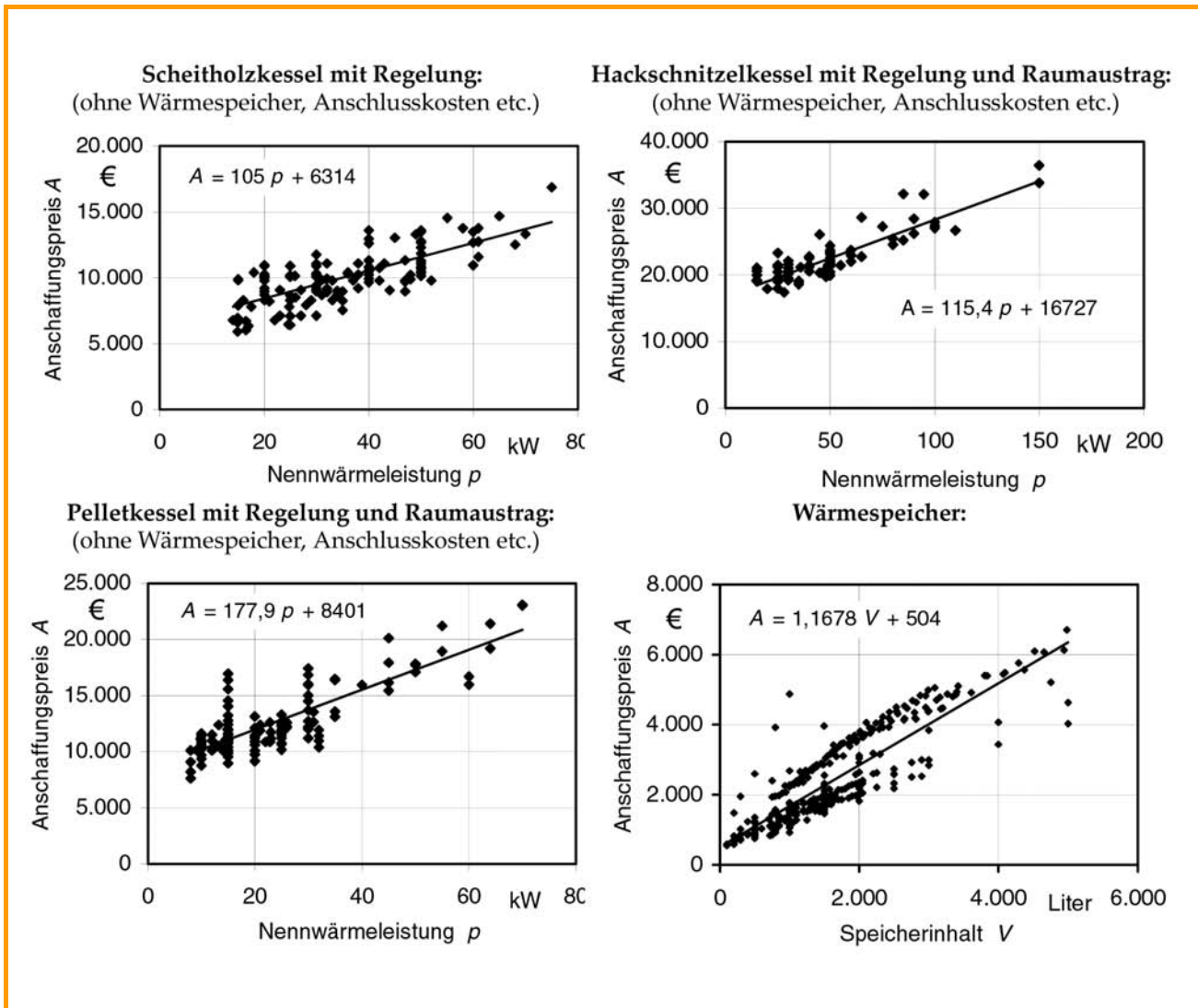


Abb. 9.3: Listenpreise (ohne Rabatte) von Zentralheizungskesseln für Holzbrennstoffe bzw. Wärmespeicher (inkl. MwSt.). Stand: 2006

daran, dass die Bauteile, die für eine automatische Beschickung und für den Austrag aus dem Hackschnitzellager 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.

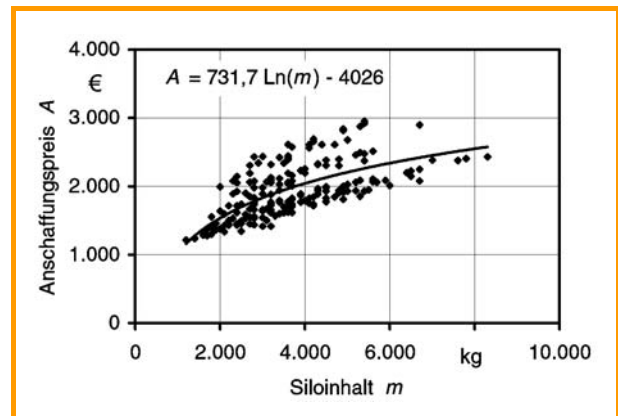


Abb. 9.4: Listenpreise (ohne Rabatte) von frei aufstellbaren Gewebesilos für Holzpellets (inkl. MwSt.). Stand: 2006

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



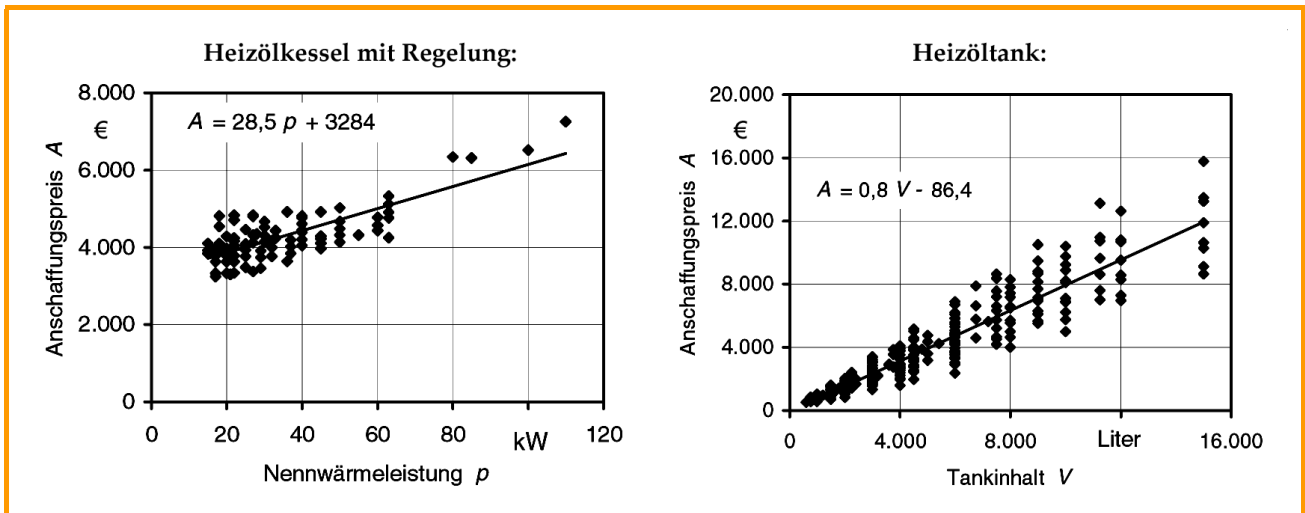


Abb. 9.5: Listenpreise (ohne Rabatte) von Heizkesseln und Heizöltanks (inkl. MwSt.). Stand: 2006

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 Heizkessels 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 Heizkessels (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 Scheitholzkesseln 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 Wärmegestehungskosten 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. Hackschnitzel-Feuerung

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 Hackschnitzel-feuerungen 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 Heizölfeuerungen 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.

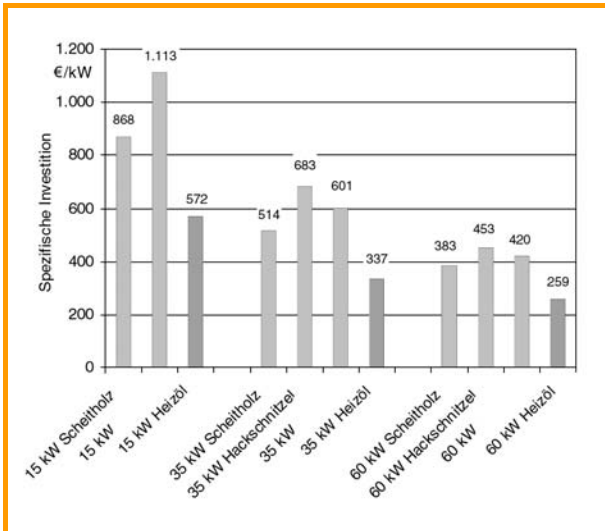


Abb. 9.6: Vergleich der spezifischen Investitionen von Pellet-, Scheitholz-, Hackschnitzel- und Heizölfeuerungen (vgl. Beispielrechnung in Tabelle 9.3)

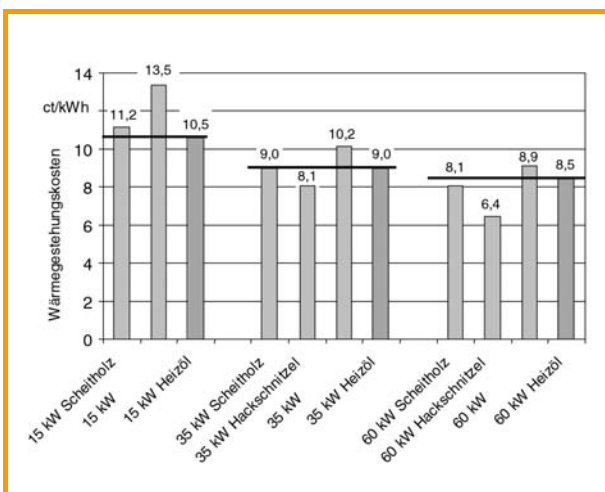


Abb. 9.7: Vergleich der Wärmegestehungskosten von Pellet-, Scheitholz-, Hackschnitzel- und Heizölfeuerungen (vgl. Beispielrechnung in Tabelle 9.3)

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.



10

Stationäre Nutzung von Pflanzenölen

Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) zeichnen sich durch eine Reihe von Umweltvorteilen aus. Zusätzlich zur effizienten Energieumwandlung durch Kraft-Wärme-Kopplung wirkt sich die Verwendung von Pflanzenöl als Kraft- und Heizstoff positiv auf die Schonung von Ressourcen und den Schutz des Klimas aus. Darüber hinaus kann Pflanzenöl durch dessen schnelle biologische Abbaubarkeit und geringe Ökotoxizität einen entscheidenden Beitrag zum Boden- und Gewässerschutz leisten. Deshalb eignet sich der Einsatz von Pflanzenöl-BHKW vor allem in umweltsensiblen Gebieten, wie etwa dem Alpenraum oder in hochwassergefährdeten Gebieten, wo beim Austritt von Heizöl oder Dieselkraftstoff beträchtliche Schäden entstehen können. Ein weiterer wichtiger Einsatzbereich von pflanzenölbetriebenen BHKW sind ländliche Gebiete, in denen bei regionaler Produktion und Nutzung des Pflanzenöls (vor allem Rapsöl) sowie des Pressrückstands durch den niedrigen Transportaufwand eine hohe Ausnutzung des Energiegehaltes des Pflanzenölkraftstoffs erzielt wird und positive Impulse auf die Strukturentwicklung im ländlichen Raum ausgehen. Durch die Förderung der Stromeinspeisung im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes – EEG /10-9/, die Mineralölverknappung sowie das gestärkte Umweltbewusstsein werden pflanzenölbetriebene BHKW insbesondere im Leistungsbereich von ca. 5 bis 500 kW elektrischer Leistung zunehmend nachgefragt. In Deutschland gibt es derzeit mindestens 36 Hersteller von pflanzenöлтаuglichen BHKW (vgl. Anhang), insgesamt waren im Jahr 2005 mehr als 700 mit Pflanzenöl betriebene BHKW im Einsatz /10-11/. Etwa 50 % dieser Anlagen besitzen eine elektrische Leistung bis 10 kW_{el}, 43 % bis 100 kW_{el}, 5 % bis 1.000 kW_{el} und 2 % größer als 1.000 kW_{el}. Die gesamte installierte elektrische Leistung beträgt ca. 60 MW_{el}, etwa 70 % davon entfallen auf Anlagen größer 1.000 kW_{el}, 15 % auf Anlagen bis 1.000 kW_{el}, 8 % auf Anlagen bis 100 kW_{el}

und 7 % auf Anlagen bis 10 kW_{el} /10-11/. Pflanzenöl-BHKW mit geringer Leistung werden meist mit Rapsölkraftstoff betrieben, bei leistungsstärkeren BHKW kommen seit dem Jahre 2005 vermehrt auch Soja- oder Palmöl zum Einsatz. Da in diesem Handbuch vorwiegend Kleinanlagen betrachtet werden, wird nachfolgend die Gewinnung und Nutzung von Rapsöl als Kraft- und Heizstoff in stationären Anlagen der unteren Leistungsklassen vorgestellt.

10.1 Ölgewinnung und -reinigung

In Mitteleuropa kommen hauptsächlich Raps und Sonnenblumen als Ölsaaten für die Produktion von Kraftstoffen auf Pflanzenölbasis in Frage. Raps beispielsweise enthält im lagerfähigen Zustand etwa 43 % Öl, 40 % Rohprotein und Extraktstoffe, 7 % Wasser, 5 % Rohfaser und 5 % Asche. Ziel der verschiedenen Ölgewinnungsverfahren ist es, den Ölanteil aus der Saat möglichst effizient abzutrennen, wobei unerwünschte Bestandteile aus dem Samenkorn nicht in das Öl überführt bzw. aus diesem entfernt werden sollen.

Ölgewinnung. Für die Gewinnung von Rapsöl gibt es zwei verschiedene gängige Produktionsverfahren, das Abpressen und Extrahieren der Ölsaaten in industriellen Ölmühlen mit Tagesleistungen von maximal 4.000 t Ölsaaten und das ausschließlich mechanische Abpressen in kleineren dezentralen Ölmühlen mit etwa 0,5 bis 25 t/Tag und mehr /10-27/.

Die Verfahrensschritte bei der Rapsölgewinnung in zentralen Großanlagen sind:

- Vorbehandlung der Ölsaaten (Reinigung, Trocknung, evtl. Schälung, Zerkleinerung, Konditionierung),
- Ölgewinnung (mechanische Vorpressung, Pressrückstand wird durch Lösungsmittelextraktion weiter entölt),

- Nachbehandlung des Extraktionsschrots (Entfernen und Rückgewinnung des Lösungsmittels),
- Raffination (Entfernen der bei der Vorpressung und Extraktion eingetragenen unerwünschten Begleitstoffe durch Entschleimung, Entsäuerung, Bleichung, Desodorierung).

In dezentralen kleineren Anlagen wird auf viele dieser Verfahrensschritte verzichtet. Hier sind bei der Ölgewinnung die folgenden Prozessschritte zu nennen:

- Vorbehandlung der Ölsaart (Reinigung, Trocknung, evtl. Schälung oder Walzung),
- Ölgewinnung durch Kaltpressung (ausschließlich mechanische Entölung, meist durch Schneckenpressen),
- Ölreinigung (Abscheidung von Trubstoffen durch Sedimentation, Filtration oder Zentrifugation).

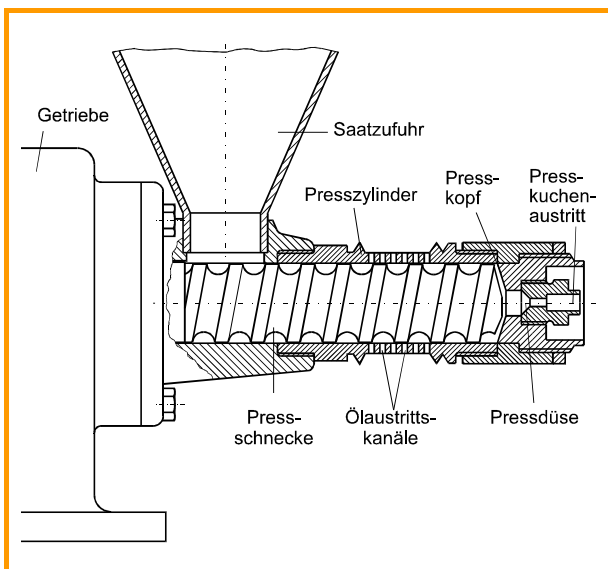


Abb. 10.1: Schnitt durch eine Schneckenpresse mit perforiertem Presszylinder /10-27/

Während die Ölausbeute in Großanlagen bei etwa 99 % liegt kommen dezentrale Anlagen lediglich auf ca. 80 % Ölausbeute. Anders als bei den Großanlagen werden hier fast ausschließlich Schneckenpressen verwendet (Abb. 10.1). Bei einer Tageskapazität von ca. 0,4 bis 0,7 t Rapssaart/Tag ist mit Anschaffungskosten für die Schneckenpresse (ohne Fördertechnik, Lagerung, Ölreinigung etc.) von ca. 5.000 bis 8.000 € zu rechnen.

Ölreinigung. Das gewonnene Rapsöl enthält etwa 0,5 bis 6 Gew.-% Feststoffe (ölfrei), die aus den festen Bestandteilen des Ölsamens bestehen. Die Feststoffe müssen möglichst vollständig aus dem Öl entfernt werden, da die Ölreinheit, d. h. der als „Gesamt-

verschmutzung“ bezeichnete Gehalt an Feststoffen sowie deren Korngrößenverteilung, ein wichtiges Qualitätsmerkmal für die Nutzung in Verbrennungsmotoren ist. Die Ölreinigung sollte immer über mindestens zwei Reinigungsstufen, nämlich eine Hauptreinigung (Grobklärung) und eine nachgeschaltete Sicherheitsfiltration (Endfiltration) erfolgen. In kleineren dezentralen Anlagen mit Tageskapazitäten bis zu ca. 1 t Ölsaart/Tag ist für die Grobklärung der Einsatz einer einfachen und relativ kostengünstig zu betreibenden Sedimentationsanlage möglich (Abb. 10.2). Für größere Verarbeitungskapazitäten ist eine Hauptreinigung durch Filtration (zum Beispiel Kammerfilterpresse, Vertikal-Druckplattenfilter oder Vertikal-Druckkerzenfilter) zu bevorzugen. Bei der Sicherheitsfiltration von Rapsölkraftstoff haben sich in bisherigen Untersuchungen Filterkerzen aus gewickelter Baumwolle oder Tiefenfiltermodule bewährt. Diverse Beutelfilter hingegen haben sich als nur bedingt oder nicht geeignet erwiesen. Neben „festen“ Verunreinigungen können in Pflanzenölen, zum Teil erst nach längerer Lagerzeit, sogenannte Trübungsstoffe sichtbar werden, die sich absetzen und beispielsweise einen weißlichen Bodenbelag bilden können. Treten Trübungsstoffe auf, müssen diese Ölchargen nochmals sorgfältig gefiltert werden.

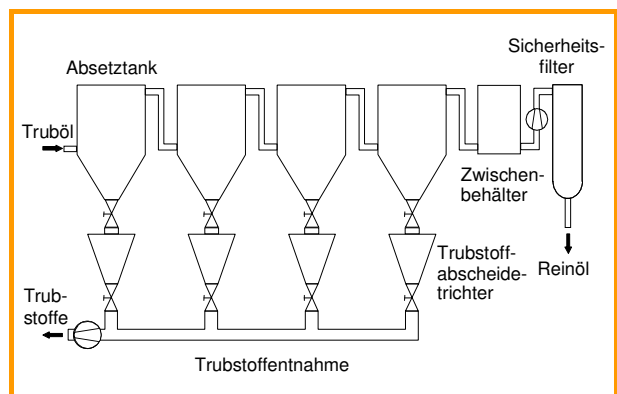


Abb. 10.2: Kontinuierliche Sedimentation für Pflanzenöl /10-27/

10.2 Kraftstoffeigenschaften

Um Rapsöl als Kraftstoff in Motoren einsetzen zu können, werden zwei Wege beschritten, die Anpassung des Kraftstoffs an den Motor oder die Anpassung des Motors an den (weitgehend naturbelassenen) Kraftstoff. Bei der Anpassung des Kraftstoffs wird versucht, das Rapsöl durch chemische Veränderungen (z. B. Umesterung zu Rapsölmethylester, d. h.

„RME“ oder „Biodiesel“) so zu verändern, dass dessen kraftstofftechnische Eigenschaften dem Dieselmotorkraftstoff ähnlich werden; das Gleiche ist auch durch Verarbeitung in Mineralölraffinerien möglich /10-27/. Da solche umgewandelten Kraftstoffe vornehmlich für den Transportbereich (Verkehrssektor) hergestellt werden, sollen sie hier nicht betrachtet werden. Statt dessen werden nachfolgend nur die Eigenschaften des naturbelassenen Rapsöls vorgestellt.

Zusammensetzung und Merkmale. Naturbelassenes Rapsöl besteht zu 77 bis 78 Gew.-% aus Kohlenstoff (C), zu 11 bis 12 % aus Wasserstoff (H) und zu 10 bis 11 % aus Sauerstoff (O). Rapsöl ist schnell biologisch abbaubar und weist eine geringe aquatische Toxizität im Vergleich zu Diesel- oder Ottokraftstoff auf. Bei der Lagerung können Umsetzungsvorgänge stattfinden, sie sind abhängig von der Vorgeschichte des Öls und den herrschenden Lagerungsbedingungen (u. a. Tankmaterial, Temperatur, Sauerstoff, Licht, Wasser). Es finden sogenannte Autoxidations- und Polymerisierungsprozesse statt, die durch geeignete Produktions- und Lagerbedingungen vermindert werden können (vgl. Kapitel 10.4). Unter günstigen Bedingungen (Dunkelheit, Lagertemperatur: 5 °C) ist naturbelassenes Rapsöl etwa 6 bis 12 Monate lagerfähig.

Die Eigenschaften von Rapsölkraftstoff weichen in einigen wesentlichen Punkten von den gültigen Normen für Dieselmotorkraftstoffe (DIN EN 590) und Biodiesel bzw. Fettsäure-Methylester (FAME) (DIN EN 14214) ab. Vor allem die hohe „Zähflüssigkeit“, ausgedrückt durch die um den Faktor 10 höhere Viskosität (Tabelle 10.1), ist häufig dafür verantwortlich, dass in herkömmlichen vor allem direkt einspritzenden Dieselmotoren beim Betrieb mit Rapsöl die Zerstäubungsqualität während des Einspritzvorgangs sowie die Verbrennungsgüte unzureichend ist und Ablagerungen im Bereich der Zylinderbuchsen, Kolben, Ventile und Einspritzdüsen auftreten. Deshalb ist naturbelassenes Rapsöl – anders als beispielsweise Biodiesel – nicht als Kraftstoff für konventionelle direkteinspritzende Dieselmotoren geeignet. Ähnlichkeit mit Diesel besteht aber im Heizwert (bezogen auf das Volumen). Dieselmotorkraftstoff besitzt zwar auf die Masse bezogen einen höheren Heizwert als naturbelassenes Pflanzenöl, beim volumenbezogenen Heizwert wird dieser aber durch die niedrigere Dichte nahezu kompensiert, so dass der Kraftstoffverbrauch eines Motors in etwa gleich bleibt (Tabelle 10.1). Rapsöl weist somit gegenüber Diesel bzw. extra leichtem Heizöl nur einen um ca. 4 %, Biodiesel einen um etwa 9 % geringeren volumenbezogenen Heizwert auf.

Tabelle 10.1: Ausgewählte Kennwerte von Kraftstoffen gemäß den entsprechenden Normen

Parameter	Dieselmotorkraftstoff (DIN EN 590)	Biodiesel (FAME) (DIN EN 14 214)	Rapsölkraftstoff (DIN V 51605)
Dichte (15 °C) in kg/m ³	820–845	860–900	920–930
Viskosität ^a (40 °C) in mm ² /s	2,0–4,5	3,5–5,0	max. 36
Flammpunkt in °C	über 55	über 101	min. 220
Heizwert massebezogen (MJ/kg)	43,0 ^b	37,6 ^b	ca. 37,6 ^b
volumetrisch (MJ/l)	ca. 36,2 ^b	ca. 33,1 ^b	ca. 34,6 ^b

a. kinematische Viskosität
b. Literaturwerte

Tabelle 10.2: Auswahl von Anforderungen an Rapsölkraftstoff gemäß Vornorm DIN V 51605

Eigenschaften/Inhaltsstoffe	Einheit	Grenzwert
Jodzahl	g Jod/100 g	95 bis 125
Koksrückstand	Gew.-%	max. 0,4
Schwefelgehalt	mg/kg	max. 10
Gesamtverschmutzung	mg/kg	max. 24
Oxidationsstabilität (110 °C)	h	min. 6
Säurezahl	mg KOH/g	max. 2,0
Summengehalt an Magnesium und Calcium	mg/kg	max. 20
Phosphorgehalt	mg/kg	max. 12
Aschegehalt	Gew.-%	max. 0,01
Wassergehalt	Gew.-%	max. 0,075

Qualitätsanforderungen. Von entscheidender Bedeutung für einen langfristig störungsarmen Betrieb ist die Einhaltung gewisser Mindestanforderungen an die Qualität der Pflanzenöle für die Verwendung als Kraftstoff. Diese sind bislang nur für Rapsölkraftstoff definiert und in der DIN V 51605 festgelegt /10-6/. Die DIN V 51605 wurde auf Basis des „RK-Qualitätsstandards 05/2000“ (sogenannter „Weihenstephaner Standard“) erarbeitet. Ähnlich wie in den Normen für Heizöl (DIN 51603-1), Dieselmotorkraftstoff (DIN EN 590) sowie Fettsäure-Methylester als Heizöl (DIN EN 14213) und als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge (DIN EN 14214) /10-5/) sind hier alle wichtigen Produkteigenschaften von Rapsöl für die Verwendung als Kraft- und Heizstoff in dafür geeigneten Motoren oder Heizungsanlagen mit den entsprechenden Prüfmethode und Grenzwerten zusammengestellt (Tabelle 10.2).

10.3 Energetische Nutzung

10.3.1 Pflanzenölmotoren

Seit etwa 20 Jahren werden vermehrt Dieselmotoren für den Einsatz von naturbelassenem Pflanzenöl angeboten. Spezielle Pflanzenölmotoren, wie der Elsbett-Motor werden heute nicht mehr gebaut. Vielmehr werden Serien-Dieselmotoren nachträglich für den Betrieb mit Pflanzenöl umgerüstet. Bedingt durch die stark angestiegene Nachfrage, gibt es derzeit eine Vielzahl von Firmen, die eine Motorenumrüstung auf den Betrieb mit Pflanzenöl (überwiegend Rapsölkraftstoff) anbieten. Die Umrüstkonzeppte lassen sich in Ein- und Zweitanksysteme bzw. Ein- und Zweikraftstoffsysteme unterscheiden.

Beim Zweitanksystem wird das Aggregat bzw. Fahrzeug mit einem zusätzlichen Kraftstofftank ausgestattet, der den Motor mit einem im Vergleich zum Pflanzenöl bei niedrigerer Temperatur besser zündenden Kraftstoff (zumeist Heizöl bzw. Diesel) für die Start- und Warmlaufphase versorgt. Sobald die Motorbetriebstemperatur erreicht ist, erfolgt die Kraftstoffversorgung aus dem Haupttank mit Pflanzenöl. Vor dem Abstellen des Motors ist wieder auf die Versorgung mit dem Zusatzkraftstoff umzustellen, damit die Einspritzleitungen und Düsen gespült werden und leicht zündender Kraftstoff für den neuen Startvorgang zur Verfügung steht. Derartige Zweitanksysteme sind oft zusätzlich mit einer Kraftstoffvorheizung und elektronischer Steuerung der Kraftstoff-Umschaltung ausgestattet. Für BHKW, die nach dem 31.12.2006 in Betrieb genommen worden sind, erlischt jedoch die Verpflichtung zur Vergütung des Stroms nach EEG, wenn für Zwecke der Zünd- und Stützfeuerung nicht ausschließlich Biomasse oder Pflanzenölmethylester verwendet wird (vgl. Kapitel 10.5.5).

Eintanksysteme kommen hingegen ohne zweiten Kraftstoffkreislauf aus. Die Anpassungen sind daher insbesondere bei modernen direkt einspritzenden Motoren meist aufwändiger, da auch im kalten Betriebszustand eine gute Zerstäubung und Zündung des zähflüssigeren Pflanzenöls gewährleistet werden muss. Durch Veränderungen am Kraftstoffsystem, im Brennraum sowie durch Eingriffe in das Motormanagement können indirekt und direkt einspritzende Serien-Dieselmotoren mit Eintanksystemen entsprechend den Anforderungen des Pflanzenölkraftstoffs umgerüstet werden. Einige dieser Umrüstmaßnahmen, die je nach Motortyp und Umrüstkonzeppt durchgeführt und kombiniert werden, sind im Fol-

genden aufgeführt (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Kraftstoffvorwärmung an Leitungen, Filtern, Pumpen, Düsen,
- Vorwärmung des Zylinders/Motorkühlwassers,
- Verwendung alternativer beständigerer Materialien für Kolben und Zylinderkopf,
- Modifikationen der Vorglüheinrichtung, der Einspritzdüsen, des Brennraumes,
- Eingriff in das Motormanagement, Veränderung von Einspritzdruck und -zeitpunkt.

Bei allen Umrüstungen ist darauf zu achten, dass die am Motor vorhandenen kraftstoffführenden Komponenten (vor allem Kraftstoffförderpumpe, Einspritzpumpe, Dichtungen, Leitungen etc.) zum einen ausreichend dimensioniert und zum anderen beständig gegenüber dem Langzeiteinsatz von Pflanzenöl sind. Die Auswahl von technisch ausgereiften Motorbauteilen in hoher Verarbeitungsqualität ist in Hinblick auf die allgemein stärkere Beanspruchung der Materialien (höhere Viskosität und höhere Verbrennungstemperatur des Pflanzenöls) empfehlenswert. Unbedingt zu vermeiden sind die Verwendung von katalytisch wirksamen Materialien wie z. B. Kupfer, bzw. kupferhaltige Legierungen (z. B. Messing).

10.3.2 Pflanzenöl-BHKW

Ein Blockheizkraftwerk besteht aus einem oder mehreren BHKW-Modulen mit den notwendigen Hilfseinrichtungen, Schalt- und Steuerungseinrichtungen, Schallschutzdämmung, Abgasabführung sowie dem Aufstellraum. Hauptbestandteil eines BHKW-Moduls ist das BHKW-Aggregat, das sich aus dem Verbrennungsmotor und dem Generator mit den entsprechenden Kraftübertragungs- und Lagerungselementen zusammensetzt (vgl. Abb. 10.3). Weitere wesentliche Bestandteile eines Moduls sind die Wärmeübertrager sowie Einrichtungen zur Steuerung, Regelung und Überwachung. Hinzu kommen Komponenten des Ansaug- und Abgassystems, der Kraftstoffzuführung, Anlasser und dergleichen /10-24/.

Die mechanische Energie des Motors wird im Generator in elektrische Energie umgewandelt. Die entstehende Abwärme aus den Kühlkreisläufen und dem Motorabgas wird über Wärmeübertrager und das Wärmeverteilungsnetz dem Verbraucher zugeführt.

Blockheizkraftwerke sind meist auf den Wärmebedarf ausgelegt und werden parallel zum elektrischen Netz betrieben. Daneben können sie auch stromgeführt zur völligen oder teilweisen Inselversorgung



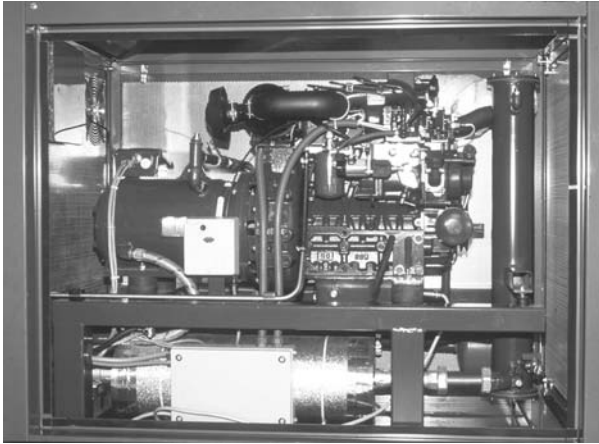


Abb. 10.3: Pflanzenöl-BHKW mit Schallschutzgehäuse
(8 kW_{el}, 16 kW_{th})

eingesetzt werden, wo sie andere Stromaggregate ersetzen oder ergänzen. Entscheidend für einen wirtschaftlichen Betrieb ist eine sorgfältige Einbeziehung der Wärmeverbraucher in das Gesamtsystem. Bei zu groß dimensionierten Anlagen führt eine unzureichende Wärmenutzung zu bedeutenden ökonomischen Einbußen.

Kraftstoffsystem. Der Kraftstoff wird für leistungsstärkere BHKW meist in größeren Lagerbehältern, die entweder unter- oder oberirdisch aufgestellt sind, bevorratet. Je nach den örtlichen Gegebenheiten kann auch eine Zwischenlagerung des benötigten Kraftstoffs in einem Tagestank in Aggregatsnähe erfolgen. Die Befüllung des Tagestanks wird dann automatisch über eine entsprechende Füllstandsregelung mit Pumpeinrichtung vorgenommen. Bei BHKW mit geringem Kraftstoffverbrauch dienen oft transportable Tankbehälter mit bis zu 1.000 l Fassungsvermögen wechselweise zur Kraftstofflagerung und -versorgung.

Die Kraftstoffzuführung besteht im Wesentlichen aus Rohr- und Schlauchleitungen, Druckregelventilen, Kraftstoffvorfilter, Förderpumpe, Kraftstofffilter, Einspritzpumpe und Einspritzdüsen. Hier sind die spezifischen Anforderungen des Pflanzenöls an die Dimensionierung und an das Material der Komponenten zu berücksichtigen (Rohrleitungen und Verschraubungen aus chromatiertem Stahl oder besser Edelstahl, flexible Schlauchleitungen aus weichmacherarmen oder -freiem NBR-Kautschuk).

Motor. Für BHKW-Anwendungen stehen derzeit mehrere pflanzenölaugliche Motortypen zur Verfügung. Die Verbrennungsluft wird entweder von au-

ßen oder aus dem BHKW-Gebäude (gute Belüftung vorausgesetzt) dem Motor über einen Luftfilter zugeführt. Je nach Größe und Konzeption sind BHKW-Motoren entweder als Saugmotoren oder als aufgeladene Motoren mit Turbolader ausgeführt.

Kleinere BHKW mit einer Leistung bis zu etwa 25 kW_{el} werden meist mit umgerüsteten herkömmlichen Stationärdieselmotoren betrieben. Bewährt haben sich unter anderem 3- und 4-Zylinder-Vorkammermotoren des Herstellers Kubota in einem Leistungsspektrum von ca. 8 bis 35 kW mechanische Leistung. Pflanzenölmotoren für mittlere und größere BHKW bis zu einer elektrischen Leistung von ca. 500 kW werden mittlerweile von mehreren Firmen oft auf Basis von Scania-, Deutz- oder MAN-Motoren angeboten. Eine Auswahl von Anbietern für Pflanzenöl-BHKW ist im Anhang aufgelistet.

Emissionsminderung. Zur Minderung der Abgasemissionen können verschiedene Techniken oder Verfahren eingesetzt werden. Hierzu zählen die Abgasrückführung und Abgasreinigungssysteme wie Oxidationskatalysatoren, Entstickungskatalysatoren und Partikelabscheider (d. h. Rußfilter).

Bei der Abgasrückführung wird dem Abgas des Motors ein definierter Teilstrom entnommen und der Ansaugluft beigemischt. Dies führt zu einer Verminderung des Sauerstoffgehalts und niedrigeren Temperaturen im Brennraum, wodurch Stickstoffoxid-Reduktionsraten zwischen 40 und 80 % erreicht werden können. Mit zunehmender Abgasrückführungsrates bewirkt jedoch der geringere Sauerstoffanteil bei der Verbrennung einen Anstieg der Rußemissionen.

Oxidationskatalysatoren setzen die Energieschwelle für die Einleitung von Oxidationsreaktionen herab und erhöhen gleichzeitig die Reaktionsgeschwindigkeit. Dem Beginn solcher Reaktionen geht die Anlagerung der oxidierbaren Stoffe wie Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) und des Sauerstoffs an der katalytisch aktiven Schicht voraus, an der die Molekülbindungen gelockert werden. Der optimale Arbeitsbereich für die bis zu mehr als 90 %ige Umsetzung der CO- und HC-Emissionen liegt bei ca. 200 bis 350 °C.

Oxidationskatalysatoren eignen sich besonders gut für Pflanzenölmotoren, weil Pflanzenöl nahezu schwefelfrei ist und dadurch die katalytische Beschichtung der Katalysatoren nicht beeinträchtigt wird. Durch Oxidationskatalysatoren werden insbesondere auch Aldehyde, die für den pflanzenöltypischen Geruch verantwortlich sind, um über 80 %

reduziert. Der Einsatz von Oxidationskatalysatoren ist daher für alle pflanzenölbetriebenen BHKW unbedingt zu fordern.

Mit Hilfe eines Entstickungskatalysators können Stickstoffoxide (NO_x) wirkungsvoll reduziert werden. Dabei wird vor dem Katalysator ein Reduktionsmittel (Ammoniak-, bzw. Harnstoff-Wasser, ggf. auch Kohlenwasserstoffe) in flüssigem oder gasförmigem Zustand dem Rauchgasstrom über ein Düsensystem zugeführt. Derartige „SCR-Katalysatoren“ werden bislang jedoch nur bei größeren Motoren (ca. > 1.000 kW Feuerungswärmeleistung) eingesetzt.

Mit Partikelfiltern lassen sich bei Selbstzündungsmotoren Partikel-Abscheideraten von 90 % und mehr erreichen. Insbesondere können auch die als stark gesundheitsgefährdend einzustufenden Feinstaubpartikel deutlich reduziert werden. Mit zunehmender Betriebszeit verringern die zurückgehaltenen Partikel den Filterquerschnitt und erhöhen den Abgasgedruck. Damit der Filter nicht verstopft, ist von Zeit zu Zeit oder bei Erreichen eines bestimmten Abgasgedrucks eine Regenerierung des Rußfilters notwendig. Bei Stationärmotoren erfolgt die Regeneration oft durch aktives Abbrennen des Rußes z. B. durch Eindüsung von Propangas in den Abgasstrom. Darüber hinaus sind im Rußfiltereinsatz abgelagerte nicht-brennbare Inertanteile des Abgasstroms von Zeit zu Zeit durch Waschen bzw. Ausblasen mit Druckluft zu entfernen.

Abgasleitung. Die Abgasableitung wird durch einen sogenannten Kompensator mit dem Abgasrohr des BHKW verbunden. Dadurch wird verhindert, dass Schwingungen übertragen werden und Temperaturschwankungen zu Materialschäden (z. B. Rissen an den Abgasrohren, Schalldämpfern und Wärmeübertragern) führen. Der Abgasstrom kann – sofern dies nach der jeweiligen Landesbauordnung und der Feuerungsverordnung (FeuV) zulässig ist – in einen bestehenden Kamin eingeleitet werden. Ansonsten ist eine möglichst isolierte Abgasableitung zur Vermeidung von Kondensatbildung entsprechend den Vorgaben der TA Luft bis über Firsthöhe vorzusehen. Werden Abgasrohre zur Abgasableitung verwendet, so sollten diese aus Edelstahl sein, um Korrosion zu verhindern. Eine Kondensatsammelstelle mit Ablassschraube zur Entfernung von Kondensat und eingedrungenem Regenwasser ist an der tiefsten Stelle des Abgasstrangs vorzusehen.

Generator und elektrische Einbindung. Die mechanische Energie des Motors wird im Generator zu

Strom umgewandelt. Um ein BHKW unabhängig von einem Stromnetz z. B. als Notstromaggregat betreiben zu können, ist ein Synchrongenerator erforderlich. Eine Synchronisierungseinrichtung sorgt dafür, dass vor dem Aufschalten auf das Netz Spannung, Frequenz und Phase von Generator und Netz weitgehend übereinstimmen.

Im Gegensatz zu Synchrongeneratoren sind Asynchrongeneratoren meist robuster, wartungsärmer und im unteren Leistungsbereich auch kostengünstiger. Da Asynchrongeneratoren induktive Blindleistung aus dem Netz benötigen, sind sie nicht im Inselbetrieb einsetzbar.

Die elektrische Netzanbindung kann bis zu einer installierten elektrischen Leistung von ca. 1 MW an das vorhandene Niederspannungsnetz erfolgen. Bei größeren Anlagen wird meist in ein Mittelspannungsnetz eingespeist. Nur in seltenen Fällen ist eine eigene Leitung zum nächsten Netzknotenpunkt oder eine Trafostation notwendig, da die vorhandenen Kapazitäten in der Regel ausreichen. Die Bedingungen werden für den jeweiligen Fall von dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen festgelegt.

Wärmeübertrager. Neben diskontinuierlich durchflossenen Wärmeübertragern (Regeneratoren) kommen bei BHKW vorwiegend kontinuierlich durchflossene Wärmeübertrager, sogenannte Rekupatoren, zum Einsatz. Rekupatoren unterscheiden sich nach ihrer Arbeitsweise in Gegenstrom-, Gleichstrom- und Kreuzstromwärmeübertrager. Je nach Anforderung werden verschiedene Bauarten wie Rohrbündel-, Platten-, Taschen- und Spiralrohrwärmeübertrager verwendet. Bei BHKW kann die Wärmeenergie der Ladeluft (bei aufgeladenen Motoren), des Generatorkühlwassers, des Motorkühlwassers, des Motorenöls oder des Motorabgases durch in Reihe geschaltete Wärmeübertrager ins Heizwasser übertragen werden. Daneben findet die Wärmeauskopplung auch manchmal in zwei getrennten Heizkreisen statt, um z. B. in einem Heizkreislauf ein höheres Temperaturniveau zu realisieren.

Betriebsbedingte Ablagerungen an den Wärmeübertragern (z. B. Ruß im Abgas-Wärmeübertrager, Kalk im Kühlwasser-Wärmeübertrager) erfordern von Zeit zu Zeit eine Reinigung der Wärmetauscherflächen, um einen ungehinderten Wärmeübergang zu gewährleisten. Bei manchen Abgaswärmeübertragern ist ein regelmäßiges Abkehren der Tauscherflächen mit einer Rußbürste (z. B. alle 1.000 Betriebsstunden) erforderlich; es gibt aber auch selbstreinigende Systeme (z. B. Kugelregen- bzw. Kettenzugsysteme



oder Dampfblasen), die zum Teil sogar kontinuierlich arbeiten (z. B. durch eine im Abgasstrom vibrierende Metallwendel). Der Reinigungsaufwand des nachgeschalteten Abgaswärmeübertragers reduziert sich deutlich, wenn ein Rußfilter mit hohem Partikelabscheidegrad verwendet wird.

In den geschlossenen oder halboffenen Kühl- bzw. Heizwasserkreisläufen ist der Einsatz von korrosionshemmenden Inhibitoren erforderlich, da die gleichzeitige Anwesenheit von Stahl, Kupfer, Kupferlegierungen und Aluminium begünstigend auf die Korrosion wirkt. Bei diesen Zusätzen handelt es sich meist um kombinierte Frost- und Korrosionsschutzmittel. Die geforderte untere Konzentrationsgrenze im Wasser darf dabei nicht unterschritten werden, um die Wirksamkeit der Additive nicht zu gefährden. Anlagen, bei denen häufig Kühlwasser nachgefüllt werden muss, sind daher regelmäßig zu kontrollieren, um eine zu starke Verdünnung zu vermeiden. Die Frostschutzeigenschaften werden im Allgemeinen über eine Dichtemessung (Spindel) ermittelt, der Korrosionsschutz kann mit speziellen Testkits überprüft werden.

Um nach Abstellen des Motors einen Hitzestau am Aggregat zu vermeiden, ist ein Pumpennachlauf erforderlich, durch den überschüssige Wärme abgeführt wird. Gleiches gilt entsprechend für die Ventilatoren der Kabinenbelüftung.

Spitzenlastkessel. Wird neben dem BHKW noch ein Spitzenlastkessel betrieben, so ist darauf zu achten, dass der Wasserkreislauf des BHKW durch entsprechende Ventile geschützt ist, um bei Stillstand des Aggregats einen Wasserdurchfluss zu verhindern. Sonst könnte eine erhebliche Wärmemenge des Kesselheizwassers über die Wärmeübertrager an das BHKW abgegeben werden und verloren gehen. Außerdem führt dies zu einer unnötigen thermischen Belastung des Aggregats.

BHKW werden meist wärmegeführt betrieben und dienen zur Deckung des Grundwärmebedarfs. Zusätzlich installierte Spitzenlastkessel werden zugeschaltet, wenn die eingetauschte Motorabwärme nicht mehr die nötige Vorlauftemperatur im Heizkreislauf liefert. Um tageszeitliche Schwankungen zwischen Strom- und Wärmebedarfsspitzen ausgleichen zu können, wird ein Wärmespeicher eingesetzt. Aus diesem „Pufferspeicher“ heraus decken die Wärmeverbraucher ihren Wärmebedarf. Erst wenn die eingestellte Temperatur des Speichers nicht mehr mit dem

BHKW gedeckt werden kann, schaltet sich der Spitzenlastkessel zu. Die Auslegung des Wärmespeichers hängt von der thermischen Leistung des BHKW, vom Wärmebedarf und von der nutzbaren Temperaturdifferenz ab. Letztere wird vor allem durch die Rücklauf-temperatur zum BHKW begrenzt. Damit eine ausreichende Motorkühlung in jedem Fall gewährleistet ist, liegt diese Rücklauf-temperatur je nach Anlage bei maximal etwa 60 bis 70 °C.

10.3.3 Thermische Nutzung in Ölbrennern

Neben der kombinierten Kraft- und Wärmeerzeugung im Blockheizkraftwerk (BHKW) lässt sich naturbelassenes Pflanzenöl oder auch Pflanzenölmethylester (z. B. RME) auch als Brennstoff in Feuerungsanlagen einsetzen. Mit RME können in der Regel alle konventionellen Heizölfeuerungen betrieben werden, sofern diese RME-beständig ausgeführt sind. Dagegen lässt sich naturbelassenes Rapsöl in modernen Heizölfeuerungsanlagen nur in Beimischungen von 10 bis 20 % zum Heizöl (extra leicht) verwenden, wobei es sich auch dann um eine Anlage mit Ölvorwärmung und „heißer Brennkammer“ handeln muss. In Anlagen, die diese Merkmale nicht aufweisen, können bereits bei einem Beimischungsanteil von 5 % Verkokungen an der Düse und der Stauscheibe auftreten /10-27/.

In jüngster Zeit werden von verschiedenen Herstellern auch rapsöлтаugliche Ölbrenner für Zentralheizungskessel angeboten. Hierbei handelt es sich entweder um spezielle Brennerbauarten oder um herkömmliche Heizölbrenner mit mehr oder weniger starken Modifikationen an der Ölzuführung bzw. mit zusätzlichen Komponenten zur Ölaufbereitung. Eine Liste der hierfür in Frage kommenden Hersteller findet sich im Anhang.

Im Allgemeinen ist die Verwendung von Pflanzenölen als Ersatz für Heizöl in Ölbrennern nur in wenigen Ausnahmefällen sinnvoll, da hierfür biogene Festbrennstoffe (z. B. Scheitholz, Hackschnitzel) aus Kostengründen und wegen des höheren flächenbezogenen Energieertrags vorrangig einzusetzen sind. Lediglich wenn diese nicht verfügbar sind oder aus Boden- und Gewässerschutzgründen kein Heizöl verwendet werden soll (z. B. für Berghütten) kann ein alleiniger Heizzweck auch mit Pflanzenöl sinnvoll sein. Für die nachfolgenden Ausführungen ist dies jedoch nicht relevant und wird daher nicht weiter betrachtet.

10.4 Planungs- und Betriebshinweise

Für die Planung und Auslegung von Pflanzenöl-BHKW gelten prinzipiell die gleichen Grundsätze, wie für Aggregate, die mit Heizöl oder Dieselmotoren betrieben werden. Diese Grundsätze werden in der VDI-Richtlinie 3985 „Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungskraftmaschinen“ beschrieben /10-24/. Lediglich bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind hinsichtlich Investitions- und Brennstoffkosten sowie bei den erzielbaren Erlösen der Stromeinspeisung abweichende Annahmen gegenüber Heizölaggregate zu treffen. Diese werden in Kapitel 10.7 näher erläutert.

Die einzelnen Aufgaben der Planung lassen sich wie folgt auflisten:

- Durchführung einer Voruntersuchung, Bedarfsanalyse und Bestandsaufnahme,
- Erstellung von BHKW-Konzepten (Modulvorauswahl, Betriebsweise),
- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit der Konzepte,
- Vorplanung und Entwurfsplanung auf Grundlage einer Vorentscheidung,
- ggf. das Führen von Vorgesprächen mit der Genehmigungsbehörde (Kreisverwaltungsbehörde),
- Ausführungsplanung und Erstellung von Ausschreibungsunterlagen sowie Leistungsverzeichnissen,
- ggf. die Einholung eines immissionsschutztechnischen Gutachtens.

Hinweise und Grundlagen für eine solche Planungsphase werden in den nachfolgenden Kapiteln gegeben.

Auslegung. Ob ein BHKW wirtschaftlich betrieben werden kann, hängt entscheidend von der gewählten Leistung ab. Bei Aggregaten, die nicht vorwiegend zur netzunabhängigen Stromversorgung eingesetzt werden, sollte die Auslegung so erfolgen, dass die anfallende Wärme in großem Umfang genutzt werden kann. Grundlage für die Auslegung bildet somit eine Analyse eines Jahresverlaufs des Wärmeleistungsbedarfs. In einer geordneten thermischen „Jahresdauerlinie“, wie sie in Kapitel 6 beispielhaft dargestellt ist, wird aufgetragen, wie viele Stunden pro Jahr eine bestimmte thermische Leistung (in kW) benötigt wird. Als Richtgröße sollte die thermische Gesamtleistung des BHKW im Allgemeinen bei etwa 30 % der notwendigen thermischen Maximalleistung liegen. So wird sichergestellt, dass durch das BHKW etwa 60 bis 80 % des Jahreswärmebedarfs bei 4.000 bis 6.000 Jah-

resstunden abgedeckt sind /10-8/. Zusätzlich zu erfassende Tagesganglinien des Strom- und Wärmeleistungsbedarfs geben Aufschluss darüber, inwieweit diese beiden Bedarfsfälle zeitlich übereinstimmen.

Betriebsweise. BHKW werden entweder wärmegeführt, stromgeführt oder in einer Kombination beider Möglichkeiten betrieben.

Ein wärmegeführtes BHKW wird nach dem Wärmebedarf der Verbraucher ausgelegt. Zusätzliche Wärmeerzeuger können das Aggregat bei der Deckung des momentanen Wärmebedarfs unterstützen. Der produzierte elektrische Strom wird ganz oder teilweise (abzüglich des Eigenverbrauchs) in das Stromnetz eingespeist.

Stromgeführte BHKW arbeiten entweder im Netzparallelbetrieb, d. h. sie decken den eigenen Strombedarf – z. T. unterstützt durch das öffentliche Netz – ab, oder im Inselbetrieb, in dem sie den Leistungsbedarf der Verbraucher allein abdecken. Auch beim stromgeführten Betrieb sollte ein möglichst großer Teil der anfallenden Wärme genutzt werden. Mit entsprechenden Wärmespeichern können zeitliche Verschiebungen von Strom- und Wärmebedarf zumindest teilweise ausgeglichen werden.

Bei einer kombinierten Betriebsweise wird das Aggregat z. B. wärmegeführt betrieben und zusätzlich zur Spitzenstromabdeckung eingesetzt. Die Wahl der Betriebsweise erfolgt in erster Linie nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Kraftstoffbeschaffung. Rapsölkraftstoff kann kaltgepresst oder raffiniert direkt von den Ölproduzenten (Ölmühlen oder Kleinerzeuger), Großhändlern, Landhändlern oder auch direkt von speziellen Pflanzenöltankstellen bezogen werden. Aktuelle Verzeichnisse von Bezugsquellen sind im Internet zu finden; entsprechende Web-Adressen werden im Anhang zusammengestellt. Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ist bei kleineren z. B. regionalen Anbietern oft der Abschluss längerfristiger Lieferverträge sinnvoll.

Die Anlieferung erfolgt bei kleineren Mengen häufig in Kunststoff- oder Stahlblechbehältern auf Paletten mit ca. 800 bis 1.000 l Inhalt. Diese können dann auch als Lagerbehälter beim BHKW-Betreiber dienen. Bei größeren BHKW mit hohem Kraftstoffverbrauch und guter Auslastung ist es sinnvoll, einen Kraftstofftank mit entsprechenden Befüll- und Entleerungseinrichtungen sowie Druckausgleichsventilen und Füllstandsanzeige zu installieren. Zur Anlieferung des Pflanzenöls werden dann meist Tanklastzüge einge-



setzt. Dabei ist es wichtig, dass die Ladebehälter sauber und frei von Restmengen zuvor transportierter Güter sind. Derartige Rückstände können zum Teil zu erheblichen Schäden und Störungen führen (Filterverstopfungen, Reinigung und Austausch des gesamten Kraftstoffsystems etc.).

Von entscheidender Bedeutung ist, dass der Kraftstoff die vom BHKW-Hersteller geforderte Qualität (z. B. Rapsölkraftstoff nach DIN V 51605) aufweist. Diese sollte auf dem Lieferschein vermerkt sein. Die Lieferscheine sind als Nachweis zusammen mit einem Einsatzstofftagebuch, in dem über die Mengen und die Qualität der eingesetzten Kraftstoffe Buch geführt wird, aufzubewahren (vgl. Kapitel 10.5.5).

Qualitätssicherung beim Kraftstoff. Bei den pflanzenölbetriebenen BHKW liegen die mit Abstand umfangreichsten Einsatzerfahrungen mit Rapsöl vor. Hierfür ist auch die Standardisierung, d. h. die Festbeschreibung von Mindest-Qualitätsanforderungen durch die Veröffentlichung der Vornorm DIN V 51605, am weitesten fortgeschritten (siehe Kapitel 10.2). Das Rapsöl sollte entweder aus einer kalten Pressung stammen oder als Vollraffinat verwendet werden. Die Verwendung von nicht näher spezifiziertem Pflanzenöl oder Teilraffinaten sollte vermieden werden.

Eine erste Qualitätsbeurteilung durch Sicht- und Geruchskontrolle einer repräsentativen Ölprobe sollte bei jedem Betankungsvorgang erfolgen. Frisches Rapsöl ist durchsichtig und hat eine goldgelbe Farbe. Bei einer Sichtkontrolle ist insbesondere auf feste Fremdstoffe im Öl, auf Trübungen, Verfärbungen (vor allem grünliche Verfärbungen), Phasentrennungen (z. B. durch freies Wasser) zu achten. Beim Geruchstest sollten keine stechenden Gerüche (z. B. durch Verunreinigung mit mineralischen Kraftstoffen oder Lösungsmittelrückständen) oder ranzige Gerüche (z. B. durch stark oxidativ vorbelastete Öle) festgestellt werden. Diese einfachen Tests ersetzen aber nicht eine Ölanalyse entsprechend der vorgeschriebenen Prüfmethode /10-15/. Im Verdachts- oder Schadensfall sollte eine solche Analyse durchgeführt werden.

Insbesondere bei der Annahme großer Mengen Rapsölkraftstoff empfiehlt es sich, bei der Betankung an der Zapfanlage drei Rückstellmuster zu entnehmen. Die Probenflaschen werden im Beisein des Lieferanten und Kunden beschriftet und mit Originalitätsverschlüssen verschlossen oder versiegelt. Die Beschriftung sollte folgende Angaben enthalten und sowohl vom Rapsölkraftstoffproduzenten als auch

vom Kunden unterzeichnet werden: Adresse des Rapsölkraftstoffproduzenten, Adresse des Kunden, Proben-Nummer, Ort und Stelle der Probenahme, Art der Probenahme, Ort, Datum, Zeit, Unterschriften. Je eine Flasche verbleibt beim Kunden und beim Rapsölkraftstoffproduzenten bzw. -lieferanten für Schiedsanalysen, eine Flasche wird bei Bedarf an ein Prüflabor zur Analyse gegeben. Als Probengefäße haben sich Flaschen mit einem Volumen von 1 l aus HDPE bewährt. Diese sollten dicht verschließbar sein und vollständig befüllt werden. Die Lagerung von Proben und Rückstellmustern sollte dunkel und kühl (ungefähr 5 °C) zum Beispiel in einem Kühlschrank erfolgen.

Kraftstofflagerung. Rapsölkraftstoff ist im Gegensatz zu Heizöl und Dieselmotorkraftstoff im Normalfall nicht additiviert und ist daher auch stärker Alterungsvorgängen ausgesetzt (oxidativer Verderb, Bildung freier Fettsäuren). Die Oxidationsvorgänge von Ölen und Fetten werden begünstigt durch Sauerstoffzutritt, Licht und Wärme und durch katalytisch wirkende Schwermetallionen (z. B. Eisen, Kupfer). Negative Auswirkungen auf die Eignung als Kraftstoff (z. B. erhöhte Viskosität, verstärkte korrosive Wirkung) sind die Folge. Bei der motorischen Nutzung kann es außerdem zu Rückstandsbildungen in Kraftstoffleitungen, Verharzungen an den Einspritzdüsen und zur Beeinträchtigung der Schmierfähigkeit des Motorenöls kommen.

Für die Lagerung gelten folgende Empfehlungen:

- möglichst konstant niedrige Lagerungstemperaturen (ca. 5 bis 10 °C), am besten durch Erdtanks oder zumindest durch kühle Tankaufstellung (Keller),
- keine Tankheizungen verwenden (Die Verbesserung der Fließ- und Pumpfähigkeit sollte statt dessen durch vergrößerte Querschnitte der Kraftstoffleitungen oder leistungsstärkere Förderpumpen erreicht werden; bei evtl. dennoch benötigter Tankheizung sollte das Öl – auch lokal – keinesfalls über 25 °C aufgeheizt werden.),
- dunkler Aufstellungsort ohne direkte Sonneneinstrahlung,
- Zutritt von Sauerstoff gering halten (Auch bei Tank- und Pumpvorgängen sollte ein „Plätschern“ durch geringe Fallhöhen oder durch „Abfließenlassen“ an den Tankinnenwänden vermieden werden, eine Entlüftungseinrichtung zur Vermeidung von Druckschwankungen beim Befüllen und Entleeren ist jedoch immer erforderlich.),
- Tankbehälter sollten dicht verschlossen sein,



- Eintrag von Wasser vermeiden (z. B. Kondenswasserbildung bei Befüllung eines kalten Tanks mit warmen Pflanzenöl), gegebenenfalls ist die Tankbelüftung mit einem Wasser abscheidenden Filter auszustatten,
- Eintrag von Verschmutzungen ausschließen,
- Tank und kraftstoffführende Teile dürfen nicht aus Kupfer oder Messing sein (vor allem Kupferionen wirken stark katalytisch auf die Öloxidation),
- Kraftstoffentnahmestelle nicht unmittelbar am Tankboden anbringen (Sedimententnahme vermeiden),
- Lagertanks sollen vollständig und einfach entleerbar sowie leicht zu reinigen sein (eine regelmäßige Tankreinigung ca. alle 1 bis 3 Jahre ist empfehlenswert).
- Maximale Lagerdauer: ca. 12 Monate (keine überdimensionierten Lagertanks)

Als ortsfeste ober- und unterirdische Lagerbehälter ab einem Fassungsvermögen von etwa 1.000 l eignen sich vor allem ein- und doppelwandige Stahl- oder Kunststoffbehälter mit Füll- und Entlüftungsleitungen, sowie Leckanzeigergeräten, Füllstandsanzeiger und Befüllsicherungseinrichtungen. Bestehende intakte Tankanlagen, die zur Lagerung von Heizöl benutzt werden, können nach vollständiger Entleerung und Reinigung auch für Pflanzenöl verwendet werden, sofern die oben genannten Punkte berücksichtigt werden.

Kraftstoffzuführung. Prinzipiell gelten die für die Lagerung von Pflanzenöl aufgeführten Empfehlungen entsprechend auch für die Kraftstoffzuführung. Im Einzelnen sind zu nennen:

- Kraftstoffführende Leitungen und Verschraubungen sollten nicht aus Kupfer oder Messing beschaffen sein (besser: chromatierter Stahl oder Edelstahl),
- flexible Schlauchleitungen aus pflanzenölbeständigem Material, wie z. B. Nitril-Kautschuk – NBR (Perbunan) oder Fluor-Kautschuk – FPM (Viton) verwenden,
- Rohrleitungsquerschnitte ausreichend dimensionieren (zähflüssiger Kraftstoff!); beispielsweise bei kleineren BHKW mit Innendurchmesser von ca. 10 bis 12 mm (für Kraftstoffdurchflüsse bis ca. 30 l/h),
- Probenahmeverrichtung (Entnahmehahn in Kraftstoffzulaufleitung) und Schauglas zur Kontrolle vorsehen,
- leistungsstarke und leicht zugängliche Kraftstoffförderpumpe verwenden (konventionelle Kraftstoffförderpumpen sind oft nicht ausreichend, daher sollte eine aggregat-externe Elektro-Förder-

pumpe nahe dem Kraftstoffvorratsbehälter angebracht sein; das Fördervolumen sollte ca. 50 bis 100 % über dem maximalen Kraftstoffverbrauch des BHKW liegen.),

- kurze Leitungsführung und geringe Saughöhe vorsehen,
- Leitungen nicht unter Putz oder im Boden verlegen,
- Leitungsverbindung zum BHKW flexibel und schwingungstolerant ausführen,
- Kurzschlusskreislauf von Kraftstoffrücklauf- und Leckkraftstoffleitung zum Vorlauf (Einstrangsystem) einrichten (zur Vermeidung von Rückflüssen des thermisch vorbelasteten Pflanzenöls in den Tank),
- Verwendung von Filtereinrichtungen (Feinfilter), bei größerem Schmutzanfall auch zusätzlich gröbere Vorfilter (meist Siebfilter). Die Verwendung von Motorenölfiltern als Kraftstofffilter ist möglich und oft sinnvoll (bessere Eignung wegen hoher Viskosität des Pflanzenöls), sofern eine ausreichende Filterleistung gewährleistet ist. Die notwendige mittlere Filterfeinheit beträgt für Reiheneinspritzpumpen etwa 5 µm und für Verteilereinspritzpumpen etwa 10 µm /10-13/. Zur Minimierung von Standzeiten sind parallelgeschaltete Kraftstoffbypassfilter empfehlenswert.
- auf Kraftstoffvorwärmung zur Vermeidung von Verharzungen möglichst verzichten (außer bei sehr kurzer Förderdauer bis zur Einspritzung, jedoch nicht im Tank und bei Motorstillstand),
- nur geeignete hoch belastbare Einspritzpumpe verwenden (stärkere Belastungen als bei Dieselbetrieb),
- Vermeidung von Verkokungen und Ablagerungen an den Einspritzdüsen u. a. durch gute Kraftstoffqualität mit niedrigem Koksrückstand (vgl. Kapitel 10.2) aber auch durch eine geeignete Düsengeometrie, die einer Rückstandsbildung vorbeugt. Ablagerungen behindern das Schließen der Düsenadel und beeinträchtigen die Zerstäubungsqualität, so dass es zum Nachtröpfeln verbunden mit erhöhten HC- und Rußemissionen kommt; unverbrannter Kraftstoff gelangt außerdem an die Zylinderwände und kann auf diese Weise in das Motoröl eingetragen werden, was unter bestimmten Bedingungen zu dessen Eindickung und zum Ausfall der Schmierfähigkeit (Motorschaden) führt.

Motor. Neben fremdstoffbeladenen Pflanzenölen zählen Schmieröleindickung und Motorüberhitzung zu den wichtigsten Ursachen für Schäden an Pflanzenölmotoren. Der Wahl des geeigneten Kraftstoffs (z. B. Rapsölkraftstoff nach DIN V 51605, vgl. Kapitel 10.2)

und des Motors kommt deshalb eine hohe Bedeutung bei. Hitzeschäden werden durch eine ausreichende Wärmeabfuhr, durch eine leistungsfähige Belüftung des Motors und saubere Wärmetauscherflächen sichergestellt. Überschüssige Wärme ist auch nach Abstellen des Aggregats durch entsprechende Nachlaufzeiten von Wasserpumpen und Lüftern abzutransportieren.

Unbedingt einzuhalten sind die vorgegebenen Wartungsintervalle. Eine hohe Bedeutung kommt dem Wechsel des Motoröls zu, da dieses z. B. infolge häufigerer Kaltstarts oder bei fehlerhaften bzw. verkochten Einspritzdüsen mit Pflanzenöl verunreinigt sein kann (auf Grund der höheren Verdampfungstemperatur von Pflanzenöl erfolgt oft kein Absinken des Schmierölpegels im Motor). Mit Pflanzenöl verunreinigtes Motoröl kann durch Verharzungen und Eindickungen die Motorschmierung beeinträchtigen.

Aufstellort. Im Aufstellungsraum des BHKW ist für eine ausreichende Verbrennungsluftversorgung und Abgasabführung zu sorgen. Die dafür geltenden Richtlinien sind in den Feuerungsverordnungen der Länder bzw. der TA Luft aufgeführt (Kapitel 10.5). Schallschutzmaßnahmen sind bei der Aufstellung ebenso zu berücksichtigen wie Maßnahmen zur Vibrations- und Schwingungsdämpfung. Das Aggregat sollte rutschfest auf tragfähigem Boden stehen. Neben einer ausreichenden Raumbelüftung ist auch für die Abfuhr der durch die Motorabwärme aufgeheizten Kabinenluft zu sorgen, um ein Überhitzen des Motors und/oder des Aufstellungsraums zu vermeiden. Bei Bedarf kann diese Warmluft zur Raumbeheizung dienen. Des Weiteren ist eine möglichst allseitige gute Zugänglichkeit des Aggregats für Wartungs- und Reparaturmaßnahmen sicherzustellen.

Wartung und Überwachung. Der vom Anlagenbauer vorgegebene Wartungsplan ist unbedingt einzuhalten. Abweichungen davon sollten mit dem Motorenhersteller oder Anlagenbauer abgestimmt werden.

Kleinere und häufig wiederkehrende Wartungsarbeiten wie z. B. Kraftstofffilterwechsel und Motoröl- bzw. Motorölfilterwechsel können üblicherweise von einem ortsansässigen Kundendienst nach entsprechender Einweisung durchgeführt werden. Motoröl- und Kraftstofffilter sind je nach Aggregat etwa alle 300 bis 1.000 Betriebsstunden, d. h. bei gut ausgelasteten BHKW ca. alle 2 bis 6 Wochen, zu wechseln. Inspektionen – vor allem innerhalb der Garantiezeit von meist einem Jahr oder einer bestimmten Betriebs-

stundenzahl – sollten dem Anlagenbauer oder einem von ihm beauftragten Fachkundendienst überlassen werden.

Neben den üblichen Wartungsintervallen sollten regelmäßige, am besten tägliche, Routinekontrollen am BHKW von einer eingewiesenen fachkundigen Person stattfinden. Hierbei ist vor allem die Dichtigkeit von kraftstoff-, öl-, wasser- und gasführenden Komponenten zu überprüfen, regelmäßig der Motoröl- und Kühlwasserstand zu kontrollieren, ebenso sind die an der Anlage installierten Mess- und Überwachungseinrichtungen abzulesen. Zusätzlich sollte auf unübliche Geräusche, eine abweichende Abgasfahne (bei Rußschwärzung ggf. Einspritzsystem warten), den Festsitz aller Bauteile und einen ausreichenden Kraftstoff- und Motorölvorrat geachtet werden. Das Führen eines Anlagenbuches ist empfehlenswert. Darin werden wichtige Daten wie der Betriebsstundenzählerstand, Zustand des Aggregats, angezeigte Fehlermeldungen, eventuell beobachtete Auffälligkeiten sowie durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen (z. B. letzter Einspritzdüsenwechsel) und weitere Ereignisse (z. B. Kraftstofflieferung) mit Datum und Namen des Beobachters oder Ausführenden festgehalten. Auch Betriebsdaten wie Motor- und Abgastemperatur werden darin notiert. Dadurch wird eine frühere Erkennung von Störungen und deren Ursachen ermöglicht und der Nachweis über die ordnungsgemäße Durchführung der Wartungsarbeiten erbracht.

10.5 Anforderungen und Vorschriften

Nachfolgend werden die relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von pflanzenölbetriebenen BHKW vorgestellt. Diese Rahmenbedingungen unterliegen – bedingt durch die fortschreitende nationale und europäische Gesetzgebung – fortlaufenden Änderungen, es ist deshalb empfehlenswert sich über die jeweils gültige aktuelle Gesetzeslage zu informieren.

10.5.1 Genehmigung

Blockheizkraftwerke benötigen entweder eine baurechtliche Genehmigung nach dem Baugesetzbuch (BauGB) sowie der jeweiligen Landesbauordnung (z. B. BayBO) oder eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).



Baurechtliche Genehmigung. Blockheizkraftwerke sind Anlagen, die zur Raumbeheizung oder zur Brauchwassererwärmung dienen und fallen demnach in den Anwendungsbereich der jeweiligen Landesbauordnung. Zudem fallen Blockheizkraftwerke in den Geltungsbereich der Verordnung über Feuerungsanlagen, Wärme- und Brennstoffversorgungsanlagen (Feuerungsverordnung – FeuV), in denen ebenfalls länderweise zum Teil unterschiedliche Regelungen festgelegt wurden.

Unter bestimmten Bedingungen sind die Anlagen jedoch von der Genehmigungspflicht befreit. Nach der Bayerischen Landesbauordnung (Art. 63 BayBO) gilt dies beispielsweise, wenn es sich um die Errichtung oder Änderung einer Feuerstätte mit einer Nennwärmeleistung bis zu 50 kW handelt.

Die generellen Forderungen einer Landesbauordnung lassen sich für BHKW wie folgt zusammenstellen (hier am Beispiel der Bayerischen Bauordnung /10-2/):

- Die Aufstellung sollte nur in Räumen erfolgen, bei denen nach Lage, Größe, baulicher Beschaffenheit und Benutzungsart keine Gefahren entstehen.
- Abgase sind so ins Freie zu führen, dass keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.
- Brennstoffe sind so zu lagern, dass keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.
- Für Schall-, Schwingungs- und Erschütterungsschutz ist zu sorgen, so dass keine Gefahren, vermeidbare Nachteile oder vermeidbare Belästigungen entstehen.

Neben der Landesbauordnung sind die Bestimmungen der jeweiligen Länder-Feuerungsanlagenverordnung (FeuV) zu beachten, z. B.:

- Eine Aufstellung in Räumen mit Anlagen zur Luftabsaugung darf nur erfolgen, wenn die Abgasabführung durch entsprechende Maßnahmen überwacht bzw. sichergestellt wird.
- Bauteile mit brennbaren Baustoffen und Einbaumöbel müssen so weit von der Feuerstätte (BHKW) entfernt oder so abgeschirmt sein, dass keine höheren Temperaturen als 85 °C auftreten können.
- Für eine ausreichende Verbrennungsluftversorgung im Aufstellraum ist zu sorgen.
- Die Verbrennungsabgase sind über eigene dichte Leitungen über das Dach abzuführen.
- Abgasanlagen sind so zu bemessen, dass die Abgase sicher ins Freie abgeführt und bestimmte Mindestabstände zu brennbaren Baustoffen eingehalten werden.

Immissionsschutzrechtliche Genehmigung. Eine Genehmigung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist bei BHKW für den Einsatz von naturbelassenem Pflanzenöl erst ab 1.000 kW Feuerungswärmeleistung (entspricht ca. 400 kW_{mech}) erforderlich (Nr.1.4, Spalte 2 des Anhangs zur 4. BImSchV, Fassung vom 14.03.97, zuletzt geändert am 15.07.2006). Einzelheiten zum Genehmigungsverfahren sollen daher hier nicht erörtert werden.

Generell gelten aber auch bei immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen (d. h. lediglich baurechtlich zu genehmigende Anlagen) die Minimierungsgrundsätze des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (§ 22, BImSchG). Demnach müssen

- schädliche Umwelteinwirkungen, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, verhindert werden,
- nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden und
- die beim Betrieb der Anlagen entstehenden Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden können.

10.5.2 Emissionsbegrenzungen

Schadstoffemissionen. Für immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungspflichtige Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 1.000 kW wurden bislang keine allgemeingültigen Vorschriften zur Emissionsbegrenzung festgelegt, und es finden auch keine regelmäßigen Überprüfungen statt. Allerdings werden einige Orientierungswerte genannt, die für die Beurteilung der jeweiligen Anlage nützlich sein können (Tabelle 10.3).

Anforderung an Lärm- und Erschütterungsschutz.

Um Lärmbelästigungen für die Nachbarschaft auszuschließen, sind die Forderungen der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm /10-16/) zu erfüllen. Zur Beurteilung des für die Nachbarschaft zumutbaren Lärms wurden darin Immissionsrichtwerte festgelegt. Diese betragen für Orte außerhalb von Gebäuden:

- | | | |
|---|--------|-------|
| - in Industriegebieten: | | 70 dB |
| - in Gewerbegebieten: | tags | 65 dB |
| | nachts | 50 dB |
| - in Kern-, Dorf- und Mischgebieten: | tags | 60 dB |
| | nachts | 45 dB |
| - in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten: | tags | 55 dB |
| | nachts | 40 dB |



- in reinen Wohngebieten: tags 50 dB
nachts 35 dB
- in Kurgebieten, für Krankenhäuser tags 45 dB
und Pflegeanstalten: nachts 35 dB

Tabelle 10.3: Empfohlene Emissionsbegrenzungen (derzeitige Orientierungswerte) für immissionschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (d. h. Gesamtfeuerungswärmeleistung, FWL < 1 MW) /10-28/

Schadstoff	FWL	Anforderung ^a
Kohlenmonoxid (CO)	< 1 MW	≤ 0,65 g/Nm ³
Staub	< 1MW	Zielwert: 20 mg/Nm ³ durch Einsatz von Rußfiltern unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit
Stickstoffoxide (NO _x), angegeben als NO ₂	≥ 500 kW	≤ 2,5 g/Nm ³ (durch motorische Maßnahmen analog EURO II)
	bis 1 MW	≤ 3,0 g/Nm ³ (Zielwert 2,5 g/Nm ³ , durch motorische Maßnahmen analog EURO II)
Gerüche/HC	< 1 MW	Einsatz von Oxidationskatalysatoren

a. angegeben in Milligramm pro Normkubikmeter (mg/Nm³), bezogen auf einen Sauerstoffgehalt von 5 Vol.-%

Als Maßnahmen zur Verringerung der Lärmemissionen werden BHKW schwingungsisoliert aufgestellt und mit einer Schallschutzkapselung umgeben. Bei relativ geringem Abstand zur Wohnbebauung ist meist die Erstellung eines Schallschutzgutachtens erforderlich. Darin sollten nicht nur der sogenannte „A-bewertete Beurteilungspegel“ (Die A-Bewertung bildet näherungsweise die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs nach.) ermittelt werden, sondern auch die tieffrequenten Geräuschteile der Motoren gemäß TA Lärm untersucht bzw. beurteilt werden.

10.5.3 Vermeidung von Gefährdungen

Die von Kraftstoffen ausgehende Gefährdung betrifft einerseits die Brand- bzw. Explosionsgefahr und andererseits die Gefährdung des Grundwassers und die Gewässergefährdung.

Wasserrechtliche Einordnung. Entsprechend ihrer Gefährlichkeit werden Chemikalien nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) gemäß § 19g, Abs. 5 in Verbindung mit der Verwaltungsvorschrift wasserge-

fährdender Stoffe (VwVwS) in eine von drei Wassergefährdungsklassen (WGK) eingestuft. Die Stoffe gelten entweder als „stark wassergefährdend“ (WGK 3), „wassergefährdend“ (WGK 2) oder als „schwach wassergefährdend“ (WGK 1) /10-1/.

Reines unbehandeltes Rapsöl ist im Anhang 1 (Nicht wassergefährdende Stoffe) der VwVwS als Kenn-Nummer 760 (Triglyceride) aufgeführt und gilt daher als „nicht wassergefährdend“. Das bedeutet, dass keine der oben genannten Gefährdungsklassen zutrifft. Ein Zusatz von Additiven kann jedoch die Einstufung in eine der drei genannten Wassergefährdungsklassen zur Folge haben.

Bei dieser günstigen Einordnung von naturbelasstem Rapsöl handelt es sich jedoch nicht um eine bindende Vorschrift. Im Einzelfall sind daher abweichende Beurteilungen möglich, so dass weitere Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes für wassergefährdende Stoffe (z. B. bei Lagerung und Umschlag) beachtet werden müssen.

Brand- und Explosionsschutz. Naturbelassenes Rapsöl weist mit durchschnittlich ca. 231 °C /10-15/ einen deutlich höheren Flammpunkt auf, als mineralischer Dieselkraftstoff (ca. 64 °C) oder Benzin (unter -20 °C). Es ist somit vergleichbar mit Rapsölmethylester (ca. 172 °C) /10-10/. Beide Kraftstoffe unterlagen nicht der bisherigen Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF), wonach eine Einstufung als Gefahrgut erst bei einem Flammpunkt von weniger als 100 °C gegeben war. Als zum 1. Januar 2003 die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) außer Kraft getreten ist, ist auch die Einstufung nach VbF-Klassen weggefallen. Die Einstufung erfolgt nun nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) bzw. der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Demnach weist Rapsölkraftstoff keine Gefährlichkeitsmerkmale gemäß § 4 GefStoffV auf /10-23/.

Werden andere Kraftstoffe mit Rapsöl gemischt, kann sich schon bei geringen Beimischungsanteilen eine Einstufung als gefährlicher Stoff ergeben.

10.5.4 Steuerliche Regelungen

Energiesteuer. Mit der Einführung des Energiesteuergesetzes (EnergieStG) am 01. August 2006 wurde das Mineralölsteuergesetz außer Kraft gesetzt. Nach § 1 EnergieStG sind tierische und pflanzliche Öle und Fette Energieerzeugnisse und unterliegen dem Energiesteuergesetz, wenn sie als Kraft- oder Heizstoff verwendet werden /10-7/. Mit dem Energiesteuergesetz werden die Regelungen der EU-Energiesteuerrichtlinie



2003/96/EG zur Harmonisierung der Besteuerung von Energieerzeugnissen in nationales Recht umgesetzt. Danach sollen alle Energieerzeugnisse in Europa möglichst gleichmäßig besteuert, Wettbewerbsverzerrungen abgebaut und größere Anreize für einen effizienten Energieverbrauch geschaffen werden. Die Herstellung von Rapsölkraftstoff und die Zweckbestimmung „Kraft- oder Heizstoff“ ist demnach eine Herstellung von Energieerzeugnissen (§ 6 EnergieStG) und bedarf einer Erlaubnis. Diese Erlaubnis kann beim zuständigen Hauptzollamt beantragt werden (www.zoll.de/service/dienststverz/index.html).

Nach § 2, Abs. 3, Nr. 1 (EnergieStG) ist Biodiesel und Pflanzenöl (ebenso wie Heizöl extra leicht), das für Heizzwecke z. B. als Ersatz für Heizöl in Ölfeuerungen oder in begünstigten Anlagen nach § 3 Verwendung findet (hierzu zählen ortsfeste Anlagen deren mechanische Energie ausschließlich zur Stromerzeugung dient sowie Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung mit einem Jahresnutzungsgrad von mindestens 60 %, deren mechanische Energie nicht ausschließlich zur Stromerzeugung dient), steuerbegünstigt. Allerdings sind nach § 50, Abs.1 Biodiesel und Pflanzenöl für Heizzwecke bis Ende 2009 vollständig steuerentlastet und fallen nicht in die Teilbesteuerung bei Verwendung als Kraftstoff nach § 50, Abs. 2. Ab dem 01.01.2010 wird dann auch für Bioheizstoffe nach dem so genannten Ähnlichkeitsprinzip grundsätzlich der Energiesteuersatz für Heizöl extra leicht in Höhe von 6,135 Cent/Liter erhoben. Als Ausnahme werden für die als Heizstoff versteuerten Energieerzeugnisse (z. B. Pflanzenöl), die zur Stromerzeugung in ortsfesten Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von mehr als 2 Megawatt sowie zur gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme in ortsfesten Anlagen (Betrieb von Blockheizkraftwerken) mit einem Monats- oder Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 % nach § 53 zeitlich unbegrenzt eine Steuerentlastung gewährt.

Monats- oder Jahresnutzungsgrad ist dabei der Quotient aus der Summe der genutzten erzeugten mechanischen und thermischen Energie und der Summe der zugeführten Energie aus Energieerzeugnissen (Heizstoff) in einem Monat bzw. Kalenderjahr.

Nach § 2 Abs. 4 Energiesteuergesetz unterliegen Rapsölkraftstoff und andere pflanzliche Öle für den **mobilen** Einsatz grundsätzlich der gleichen Steuer wie Dieselkraftstoff, da sie diesem in ihrer Beschaffenheit und in ihrem Verwendungszweck am nächsten kommen. Jedoch ist nach § 50 EnergieStG eine Steuerbegünstigung von Pflanzenöl als Reinkraftstoff bis 31. Dezember 2011 festgeschrieben. Die Höhe der

Steuerbegünstigung wird ab 1. Januar 2007 (bis dahin Steuerbefreiung) schrittweise verringert. Um diese Steuerbegünstigung in Anspruch nehmen zu können, muss das Pflanzenöl den Anforderungen der DIN V 51605 genügen, was nur durch die Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff erreicht werden kann. Als Voraussetzung für die Gewährleistung der Steuerbegünstigung von Rapsölkraftstoff müssen die Rapsölkraftstoffhersteller ihre Tätigkeit beim zuständigen Hauptzollamt anzeigen und die Energiesteuerentlastung beantragen.

Weiterhin werden seit dem 01. Januar 2007 Hersteller von Energieerzeugnissen (z. B. Pflanzenöl) nach § 37a BImSchG ordnungsrechtlich verpflichtet, einen wachsenden Mindestanteil ihres jährlichen Absatzes an Otto- oder Dieselmotorkraftstoff für den **mobilen** Einsatz durch Biokraftstoffe zu ersetzen (Biokraftstoffquote). Für den Biokraftstoff zur Erfüllung dieser Verpflichtung kann nach § 50 EnergieStG keine Steuerentlastung in Anspruch genommen werden.

Unter Einbeziehung dieses nicht steuerbegünstigten Anteils am Absatz von Biokraftstoffen ergeben sich folgende effektive Steuersätze für Pflanzenöl im mobilen Bereich:

0 Cent/l	ab 01. August 2006
2,07 Cent/l	ab 01. Januar 2007
9,86 Cent/l	ab 01. Januar 2008
18,46 Cent/l	ab 01. Januar 2009
26,44 Cent/l	ab 01. Januar 2010
33,33 Cent/l	ab 01. Januar 2011
45,06 Cent/l	ab 01. Januar 2012

Abweichend von diesen Steuersätzen wird nach § 57 EnergieStG Pflanzenöl, welches als Reinkraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft Verwendung findet, auf Antrag vollständig von der Steuer entlastet. Diese Entlastung wird ohne zeitliche Einschränkung gewährt.

Stromsteuer. Der in pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerken erzeugte Strom kann von der Stromsteuer befreit sein. Diese Befreiung ergibt sich aus § 9 Abs. 1 des Stromsteuergesetzes (StromStG) /10-17/, sie gilt unter anderem für Strom

- aus erneuerbaren Energieträgern, sofern dieser aus einem ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energieträgern gespeisten Netz oder einer entsprechenden Leitung entnommen wird,
- der zur Stromerzeugung entnommen wird, z. B. Strom, der für Neben- und Hilfsanlagen der Stromerzeugungseinheit,
- aus Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 2 Megawatt, der in räumlichem Zusam-



menhang zu dieser Anlage zum Selbstverbrauch oder vom Anlagenbetreiber für einen Letztverbraucher entnommen wird,
- aus Notstromanlagen.

Der Erlass, die Erstattung oder die Vergütung der Steuer ist gemäß § 18 der Verordnung zur Durchführung des Stromsteuergesetzes (Stromsteuer-Durchführungsverordnung – StromStV) beim zuständigen Hauptzollamt zu beantragen.

10.5.5 Stromeinspeisung und -vergütung

Die Abnahme und Vergütung von elektrischem Strom aus Pflanzenöl-BHKW ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt /10-9/. Das Gesetz verpflichtet den Netzbetreiber, entsprechende Anlagen zur Erzeugung von Strom aus regenerativen Energiequellen an das Netz anzuschließen, den gesamten angebotenen Strom aus diesen Anlagen vorrangig abzunehmen und den eingespeisten Strom zu vergüten. Die Vergütung hängt von der installierten elektrischen Leistung und vom Jahr der Inbetriebnahme ab.

Gemäß EEG betragen die Grundvergütungssätze für in 2007 in Betrieb genommene Anlagen bis einschließlich 150 kW_{el} mindestens 10,99 Cent/kWh, für Anlagen bis einschließlich 500 kW_{el} mindestens 9,46 Cent/kWh, für Anlagen bis einschließlich 5 MW mindestens 8,51 Cent/kWh und für Anlagen bis einschließlich 20 MW_{el} mindestens 8,03 Cent/kWh (vgl. Tabelle 10.4).

Die Mindestvergütungen erhöhen sich gemäß § 8 Abs. 2 EEG unter anderem für Strom, der „...ausschließlich aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen und die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden...“ um 6 Cent/kWh für Anlagen bis einschließlich 500 kW_{el} und um 4 Cent/kWh für Anlagen bis einschließlich 5 MW_{el}. Die meisten Energieversorger sehen diese Bedingung bei kaltgepresstem Rapsölkraftstoff erfüllt. Des Weiteren wird dieser sogenannte Nawaro-Bonus nur gewährt, wenn die Anlage ausschließlich für Nawaro-Bonus fähige Brennstoffe genehmigt ist oder wenn dies nicht der Fall ist, „...dass der Anlagen-Betreiber durch ein Einsatzstoff-Tagebuch mit Angaben und Belegen über Art, Menge und Herkunft der eingesetzten Stoffe den Nachweis führt, dass keine anderen Stoffe eingesetzt werden.“

Tabelle 10.4: Mindestvergütungssätze in Cent/kWh für die Einspeisung von elektrischem Strom aus neu in Betrieb genommenen Pflanzenöl-BHKW (nach /10-9/)

elektrische Leistung Vergütungsart	Vergütung (Ct/kWh) bei Inbetriebnahmejahr:				
	2006	2007	2008	2009	2010
<i>bis 150 kW_{el}</i>					
Grundvergütung	11,16	10,99	10,83	10,67	10,51
NawaRo-Bonus	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
KWK-Bonus	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<i>Gesamt:</i>	19,16	18,99	18,83	18,67	18,51
<i>bis 500 kW_{el}</i>					
Grundvergütung	9,60	9,46	9,32	9,18	9,04
NawaRo-Bonus	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
KWK-Bonus	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<i>Gesamt:</i>	17,60	17,46	17,32	17,18	17,04
<i>bis 5 MW_{el}</i>					
Grundvergütung	8,64	8,51	8,38	8,25	8,13
NawaRo-Bonus	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
KWK-Bonus	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<i>Gesamt:</i>	14,64	14,51	14,38	14,25	14,13
<i>bis 20 MW_{el}</i>					
Grundvergütung	8,15	8,03	7,91	7,79	7,67
NawaRo-Bonus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KWK-Bonus	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<i>Gesamt:</i>	10,15	10,03	9,91	9,79	9,67

Gemäß § 8 Abs. 3 erhöht sich die Mindestvergütung zusätzlich um 2 Cent/kWh für alle Anlagen bis einschließlich 20 MW_{el}, sofern es sich um Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung im Sinne § 3 Abs. 4 des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes handelt. Dieser sogenannte „KWK-Bonus“ wird nur gewährt, wenn „...dem Netzbetreiber ein entsprechender Nachweis nach dem von der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft – AGFW – e. V., herausgegebenen Arbeitsblatt FW 308 – Zertifizierung von KWK-Anlagen – Ermittlung des KWK-Stromes vom November 2002 (BAnz. Nr. 218a vom 22. November 2002) vorgelegt wird.“ oder „...für serienmäßig hergestellte KWK-Anlagen mit einer Leistung von bis zu 2 Megawatt geeignete Unterlagen des Herstellers vorgelegt werden, aus denen die thermische und elektrische Leistung sowie die Stromkennzahl hervorgehen.“

Gemäß § 8 Abs. 5 verringert sich die Grundvergütung (in 2007: 10,99 Cent/kWh_{el}) für neu in Betrieb

genommene Anlagen jährlich um 1,5 % des für die im Vorjahr neu in Betrieb genommenen Anlagen maßgeblichen Werts (auf zwei Stellen hinter dem Komma gerundet). Die Zusatzvergütungen von 6 bzw. 4 Cent/kWh und 2 Cent/kWh bleiben davon ausgenommen.

„Die Mindestvergütungen sind vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme an jeweils für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres zu zahlen“ (§ 12 Abs. 3). Für Anlagen die vor 2004 in Betrieb genommen worden sind, erhöht sich die Vergütung entsprechend § 8 Abs. 2 um bis zu 6 bzw. 4 Cent/kWh (§ 21 Abs. 1).

Nach § 8 Abs. 6 EEG entfällt die Pflicht zur Vergütung „...für Strom aus Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2006 in Betrieb genommen worden sind, wenn für Zwecke der Zünd- und Stützfeuerung nicht ausschließlich Biomasse ... oder Pflanzenölmethylester verwendet wird. Bei Anlagen, die vor dem 1. Januar 2007 in Betrieb genommen worden sind, gilt der Anteil, der der notwendigen fossilen Zünd- und Stützfeuerung zuzurechnen ist, auch nach dem 31. Dezember 2006 als Strom aus Biomasse.“

Des Weiteren können nach § 8 Abs. 7 EEG Vorschriften erlassen werden, „...welche Stoffe als Biomasse im Sinne dieser Vorschrift gelten, welche technischen Verfahren zur Stromerzeugung angewandt werden dürfen und welche Umweltauflagen dabei einzuhalten sind.“

10.6 Emissionen und Wirkungsgrade

Emissionen pflanzenölbetriebener Motoren. Über den Schadstoffausstoß von Pflanzenölmotoren liegen verschiedene Studien vor, die sich zumeist auf den Einsatz in Fahrzeugen beziehen /10-18/, /10-19/, /10-10/. Sie zeigen, dass der Betrieb von herkömmlichen, nicht für Pflanzenöl optimierten Dieselmotoren bei den Abgaskomponenten Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC), Partikelmasse und Benzol im Mittel zu einer Erhöhung um etwa 50 %, bei den Aldehyden um ca. 120 % führt. Dies ist in erster Linie auf die nicht für Pflanzenöl geeigneten Motoren und die dadurch schlechtere Verbrennung zurückzuführen. Bei den Stickstoffoxiden (NO_x) und den polyzyklisch aromatischen Kohlenwasserstoffen treten dagegen keine nennenswerten Unterschiede auf.

Vergleicht man dagegen richtigerweise die Emissionen von pflanzenölbetriebenen pflanzenölauglichen Motoren mit dieselbetriebenen Motoren, so ergibt sich gemittelt über alle vorliegenden Untersuchungen für

CO und NO_x keine Veränderung; für HC und die Partikelmasse wird dagegen eine Halbierung des Emissionsniveaus gegenüber Dieselkraftstoff festgestellt.

Emissionen von Stationärmotoren (BHKW). Über Stationärmotoren in BHKW wurden weitaus weniger Untersuchungen angestellt. Für den hier betrachteten Bereich der kleineren Anlagenleistungen liegen jedoch einige belastbare Messergebnisse von drei pflanzenölbetriebenen BHKW unterschiedlicher Leistungsklassen (8, 60 und 110 kW_{el}) im Praxiseinsatz vor, wobei ein Vergleich mit Dieselkraftstoff- oder Heizölbetrieb nicht vorgenommen wurde, da es sich um Motoren handelt, die ausschließlich mit Pflanzenölkraftstoff betrieben werden /10-20/, /10-21/, /10-22/.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 10.5 dargestellt. Der darin aufgeführte Vergleich mit den Emissionsbegrenzungen dient nur der allgemeinen Orientierung, da es sich in allen drei Fällen um eine Feuerungswärmeleistung von weniger als 1 MW (ca. 400 kW_{el}) handelt und die Anlagen somit immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftig sind (Kapitel 10.5.1), das heißt, dass die TA Luft Grenzwerte für sie nicht gelten.

Gemäß Tabelle 10.5 ist bei Pflanzenöl-BHKW zwischen 8 und 110 kW_{el} mit Kohlenmonoxidemissionen (CO) von 20 bis ca. 200 mg/Nm³ zu rechnen. Diese vergleichsweise geringen CO-Emissionen sind ebenso wie die niedrigen Kohlenwasserstoffemissionen (HC) von ca. 4 bis 11 mg/Nm³ in erster Linie auf die Verwendung von Oxidationskatalysatoren bei allen drei untersuchten BHKW zurückzuführen. Derartige Katalysatoren erreichen Umsetzungsraten von ca. 70 bis 90 %, sie werden heute relativ häufig eingesetzt. Der Einsatz von Oxidationskatalysatoren ist bei Pflanzenölmotoren besonders geeignet, da sie auch zu einer deutlichen Verringerung von Aldehyden und Gerüchen beitragen und auf Grund des geringen Schwefelgehalts von Pflanzenöl eine hohe Langzeitwirksamkeit aufweisen.

Somit ließe sich die Emissionsbegrenzung der TA Luft für CO – wenn sie auch bei den kleineren BHKW einschlägig wäre – ohne weiteres einhalten. Anders wäre dies beim NO_x-Ausstoß, der mit den gemessenen 2.000 bis 3.500 mg/Nm³ deutlich über dem TA-Luft-Grenzwert liegt. Aggregate mit Wirbelkammer (vgl. BHKW 1 in Tabelle 10.5) weisen hier bekanntermaßen leichte Vorteile gegenüber den Motoren mit Direkteinspritzung (BHKW 2 und 3) auf. Eine deutliche Emissionsminderung kann voraussichtlich nur durch nachmotorische Maßnahmen (Entstickungskatalysatoren) erreicht werden.



Tabelle 10.5: Abgasemissionen von Pflanzenöl-BHKW bezogen auf trockenes Abgas unter Normbedingungen (0 °C, 1.013 mbar) und 5 % Bezugssauerstoffgehalt

Abgas- komponente (mg/Nm ³) ^a		BHKW 1 (IDI) ^b Nennlast: 8 kW _{el}	BHKW 2 (DI) ^c Teillast: 40 kW _{el}	BHKW 3 (DI) ^c mit Rußfilter Nennlast 110 kW _{el}		Emissionsbegrenzung TA Luft 2002 ^d (nicht bindend für diese Leistungsklasse)
				Modul 1	Modul 2	
CO	Mittelwert (Spanne)	23,6 (12,0–36,7)	38,8 (16,0–49,4)	55,8 (36,0–75,7)	183,4 (59,5–291)	300
NO _x	Mittelwert (Spanne)	2026 (1901–2295)	2793 (2220–3582)	3329 (3313–3345)	2791 (2691–2862)	1000
HC	Mittelwert (Spanne)	3,7 (2,0–6,0)	11,2 (9,2–12,5)	7,0 (6,7–7,3)	10,2 (6,5–15,3)	–
Partikelmasse (Staub)	Mittelwert (Spanne)	79,5 (60,0–136,0)	100,3 (68,8–166,0)	2,6 (1,7–3,5)	3,7 (2,4–5,0)	20
Anzahl Messtage:		6	4	2	3	
Anzahl Halbstundenmittelwerte:		25	16	6	12	

a. Angaben in Milligramm pro Normkubikmeter (mg/Nm³), trockenes Abgas, 0 °C, 1.013 mbar, 5 % Bezugssauerstoff

b. IDI = Motor mit indirekter Einspritzung, hier: Wirbelkammer

c. DI = Motor mit Direkteinspritzung

d. TA-Luft 2002 /10-3/, gilt nur für Anlagen > 1 MW Feuerungswärmeleistung (ca. 400 kW_{el})

Auch bei Staub zeigt sich, dass mit nachmotorischen Maßnahmen wie Partikelfiltern (BHKW 3) sehr niedrige Emissionswerte von ca. 3 mg/Nm³ erreichbar sind. Bei kleineren Anlagen (BHKW 1 und 2) werden derartige Filter jedoch aus Kostengründen und mangelnder Dauerbeständigkeit selten verwendet, so dass der Staubausstoß um ein Vielfaches darüber liegt.

Neben den besonders wirksamen nachmotorischen und den motorischen Emissionsminderungsmaßnahmen kommt auch der Qualitätssicherung beim eingesetzten Pflanzenöl eine gestiegene Bedeutung für den Emissionsschutz zu (vgl. Kapitel 10.4).

Wirkungsgrad. Der Gesamtwirkungsgrad setzt sich aus dem elektrischen und thermischen Wirkungsgrad zusammen, die aus den Quotienten der elektrischen und thermischen Leistung und der eingesetzten Brennstoffwärmeleistung gebildet werden. In der oben genannten Untersuchung über pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke der Leistungsklassen 8, 60 und 110 kW_{el} wurden elektrische Wirkungsgrade von 26, 32 und 36 % ermittelt. Vorkammermotoren weisen ebenso wie Aggregate im Teillastbetrieb einen schlechteren Wirkungsgrad auf als direkt einspritzende Motoren im Nennlastbetrieb. Die thermischen Wirkungsgrade der drei Aggregate betragen je nach Ausführung der Anlage und Sauberkeit der Wärmeübertragerflächen zwischen ca. 40 und 60 %. Daraus ergeben sich Gesamtwirkungsgrade zwischen ca. 70 und 90 %.

10.7 Kosten und Wirtschaftlichkeit

10.7.1 Berechnungsgrundlagen

Die für die Wirtschaftlichkeitsberechnung benötigten Jahreskosten eines BHKW ergeben sich aus der Summe der kapitalgebundenen, verbrauchsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten. Deren Berechnung wird nachfolgend erläutert.

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

Für die Berechnung der jährlichen Kosten der Gesamtinvestition wird gemäß VDI-Richtlinie 2067 die Annuitätenmethode angewendet; sie wird in Kapitel 9 näher beschrieben. Die Gesamt-Investitionssumme wiederum setzt sich zusammen aus den Investitionen der einzelnen BHKW-Komponenten. Bei einigen dieser Komponenten sind für Pflanzenöl-BHKW die gleichen Kosten wie bei heizölbetriebenen BHKW anzusetzen. Das betrifft die thermische und elektrische Einbindung, die Abgasanlage, bauliche Maßnahmen und die Planungskosten. Für den Motor ergeben sich allerdings in der Regel höhere Kosten, da spezielle Pflanzenölmotoren im Allgemeinen in gerin-

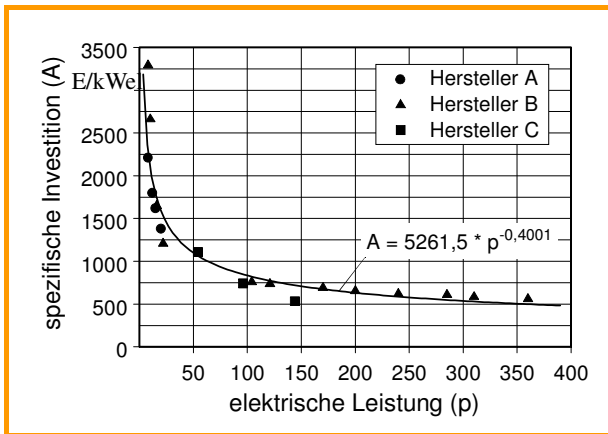


Abb. 10.4: Leistungsabhängige spezifische Investitionssumme (Anschaffungspreis) für ein Pflanzenöl-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb (ohne Planung, Gebäude, Kamin, Kraftstofftank) (nach Herstellerangaben)

ger Stückzahl gefertigt werden oder es sich um umgerüstete konventionelle Motoren handelt.

Zur überschlägigen Kostenberechnung lässt sich die Investitionssumme für ein BHKW-Modul aus Abb. 10.4 ableiten. Eine genauere Kalkulation sollte jedoch auf Basis detaillierter Kostenangebote erfolgen.

Bei den weiteren Investitionen für Kraftstofftank und Kraftstoffzuführung ist von annähernd gleichen Kosten wie bei Heizöl auszugehen. Geringfügig höhere Kosten ergeben sich lediglich wenn, höherwertige pflanzenölaugliche Komponenten verwendet werden sollen (z. B. Edelstahl tanks); diese Mehrkosten werden aber oft durch geringere Sicherheitsaufwendungen für den Boden- und Gewässerschutz kompensiert (z. B. keine regelmäßigen Tankprüfungen).

Die Abschreibungsdauer sollte entsprechend der üblichen Gesamtlaufzeit des BHKW festgelegt werden, sie liegt typischerweise bei ca. 15 Jahren /10-25/. Die technische Lebensdauer aller Komponenten dürfte bei Pflanzenöl-BHKW mit ausgereifter Technik ebenso hoch sein wie bei Diesellaggregaten, allerdings liegen bisher noch keine Daten in ausreichendem Umfang über die tatsächliche maximale Laufleistung der Motoren vor. Erfahrungen zeigen, dass auch Aggregate mit einer Laufzeit von bis zu ca. 35.000 Betriebsstunden keine außergewöhnlichen Verschleißerscheinungen aufweisen.

Verbrauchsgebundene Kosten. Hierzu zählen Brennstoffkosten und die Hilfsenergiekosten wie etwa für Pumpen. Für Rapsöl als Brennstoff kann ein fester Bezugspreis angenommen werden, der allerdings je

nach Lieferant, Bezugsmenge, Angebot und Nachfrage sowie der Jahreszeit Schwankungen unterworfen sein kann.

Die mittleren Preise für Rapsöl liegen derzeit zwischen ca. 0,60 €/l und 0,70 €/l (zzgl. MwSt.). Höhere Kraftstoffkosten innerhalb der Preisspanne können dann in Kauf genommen werden, wenn zuverlässig eine gesicherte hohe Rapsölqualität geliefert wird, wodurch Tankreinigungen, Kraftstofffilterwechsel oder andere Instandsetzungsmaßnahmen eingespart werden können.

Betriebsgebundene Kosten. Nach VDI-Richtlinie 2067 /10-25/ fallen als betriebsgebundene Kosten in erster Linie die Instandhaltungs- und ggf. Personalkosten an. Die jährlichen Instandhaltungskosten werden als Pauschalsätze in Prozent der Investitionskosten angenommen (von 3,0 bis 9,0 %). In Anbetracht der neueren Technologie und der geringeren Erfahrungen mit Rapsöl-BHKW ist die Verwendung der am oberen Rand der Bandbreite liegenden Kostenansätze sinnvoll. Damit wird auch den bei manchen Aggregaten kürzeren Wartungsintervallen (v. a. Motoröl- und Kraftstofffilterwechsel) oder dem teilweise vorgeschriebenen Einsatz teurerer Betriebsmittel (Motoröl) Rechnung getragen. Bei den Instandhaltungskosten durch einen Fachkundendienst (z. B. Anlagenbauer oder Motorenhersteller) muss berücksichtigt werden, dass dafür im Einzelfall höhere Fahrtkosten einzurechnen sind, weil erfahrene Fachwerkstätten für Pflanzenölmotoren noch wenig verbreitet sind.

Der Kostenansatz für das notwendige Personal zur Bedienung und Überwachung der Anlage hängt davon ab, ob vorhandene Kapazitäten ausreichen oder ob zusätzliches Personal eingestellt werden muss. Bei BHKW mit einer thermischen Leistung von weniger als 2 MW ist lediglich mit stundenweiser Beaufsichtigung der Anlage zu rechnen. Als Personalkosten können dafür als grober Anhaltswert etwa 3 bis 4 % der Investitionskosten (ohne Bauteil) veranschlagt werden /10-25/. Sonstige Kosten nach VDI 2067 (z. B. Verwaltung) werden ebenfalls in Prozent der Gesamtinvestitionssumme abgeschätzt und unterscheiden sich normalerweise nicht zwischen Pflanzenöl- und Heizölaggregaten.

Erlöse und Gutschriften. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit von BHKW sind vor allem die erzielbaren Preise oder die anrechenbaren Gutschriften für Strom und gegebenenfalls für Wärme.

Bei der Einspeisung von Strom aus Biomasse (Pflanzenöl) wird gemäß dem Erneuerbaren-Ener-

gien-Gesetz (EEG) eine gesetzlich festgeschriebene Mindestvergütung gewährt (vgl. Kapitel 10.5.5). Die Bewertung des Eigenverbrauchs der produzierten Elektrizität richtet sich dagegen nach den für den Nutzer relevanten Strompreisen, die sich für Tarifkunden (Niederspannungsebene) und Sondervertragskunden (vorrangig Mittelspannungsebene mit hohem Verbrauch) unterscheiden.

10.7.2 Wirtschaftlichkeitsrechnung

Die beim Einsatz eines BHKW anfallenden Kosten werden entweder nur auf die produzierte Wärme oder nur auf den erzeugten Strom bezogen. Die spezifischen Wärmegestehungskosten beispielsweise ergeben sich aus den jährlichen Gesamtkosten abzüglich der Erlöse für die produzierte elektrische Energie, dividiert durch die jährlich erzeugte Wärmemenge. Sind diese Wärmegestehungskosten niedriger als die eines Vergleichssystems, so arbeitet das BHKW rentabel.

In Tabelle 10.6 werden die Wärmebereitstellungskosten für 3 Berechnungsbeispiele ermittelt. Dabei handelt es sich um eine Übersichtsrechnung; vereinfachend werden daher die in einem Gesamtenergiekonzept notwendigen Komponenten wie Spitzenlastversorgung, Pufferspeicher und Wärmeverteilung nicht berücksichtigt. Das Gleiche gilt für die Planungskosten. Insgesamt wurden drei Szenarien aufgestellt, die durch zwei verschiedene Anlagengrößen und durch unterschiedliche Rahmenbedingungen charakterisiert sind.

In Szenario 1 (BHKW mit 8 kW_{el}) und Szenario 3 (BHKW mit 110 kW_{el}) wurden Annahmen getroffen, die sich weitgehend nach der VDI-Richtlinie 2067 richten. Dabei wurden für Instandhaltung, Personal und Verwaltung durchweg die oberen Kostenansätze angenommen. In Szenario 2 werden dagegen besonders günstige Rahmenbedingungen vorausgesetzt.

Die spezifischen Investitionskosten für die BHKW-Module basieren in allen Fällen auf der Kurvengleichung in Abb. 10.4. Die Investitionsanteile für bauliche Aufwendungen, d. h. Gebäude, Grundstück, Abgasabführung und Kraftstofflagerung sind in hohem Maße von der Anlagengröße und den jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen abhängig. Bei größeren BHKW-Anlagen werden für diesen baulichen Teil häufig Investitionskosten von ca. 160 bis 220 €/kW_{el} angesetzt /10-26/. Insbesondere bei kleineren pflanzenölbetriebenen BHKW (z. B. 8 kW_{el}) können aber im Einzelfall die spezifischen Investitionskosten ohne weiteres um ein Vielfaches höher

liegen /10-14/. In den hier betrachteten Szenarien 1 und 3 (Tabelle 10.6) wird eine mittlere spezifische Investition für die baulichen Aufwendungen (siehe oben) von 1.300 €/kW_{el} angenommen.

Die günstigeren Rahmenbedingungen in Szenario 2 betreffen im Wesentlichen die niedrigeren Kraftstoffkosten (z. B. bei eigener Rapsölproduktion), eine höhere Anlagenauslastung (Wärmebedarf auch im Sommer, z. B. für Trocknungsanlagen), geringere bauliche Investitionen (z. B. bei vorhandenem Aufstellraum und Lagertank) und, geringeren Wartungsaufwand (durch freie Kapazitäten vorhandener Arbeitskräfte bzw. Nichtanrechnung der eigenen Arbeitszeit).

Gemäß Tabelle 10.6 ergeben sich für das BHKW mit 8 kW_{el} in Szenario 1 Wärmegestehungskosten von 0,14 €/kWh und für das BHKW mit 110 kW_{el} (Szenario 3) 0,11 €/kWh. Unter günstigen Rahmenbedingungen (Szenario 2) können die Wärmegestehungskosten jedoch auch deutlich niedriger liegen (0,07 €/kWh).

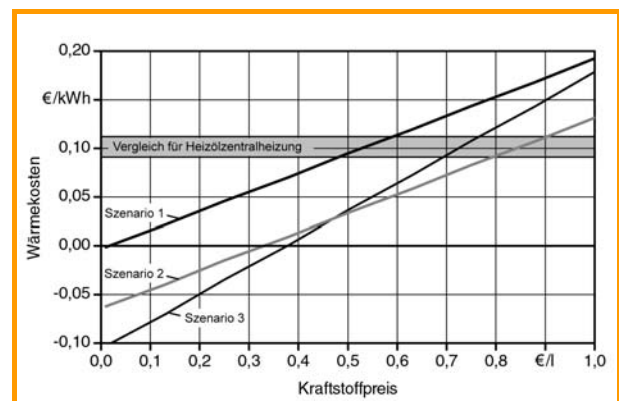


Abb. 10.5: Wärmekosten von rapsölbetriebenen BHKW in Abhängigkeit vom Kraftstoffpreis bei den drei untersuchten Szenarien (vgl. Tabelle 10.6) im Vergleich zu Heizölzentralheizungen im Leistungsbereich von 15 bis 60 kW_{th} (vgl. Kapitel 9)

Die Wärmegestehungskosten hängen entscheidend von den Kraftstoffkosten ab. In Abbildung 10.5 sind die Wärmegestehungskosten für die drei betrachteten Szenarien in Abhängigkeit von den Rapsölkraftstoffkosten dargestellt. Demnach führt unter den bestehenden Annahmen eine Zunahme des Rapsölkraftstoffpreises um 0,10 €/l zu einer Erhöhung der Wärmekosten in Szenario 1 und 2 um etwa 0,019 €/kWh und in Szenario 3 um ca. 0,028 €/kWh. Im günstigsten Fall ist erst ab einem Kraftstoffpreis von weniger als 0,40 €/l mit einer kostenlosen Bereitstellung der Wärme durch pflanzenölbetriebene Block-

heizkraftwerke zu rechnen. Beim Vergleich der Wärmekosten mit Heizölzentralheizungen im Leistungsbereich von 15 bis 60 kW_{th} (Gesamtnutzungsgrad: 85 %, Heizölpreis: 0,60 €/l, vgl. Kapitel 9) ist ein

Rapsölkraftstoffpreis in Szenario 1 von ca. 0,55 €/l, in Szenario 2 und 3 zwischen ca. 0,70 und 0,90 €/l notwendig um konkurrenzfähig zu sein.

Tabelle 10.6: Beispiel für die Berechnung der Wärmegestehungskosten in Pflanzenöl-BHKW

Annahme / Kostenart		Szenario 1 (Standard)	Szenario 2 (günstig)	Szenario 3 (Standard)
<i>Annahmen:</i>				
BHKW elektrische Leistung	kW _{el}	8	8	110
BHKW thermische Leistung	kW _{th}	16	16	110
Anschaffung BHKW-Modul komplett ^a	€	18.318	18.318	88.255
bauliche Investitionen (Gebäude anteilig, Tanks, Kamin) ^b	€	10.400	2.000	143.000
Gesamtinvestition	€	28.718	20.318	231.255
jährliche Instandhaltungskosten für BHKW-Modul	% d. Invest.	9,0	5,0	9,0
jährliche Instandhaltungskosten für bauliche Anlagen	% d. Invest.	1,5	0	1,5
jährliche Personal- und Verwaltungskosten (ohne Bau) ^c	% d. Invest.	6,0	0	6,0
jährliche Versicherungskosten	% d. Invest.	1,5	0	1,5
jährliche Hilfsenergiekosten, Anteilig an Kraftstoffkosten	%	1,0	1,0	1,0
Kraftstoffverbrauch bei Nennlast	l/h	3,1	3,1	31,0
Kraftstoffbezugskosten (inkl. Anlieferung)	€/l	0,75	0,70	0,75
Jahresauslastung BHKW bei Nennlast	h	4.000	6.000	4.000
<i>jährliche Kosten:</i>				
Annuität ^d	€/a	2.700	2.043	20.273
Wartung, Instandhaltung gesamt ^e	€/a	1.805	916	10.088
Versicherung	€/a	275	0	1.324
Personal, Verwaltung etc.	€/a	1.099	0	5.295
Hilfsenergie	€/a	93	140	930
Kraftstoff	€/a	9.300	13.020	93.000
<i>Jahresenergieertrag:</i>				
thermisch	kWh	64.000	96.000	440.000
elektrisch	kWh	32.000	48.000	440.000
<i>Erlöse (Stromgutschrift):</i>				
für Einspeisung nach EEG ^f	€/a	6.077	9.115	83.556
<i>Wärmekosten (inkl. Gutschriften):</i>				
bei Stromgutschrift nach EEG ^f	€/kWh	0,144	0,073	0,108

a. Investitionssummen für BHKW-Modul (A) in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung (p): $A = p * 5261,5 * p^{-0,4001}$ (vgl. Abb. 10.4)

b. Investitionssumme für bauliche Anlagen: Szenario 1 und 3: 1.300 €/kW_{el}, Szenario 2: 250 €/kW_{el}

c. bezogen auf Gesamtinvestition abzüglich bauliche Investitionen (Gebäude, Tanks, Kamin)

d. Zinssatz: 6 %, angenommene Nutzungsdauer: 15 Jahre für BHKW-Modul, bzw. 25 Jahre für baulichen Teil

e. inklusive Motoröl (Ölwechselintervall 300 Betriebsstunden)

f. Stromeinspeisevergütung nach Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für Inbetriebnahmejahr 2007: 0,1899 €/kWh (vgl. Kapitel 10.5.5)