

# Optimierte Verbrennungs- technologie

## Stand der Technik und Entwicklungspotenziale von Pellet-Verbrennungssystemen

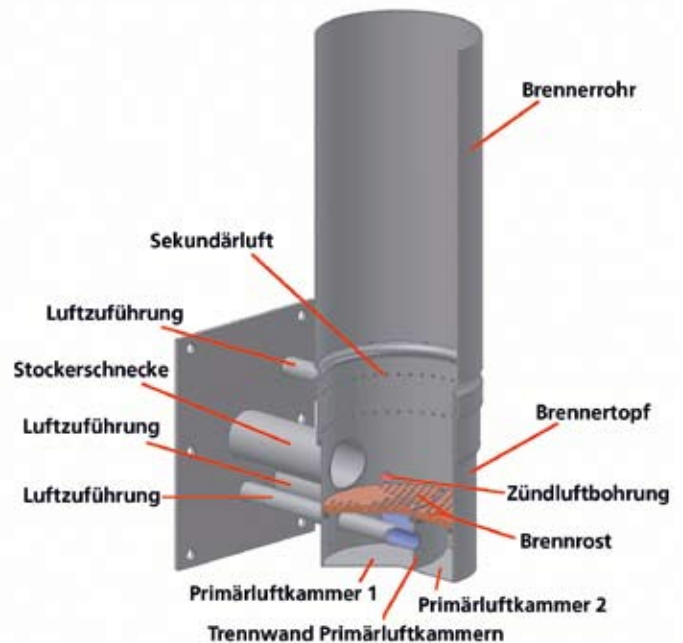
Dirk Schulz\*

Die Nachfrage nach Pelletheizkesseln ist in den letzten Jahren sprunghaft gestiegen, immer mehr Hausbesitzer sind auf dem „Holzweg“. Zwar liegt der Anteil von Pelletheizkesseln, bezogen auf insgesamt rund 14,7 Mio. Hausheizungen (Stand 2005), mit etwa 45 000 bisher verbauten Einheiten derzeit erst bei 0,3%. Aber Holzpellets sind im Begriff, in Zukunft mehr als nur ein Nischendasein im Energieträgerpluralismus bei Hausheizungen zu führen. Ein entscheidender Punkt dafür ist u. a. die ständige Weiterentwicklung und Optimierung dieser Heiztechnik, die letztlich ein Leistungsniveau mit einer nahezu 100%igen Ausnutzung der Brennstoffenergie sowie nicht zuletzt einen Wirkungsgrad von 95 % verspricht. Doch damit sind dieser Technik noch keine Grenzen gesetzt. Der nachfolgende Beitrag gibt einen Überblick über die derzeit marktüblichen Techniken und Systeme sowie über ihre Vor- und Nachteile. Zugleich wird aufgezeigt, welche Wege bei der energetischen Weiterentwicklung der Pelletheiztechnik bereits besprochen worden sind und weiter verfolgt werden können.

Die Nachfrage nach Pelletheizkesseln hat viele Hersteller veranlasst, ihr Programm um Heizsysteme für Holzpellets zu erweitern. Alle seriösen Prognosen lassen darauf schließen, dass der Absatz von Pelletheizkesseln in den nächsten Jahren an-

gesichts des hohen und vermutlich langfristig weiter steigenden Preisniveaus bei Öl und Gas weiter zunehmen wird. Wenn sich das System Pelletheizung hinsichtlich der Wärmegestehungskosten gegenüber den Öl- und Gasheizungen weiterhin als wettbewerbsfähig erweist (Tabelle 1) und jüngst aufgetretene Probleme bei der Brennstofflogistik gelöst sind, kann dieses System auch zahlenmäßig aus dem Schatten der markt-

\*) Dirk Schulz, Leiter Erneuerbare Energien der MHG Heiztechnik GmbH, Hamburg



■ Bild 1: Querschnitt durch den Partitionsbrenner.

dominierenden Systeme treten. Parallel wird sich die Bereitschaft der Hersteller erhöhen, im Zuge der wachsenden Nachfrage in die Weiterentwicklung dieser Technologie zu investieren. Dabei dürfte die weitere Optimierung der Zuführungstechnik und der Verbrennungssysteme einen wesentlichen Schwerpunkt bilden. Denn hier liegen Potenziale, um die Kesselwirkungsgrade und damit die Energieausnutzung weiter zu verbessern und gleichzeitig den Ausstoß von Kohlenstoffmonoxid, organischen Stoffen sowie Staub zu minimieren. Darüber hinaus steigert eine hohe Verbrennungsgüte den Komfort des Anlagenbetreibers durch Verringerung des Asche-Aufkommens. Im Folgenden soll ein Überblick über die derzeit marktüblichen Techniken und Systeme sowie über ihre Vor- und Nachteile gegeben werden.

### Fallschachtzuführung und Abwurfteuerung

Bei dieser Technik werden die Holzpellets durch ein Steigrohr mittels einer Förderschnecke über den Brennrost gefördert und anschließend über ein Fallrohr bzw. über einen Fallschacht der Verbrennung zugeführt. Die Vorteile dieses Systems: die Pellets ha-

ben keinen direkten Kontakt zur Glutzone. Damit wird ein Nachschwehlen nach erfolgter Abschaltung vermieden, und eine mechanische Rückbrandsicherung kann entfallen. Zudem stellt diese Technik keine komplexen Anforderungen an den Brenner, sodass die dynamische Komponente in der Regel einfach und robust konstruiert ist. Weiterhin können die Pellets bedarfsgerecht zugeführt werden und fallen nicht unverbrannt vom Rost, da die Brennersysteme in der Regel zylindrisch bzw. schalenförmig sind.

Verbrennungstechnische Nachteile dieser Konstruktion ergeben sich vor allem aus der Tatsache, dass die Glutzone während des Heizbetriebes ständig mit aus dem Fallrohr oder aus dem Fallschacht herabfallenden Pellets „beschossen“ wird. Dies führt in der Regel zu einer Störung des Flammbildes sowie zu einer Heterogenisierung des Glutbettes. Das heißt, dass die Flamme durch die schubweise neu zugeführten Pellets zunächst kleiner wird, da diese der Verbrennung Wärme entziehen, um dann nach kurzer Zeit, bei Flammpunktüberschreitung, wieder voll aufzubrennen. Damit verschlechtert sich der Wirkungsgrad

AUSGANGSDATEN	Einheiten	Heizöl	Erdgas	Pellets Raumastr.	Pellets (Premium)
Jahreswärmebedarf	MWh/a	20,00	20,00	20,00	20,00
Kesselnennleistung	kW	15,50	15,50	15,50	14,90
Jahresnutzungsgrad	%	85,00	90,00	85,00	85,00
Energieeinsatz pro Jahr	MWh/a	23,50	22,20	23,50	23,50
Heizwert	kWh/l	9,97			
	kWh/m <sup>3</sup>		10,00		
	MWh/t			4,90	4,90
Jahresbrennstoffbed.	l/a	2.361			
	m <sup>3</sup> /a		2.222		
	t/a			4,80	4,80
Brennstoffpreis	€/MWh	61,20	61,10	37,80	37,80
	€/l	0,61			
	€/kWh		0,06		
	€/t			190,00	190,00
Strompreis	€/MWh	180,00	180,00	180,00	180,00
Investition Anlage	€	5.000,00	5.000,00	ab 10.000,00	ab 10.000,00
Investitionsförderung	€	0,00	0,00	1.088,00*	1.088,00*
kapitalgeb. Kosten	€/a	500,00	500,00	1.099,00	1.099,00
verbrauchsgeb. Kosten	€/a	1.476,00	1.362,00	966,00	966,00
davon Brennstoffkosten	€/a	1.440,00	1.357,00	912,00	912,00
davon Kosten f. Hilfsenergie	€/a	36,00	5,00	54,00	54,00
betriebsgebundene und sonstige Kosten	€/a	47,00	57,00	128,00	15,00
davon Emissionsmessung	€/a	32,00	42,00	98,00	0,00
davon Kaminkehren	€/a	15,00	15,00	30,00	15,00
Jahresgesamtkosten ohne Förderung	€/a	2.023,00	1.918,00	2.193,00	2.080,00
Vermind. der Kapitalkosten durch Förderung**	€/a	0,00	0,00	98,00	98,00
Jahresgesamtkosten mit Förderung**	€/a	2.023,00	1.918,00	2.095,00	1.982,00
Wärmegestehungskosten	€/MWh	101,00	96,00	104,75	99,10

Nutzungsdauer: 15 Jahre; Zinssatz: 4 %  
 Kostenaufwand für das Kaminkehren: ca. 15 €  
 Kehrhäufigkeit bei Pellets (Standard-Technik) 2 x pro Jahr, bei Pellets (Premium-Technik) 1 x pro Jahr, bei Öl und Gas 1 x pro Jahr  
 \* = bei Kesselwirkungsgrad mind. 90 %  
 \*\* = Förderung durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Die Förderung für dieses Jahr wurde aufgrund der hohen Nachfrage im August eingestellt. Das Programm wird aber in 2007 fortgesetzt.

Quelle: MHG Heiztechnik GmbH, Stand August 2006

■ **Tabelle 1: Kostenvergleich: Insbesondere Premium-Pelletheizkessel können sich hinsichtlich der Wärmegestehungskosten als wettbewerbsfähig erweisen.**

und der Ausstoß von Schadstoffen steigt. Und da die Verteilung des Brennstoffes auf dem Brennrost relativ undefiniert erfolgt, ergibt sich bei dieser Technik vor allem bei geringen Leistungsanforderungen eine ungleichmäßige und zum Teil schlechtere Verbrennungsqualität, da ein Teil des Brennstoffes in die kalte, ein anderer in die heiße Zone fällt.

#### Unterschubfeuerung

Hier werden die Pellets mittels Förderschnecke durch ein Rohr zentral von unten nach oben einem ringförmig kons-

truierten Brennrost zugeführt. Am Ende des Rohres quillt der Brennstoff zentral hervor und verteilt sich kreisförmig vom inneren zum äußeren Bereich der Brennrostfläche. Somit ist eine gleichmäßige Brennstoffzufuhr möglich. Der Brenner ist leicht zugänglich, das System aufgrund seines einfachen Aufbaus besonders robust und meist kostengünstig. Darüber hinaus erweist sich diese Technik als relativ unempfindlich gegenüber schlechterer Brennstoffqualität, etwa bei Verwendung nicht zertifizierter Holzpellets mit zum Beispiel hohem

Rindenanteil: Hier fallen die unverbrannten Reste durch die stetig von innen nachgeschobenen Pellets direkt in die Aschelade. Konstruktionsbedingt liegen die zugeführten Pellets unterhalb und im Kontakt mit der Glutzone. Ein relativ langes Nachschwehlen nach Brennerabschaltung ist die Folge. Darüber hinaus können unverbrannte Holzpellets, bedingt durch den kurzen Weg zum Rand des Brennrotes, in die Aschelade fallen, was die Energieausnutzung mindert. Überdies kann ein teilweise unvollständiger Ausbrand zu Schlacke-

bildung auf dem Brennrost führen. Das Problem der Verschlackung ergibt sich bei der Unterschubfeuerung auch im Zusammenhang mit allzu häufigem Takten.

#### Seiteneinschubfeuerung

Bei dieser Technik wird der Brennstoff von einer Seite auf gleicher Höhe mit dem Brennrost eingeschoben und der Verbrennung über ein Schneckenrohr gleichmäßig zugeführt, ohne dass die Flamme gestört wird. Durch den relativ geringen Querschnitt der Zuführungsöffnung lässt sich der Brennstoff in allen Leistungsbereichen bedarfsgerecht dosieren. Überdies sind gute Emissionswerte realisierbar. Da der Brennstoff nur zu einem geringen Teil mit der Glutzone in Kontakt tritt und sich außerhalb des Verbrennungssystems befindet, tritt ein Nachschwehlen nur in sehr geringem Maße auf. Auch dieses System ist einfach herzustellen und hat sich in der Praxis als robust erwiesen. Neben der nicht vollständigen Trennung von Glutzone und Brennstoff erweist sich hier der lange Weg bis zum Endbereich des Rostes als Nachteil: Unter Umständen wird unverbrannter Brennstoff nicht durch nachgeschobene Pellets vom Brennrost entfernt; eine mechanische Reinigung des Rostes ist bei Verkohlungen und Verschlackungen daher meist erforderlich.

#### Pelletheizkessel mit seitlichem Jet-Brenner/Retortenfeuerung

Bei Pelletheizkesseln mit Jet-Brenner erweist sich der seitlich angeflanschte Brenner als Vorteil dieser Technik, da dieser leicht zugänglich ist. Ein Nachteil dieses Systems liegt zumeist in der nicht vollständigen Verbrennung der Pellets.

Die Retortenfeuerung, die mittlerweile als veraltete Technik gilt, sei ledig-

lich der Vollständigkeit halber erwähnt. Ähnlich wie bei der Unterschubfeuerung wird der Brennstoff von unten mittels Schneckenrohr in einen zumeist trichterförmigen Brennbereich eingeschoben. Auf ein Brennrost wird dagegen verzichtet. Der Vorteil dieser Technik ist der Preis, dem gegenüber stehen jedoch einige Nachteile, wie eine geringe Verbrennungsqualität, nicht mehr zeitgemäße Emissionswerte, ein vermehrtes Ascheaufkommen sowie ein durch die große thermische Belastung hoher Verschleiß der Stokerschnecke.

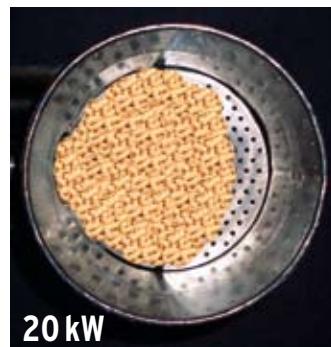
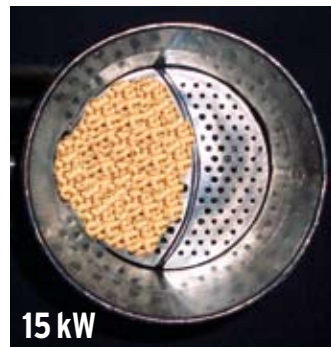
### Modulation

Um das zur Verschlackung führende Takten zu verhindern, benötigen Pelletkessel im Allgemeinen möglichst lange Betriebszeiten und damit einen breiten Modulationsbereich, der die Anpassung auch an geringe Wärmanforderungen im Bereich von 4 bis 8 kW ermöglicht. Da sich das Modulations- und Brennverhalten in geringen Teillastbereichen bei einigen Pelletkesseln als komplexe technische Herausforderung erwiesen hat, ist in solchen Fällen und gerade bei Anlagen mit geringem Energiebedarf, häufig der Einsatz eines Pufferspeichers erforderlich.

### Seitenschubfeuerung mit optimierter Verbrennungstechnik

Am Beispiel des Pelletheizkessels „LinoStar“ von MHG Heiztechnik soll im Folgenden erläutert werden, wie die Verbrennungstechnik auf Basis bewährter Technik weiter optimiert werden kann. Das Hauptaugenmerk bei der Produktentwicklung galt einer möglichst hohen Verbrennungsgüte in Verbindung mit

einem hohen Wirkungsgrad – besonders im Teillastbereich. Bei der Konstruktion wurde die Seiteneinschubfeuerung übernommen und mit einem zylindrischen Verbrennungs-



■ Bild 2: Zur gleichmäßigen Gemischaufbereitung sind die Luftdurchlässe im Brennrost mit unterschiedlichen Querschnitten versehen. Je nach Leistungsanforderung werden abgestimmte Brennstoffmengen zugeführt.

system (Abwurfteuerung) kombiniert. Das Herzstück des Kessels ist ein neuartiger Partitionsbrenner mit verbrennungsoptimierender Luftführung (Bild 1). Zur gleichmäßigen Gemischaufbereitung in allen Modulationsstufen sind die Luftdurchlässe im Brennrost, angepasst an die Brennstoffverteilung auf dem Rost, mit verschiedenen Querschnitten versehen. Darüber hinaus verfügt das Brennrost zur Unterteilung der primären Verbrennungsluft über mehrere Zonen. So soll bei unterschiedlichen Leistungsanforderungen sichergestellt werden, dass zu jedem Zeitpunkt die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge an die Stelle im Brenner gebracht wird, an der sie benötigt wird. Die damit einhergehende Verringerung des Luftüberschusses führt zu einer verbesserten Gemischaufbereitung und damit zu einer Optimierung des Wirkungsgrades. Drei voneinander unabhängige Stellantriebe sorgen für die Luftmengenregulierung in der ersten und zweiten Primär- sowie der Sekundär-Luftstufe. Somit soll bei der Modulation gewährleistet werden, dass die zugeführte Luftmenge auf die Brennstoffmenge abgestimmt ist und Schlackebildung verhindert wird (Bild 2). Unterstützt werden die Verbrennungsbedingungen durch eine Lambdasonde. Der automatisch zugeschaltete Rauchgasventilator dient der Kaminunterstützung beim Brennerstart und in den Modulationsstufen von 4–6 kW, da während dieser Betriebspunkte, bedingt durch die sehr niedrigen Abgastemperaturen, der thermische Auftrieb nur gering ist. Ein Rauchgasstau wird so vermieden. Darüber hinaus soll eine automatische Kesselzugreinigung für einen optimalen Wärmeübergang sorgen. Das Ergebnis ist ein Wirkungsgrad von bis zu 95% selbst bei gerin-

ger Teillast und ein breiter Modulationsbereich von bis zu 1:6,75 sowie geringe Emissionen.

### Ausblick

Wie schon bei den Vorreitern Gas und Öl liegt die Zukunft auch bei Pelletheizungen eindeutig in der Brennwerttechnik. Erste Lösungen, die jedoch ihre Praxistauglichkeit erst noch unter Beweis stellen müssen, wurden bereits präsentiert. Auch die Behörden haben inzwischen reagiert: Die Einleitung des anfallenden Kondensats in die öffentliche Kanalisation ist in mehreren Bundesländern bereits zugelassen.

Wie bei der Öl- und Gas-Brennwerttechnik sind in den Kessel integrierte oder nachgeschaltete Lösungen möglich. Technische Herausforderungen ergeben sich vor allem durch organische Verbindungen in Form von teerhaltigen Dämpfen beim An- und Abfahren sowie durch Asche und Ruß, die allesamt zu nachhaltigen Verschmutzungen der Wärmetauscherflächen führen können. Kurze und damit wenig kundenfreundliche Reinigungsintervalle sind die Folge. Indes kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die namhaften Hersteller, heutige Rahmenbedingungen vorausgesetzt, diese und andere Herausforderungen erfolgreich annehmen und schon in naher Zukunft ausgereifte Pellet-Brennwertkessel anbieten und schrittweise als Standard im Markt etablieren werden. ■

Bilder: MHG Heiztechnik GmbH, Hamburg

@ Internetinformationen: [www.mhg.de](http://www.mhg.de)