

## **Wärmeerzeuger**

### **1. Zusammenfassung**

Für Heizung und Brauchwarmwasserbereitung gibt es auf dem Markt weit mehr Techniken als den üblichen Heizkessel.

In jedem Fall ist es wichtig, Heizungssysteme auf möglichst niedrige Temperaturen auszulegen und Anlagen nicht zu groß zu dimensionieren.

Die weitaus häufigste Wärmequelle sind Gas- oder Ölkessel. Gaskessel werden inzwischen meist als Brennwertkessel konzipiert, zunehmend jedoch auch Ölkessel.

Blockheizkraftwerke produzieren gleichzeitig Strom und Wärme und sind dort wirtschaftlich, wo ganzjährig Wärme und Strom gleichzeitig benötigt werden. Typische Objekte sind Hallenbäder, Krankenhäuser, Altenheime und Klärwerke.

Wärmepumpen erleben derzeit eine Renaissance. Sie lassen sich dort ideal einsetzen, wo Wärmequellen auf möglichst hohem Temperaturniveau vorhanden sind. Dies kann Erdwärme sein, aber auch Abluft oder Abwasser. In der Schweiz wird bereits jeder dritte Neubau mit einer Wärmepumpe beheizt.

Für die Warmwasserbereitung können Solarkollektoren sinnvoll eingesetzt werden. Da im Winter jedoch kaum Wärme geliefert wird, kann die konventionelle Heizung nicht kleiner werden.

Zunehmend interessant wird auch der Brennstoff Holz. Moderne Holzessel ermöglichen einen automatisierten Betrieb sowie sehr niedrige Emissionswerte. Für größere Leistungen werden meist Hackschnitzelkessel eingesetzt, die beispiels-

weise mit Landschaftspflegeholz befeuert werden. Für Leistungen ab 20 kW können Pelletskessel eingesetzt werden. Holzpellets sind transportierbar und lagerbar wie Heizöl.



*Abbildung 1: Blick in eine Hackschnitzelfeuerung*

Zukünftig werden sich auch Techniken wie der Stirlingmotor oder die Brennstoffzelle als Alternativen anbieten. Beide Systeme erzeugen neben Wärme auch Strom. Beiden ist gemeinsam, dass sie heute noch nicht am Markt verfügbar sind.

### **2. Hintergrund**

In Mitteleuropa besteht etwa ein halbes Jahr die Notwendigkeit zu heizen und über das gesamte Jahr hinweg Brauchwasser, z.B. als Dusch- oder Putzwasser, zu erwärmen. Hierfür können verschiedene Energieträger u. eine Vielzahl verschiedener Techniken eingesetzt werden. Sie reichen vom Standard-Heizkessel über das Blockheizkraftwerk und die Brennstoffzelle bis hin zu Wärmepumpen oder solarthermischen Systemen. Diese sollen in diesem Papier dargestellt werden. Eine wei-

tere Ausgabe der Hinweise speziell zu dem Thema „Erneuerbare Energie“ ist in Bearbeitung. Mehrere Verordnungen zwingen die Kommunen alte und ineffiziente Wärmeerzeuger zu erneuern:

Die Kleinf Feuerungsanlagenverordnung (1. BImSchV) sah/sieht Fristen zum Jahresende 2002 u. 2004 vor. Die Energieeinsparverordnung verpflichtet zum Austausch von Wärmeerzeugern, die vor 1978 eingebaut wurden.

### Anpassung der Heizleistung an die Heizlast

Fällt die Außentemperatur unter 15-20°C, muss in der Regel geheizt werden. Wärmeerzeuger werden so ausgelegt, dass auch bei großer Kälte der Wärmebedarf eines Gebäudes vollständig gedeckt werden kann. In Deutschland liegen in Abhängigkeit von der geographischen Lage die Auslegungstemperaturen bei -10°C bis -16°C.

Im Tagesmittel werden so geringe Temperaturen sehr selten erreicht. Ein Heizkessel muss deshalb nur an wenigen Tagen im Jahr seine volle Leistung abgeben. In der übrigen Zeit werden lediglich Bruchteile der Nennwärmeleistung benötigt. Über ein Jahr betrachtet liegt in Deutschland der Schwerpunkt der benötigten Heizwärme bei Temperaturen zwischen 0°C – 5°C und die mittlere Auslastung der Kessel unter 30%.

Viele bestehende Heizungsanlagen sind zudem überdimensioniert, so dass die mittlere Auslastung noch geringer ist. Durch eine richtige Auslegung der Heizleistung können die Wärmeerzeuger kleiner dimensioniert und Investitionskosten eingespart werden. Bei Gasheizungen oder Fernwärmesystemen kann beim Energieversorger der Leistungspreis reduziert und damit zusätzliche Verbrauchskosten eingespart werden.

### Arten der Wärmeerzeugung

Öffentliche Gebäude werden in der Regel von Zentralheizungen versorgt. Einzelhei-

zungen, bei denen sich der Wärmeerzeuger in dem zu beheizenden Raum befindet, sind selten anzutreffen. Der Wärmeerzeuger kann entweder im Gebäude selbst sein oder eine Nah- bzw. Fernheizung versorgt von einer Zentrale aus Häusergruppen, Gebäudeblöcke oder ganze Stadtteile mit Wärme.

Wärme kann entweder durch Verbrennung von gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen in einem Heizkessel erzeugt, als Abwärme der Stromerzeugung genutzt (Kraft-Wärme-Kopplung) oder mit Hilfe einer Wärmepumpe von Umgebungstemperatur auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Auch die sehr ineffiziente direkte Umwandlung von Strom in Heizwärme wird teilweise noch praktiziert.

### Heizwert, Brennwert, Nutzungsgrad

Der Heizwert ist die Wärmemenge, die bei einer vollständigen Verbrennung frei wird, wenn das dabei entstehende Wasser dampfförmig mit den Abgasen abgeführt wird. Bei der Ermittlung des Brennwertes wird die Verdampfungswärme des Wasserdampfes zusätzlich in den Abgasen berücksichtigt. Der Nutzungsgrad einer Heizanlage ist das Verhältnis der abgegebenen Wärme zur eingesetzten Energie.

	Brennwert	Heizwert
Stadtgas (m³)	5,0 (kWh/m³)	4,5 (kWh/m³)
Erdgas H (m³)	11,4 (kWh/m³)	10,4 (kWh/m³)
Heizöl EL (l)	10,6 (kWh/l)	10,1 (kWh/l)
Holz hackschnitzel	5,0 (kWh/kg)	4,5 (kWh/kg)
Pellets	5,4 (kWh/kg)	4,9 (kWh/kg)
Braunkohle	3,2 (kWh/kg)	2,7 (kWh/kg)
Steinkohle	8,4 (kWh/kg)	8,1 (kWh/kg)

(Recknagel/Sprenger/Schremek 2003/2004)

Tabelle 1: Energieinhalt verschiedener Heizmedien

Da die Verdampfungswärme früher nicht genutzt werden konnte wurden alle Nutzungsgradberechnungen auf den Heizwert bezogen. Diese Basis wurde bis heute

beibehalten, so dass sich bei der Brennwertechnik Nutzungsgrade von über 100% ergeben.

### **3. Heizkessel für Erdgas oder Heizöl**

Neuzeitliche Heizkessel oder Brennerkonstruktionen zielen vor allem auf eine Reduzierung des Brennstoffverbrauches und der Schadstoffemissionen. Dabei brachten moderne Brennerkonstruktionen bei der Schadstoffreduzierung einen entscheidenden Fortschritt. Bestrebungen in Richtung Jahresnutzungsgradverbesserung führten zu Spezialheizkesseln, abgestimmt auf die verschiedenen Brennstoffe.

#### **3.1 Niedertemperaturkessel**

Ein wesentlicher Durchbruch wurde mit der Entwicklung der Niedertemperaturkessel erreicht. Hier fällt die Abgastemperatur im Teillastbetrieb mit sinkender Kesselwassertemperatur ab und damit reduzieren sich Abstrahlungs- und Bereitschaftsverluste exponentiell. Der Jahresnutzungsgrad eines herkömmlichen Kessels konnte um über 10% verbessert werden und liegt bei einem Niedertemperaturkessel bei bis zu 96%.

#### **3.2 Brennwertkessel**

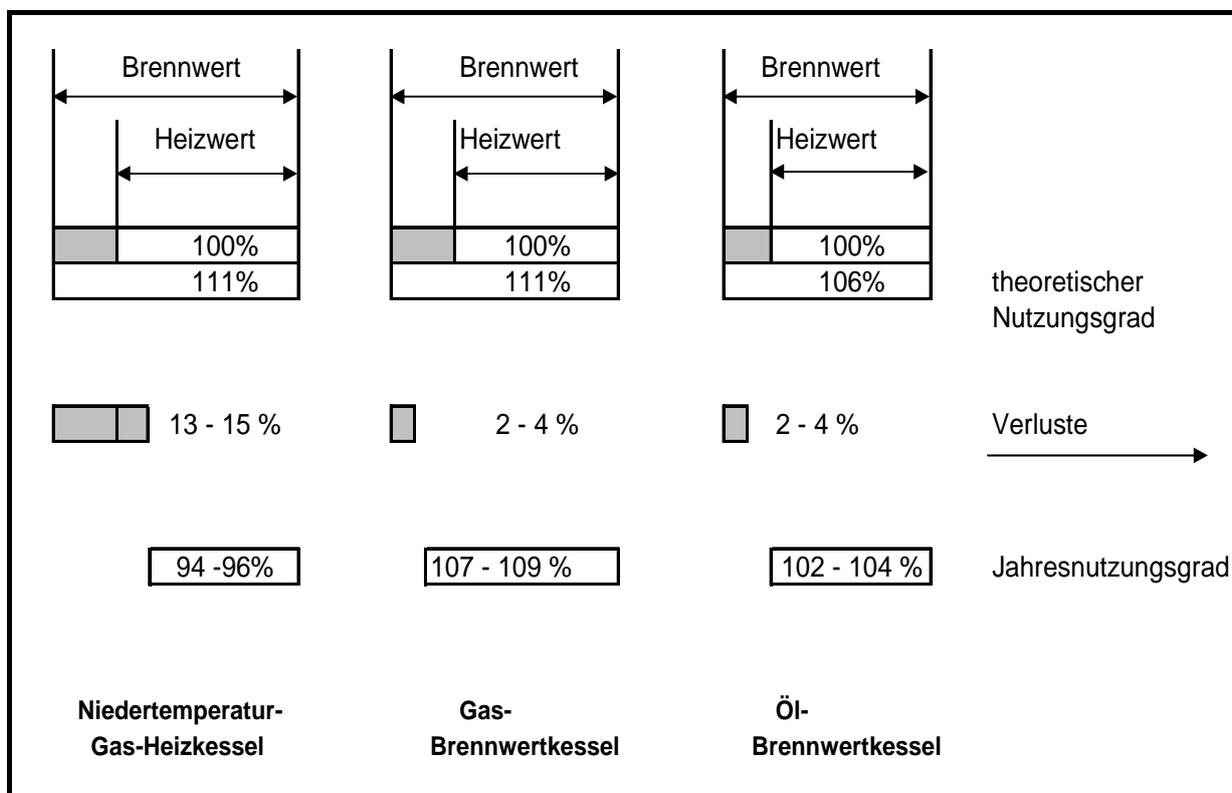
Während bei Niedertemperaturheizkesseln ein Kondensieren der Heizgase und damit ein Feuchtwerden der Heizflächen vermieden werden muss, ist dies bei der Brennwertechnik ausdrücklich erwünscht. Dabei wird gegenüber Niedertemperaturheizkesseln die im Wasserdampf enthaltene Verdampfungswärme genutzt und den Abgasen zusätzlich weitere fühlbare Wärme entzogen. Damit konnte im Vergleich zu einem Niedertemperaturheizkessel der Jahresnutzungsgrad nochmals um bis zu 13% verbessert werden.

Gasbrennwertechnik ist heute Stand der Technik. Der zusätzliche Wärmegewinn aus Kondensation und reduzierter Abgastemperatur führt zu einem theoretischen Normnutzungsgrad von 111%; praktisch erreichbar sind ca. 100% -105%.

Bei der Verbrennung von Heizöl war wegen des hohen Schwefelgehalts und wegen der damit verbundenen Korrosionsprobleme die Brennwertechnik lange Zeit am Markt nicht vertreten. Nachdem zwischenzeitlich schwefelarmes Heizöl (50 ppmS/l Öl) in Deutschland flächendeckend eingeführt ist, kommt auch die Öl-brennwertechnik verstärkt zum Einsatz.

Gegenüber Gas fallen jedoch weiterhin höhere Verbrennungsrückstände in Form von Asche und Schwefel an. Infolge des Restschwefelgehalts besitzt das Kondenswasser immer noch ein sehr hohes Korrosionspotential, so dass häufig eine Neutralisationseinrichtung vorgeschrieben wird. Der zusätzliche Wärmegewinn aus der Kondensation von Wasserdampf aus dem Abgas beträgt bei Heizöl maximal 6%. Nachdem die Abgastemperatur gegenüber der Niedertemperaturtechnik nicht 160°C, sondern nur ca. 40°C beträgt, ist ein weiterer Wärmegewinn von maximal 4% möglich. Für Ölbrennwertkessel errechnet sich somit ein theoretischer Normnutzungsgrad von ca. 106%, praktisch erreichbar sind ca. 102-104%.

Für Brennwertanlagen muss die Abgasanlage feuchtebeständig sein, was bei bestehenden Gebäuden immer mit einer Kaminsanierung verbunden ist. Die Abgase können auch im Brennwertkessel nur dann kondensieren, wenn eine Rücklauf-temperatur von unter 50°C über lange Zeit erreicht wird. Daher ist beim Einbau von Brennwertkesseln großes Augenmerk auf eine geeignete Anlagenhydraulik und auf den hydraulischen Abgleich zu legen.



(Fachreihe – Brennwerttechnik – Viessmann)

**Tabelle 2:** Zusammenhang von Brennwert - Heizwert - Jahresnutzungsgrad

#### 4. Blockheizkraftwerk (BHKW)

Im BHKW werden durch technische Koppelung von Verbrennungsmotor und Generator gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Dabei wird eine Energieausnutzung von bis zu 90% erreicht, die mit nachgeschaltetem Abgaskondensator noch etwas höher liegt. Verglichen mit der getrennten Elektrizitäts- und Wärmeproduktion in Kondensationskraftwerken und Heizwerken reduziert der BHKW-Betrieb CO<sub>2</sub> und Luftschadstoffemissionen um bis zu 40% und spart außerdem bis zu 35% an Energie.

In der Regel werden BHKW's mit Erdgas betrieben, möglich sind jedoch auch Heizöl, Biogas, Pflanzenöl sowie Klär- oder Deponiegas. Letzteres ist schon deshalb sinnvoll, um klimawirksam Methanemissionen zu vermeiden.

Hinweis: Aufgrund des geänderten „Gesetzes für erneuerbare Energien“ (EEG) entfällt im Klär- und Deponiegasbereich für den erzeugten Strom seit kurzem die Stromsteuer. Eine Anfrage beim zuständigen EVU wird empfohlen.

Wenn ganzjährig ein hoher Strom- und Wärmebedarf gewährleistet ist, ist der Einsatz eines BHKW's meist wirtschaftlich. Die Wirtschaftlichkeit einer Anlage ist im wesentlichen von der Jahresbetriebsstundenzahl (über 5.000 Std.) sowie den Strompreisen abhängig. Empfehlenswert ist vor dem Bau eine projektbezogene Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu erstellen. Im Zuge der Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung haben BHKW einen hohen Stellenwert.



**Abbildung 2:** Erdgas -BHKW (43 kW<sub>el</sub> / 75 kW<sub>th</sub>)  
( Berufsschulzentrum in Regensburg )

## 5. Wärmepumpen

### 5.1 Wirkungsweise

Wärmepumpen heben Energie von einem niedrigeren Temperaturniveau auf ein höheres an, indem einer Wärmequelle, z.B. Umgebungsluft oder dem Untergrund, Wärme entzogen wird. Wesentliches Merkmal einer Wärmepumpe ist, dass der Verdichter angetrieben, ihm also Energie zugeführt werden muss. Bei den Kompressionswärmepumpen ist dies mechanische Energie mit Hilfe eines Elektro-, Gas- oder Dieselmotors, bei der Absorptionswärmepumpe ist es Wärme. Dabei sollte die abgegebene Nutzenergie auf höherem Temperaturniveau deutlich größer ( Faktor 3,5 ) als die für die Verdichtung benötigte Zusatzenergie sein

### 5.2 Wärmequellen

An die Wärmequelle werden zwei grundsätzliche Forderungen gestellt:

- möglichst hohes Temperaturniveau
- tages- und jahreszeitliche Verfügbarkeit, die mit dem Wärmebedarf gut übereinstimmt

Grundwasser ist durch sein konstantes Temperaturniveau von 8 – 12°C als Wärmequelle für Wärmepumpen sehr gut geeignet und ein monovalenter Betrieb mög-

lich. Die Wasserentnahme ist jedoch genehmigungspflichtig. Brunnenbohrung und Wasseranalyse sollten nur sehr erfahrenen Firmen übertragen werden.

Außenluft ist überall verfügbar und leicht erschließbar. Nachteilig ist, dass durch die jahreszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur der erzielbare Wärmegewinn im Winter stark differiert und dies entgegengesetzt zum Heizwärmebedarf. Außenluft/Wasser-Wärmepumpen werden deshalb als Ergänzung zu bestehenden Heizungsanlagen im bivalenten Betrieb eingesetzt und sind auf 30 – 50% der maximalen Heizleistung für ein Gebäude ausgelegt.

Bei Erdreich als Wärmequelle ist für Erdkollektoren ein Flächenbedarf anzusetzen, der ca. der zu beheizenden Fläche entspricht. Erdsonden als Wärmetauscher können eine Tiefe von mehreren hundert Metern erreichen, üblich sind jedoch Tiefen unter 100 m.

Der Wärmeinhalt des Abwassers kann beispielsweise mit Hilfe von Wärmetauschern in der Kanalsohle genutzt werden oder in Systemen, in denen WC-Abwasser getrennt abgeleitet werden (z.B. in Bädern)

## 6. Solarthermische Anlagen

Solarkollektoren werden vorwiegend zur Trinkwassererwärmung eingesetzt. Im Jahresmittel können damit ca. 60% der hierfür notwendigen Heizenergie ersetzt werden. Bei dieser Auslegung kann die konventionelle Nachheizung über die Sommermonate abgeschaltet werden.

Wird eine Kollektoranlage zur Trinkwassererwärmung so bemessen, dass im Sommer kein Wärmeüberschuss produziert wird, steigt zwar der Wärmeertrag je m<sup>2</sup> Kollektorfläche, die Nachheizung bleibt jedoch parallel in Betrieb. Solarkollektoren können immer nur unterstützend neben einem konventionellen Heizsystem eingesetzt werden.



**Abbildung 3:** Solarkollektoren für Duschwasser  
(Hauptschule in Regensburg, 60m<sup>2</sup>)

## 7. Vergleich von Heizsystemen

Die in der Tabelle gezeigten Werte sind nur Mittelwerte. Der Vergleich zeigt aber eine wesentliche Tendenz. Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke nutzen Primär energieträger besser und weisen auch geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen auf als reine Kessel- oder Direktheizungen. Der negative CO<sub>2</sub>-Wert für das BHKW resultiert aus dem Bonus, der für den parallel zur Wärme erzeugten Koppelstrom eingerechnet wurde.

Heizungssysteme	Primärenergie-nutzungsgrad (kWh/kWh)	CO <sub>2</sub> -Emissionen (kg/kWh)
Elektroheizung (Strommix)	0,3	0,8 – 0,9
Öl / Gasheizung (Brennwert)	0,8 - 0,85	0,2-0,3

Elektrische Wärmepumpe	1,1 - 1,4	0,25-0,30
Gasmotorische Wärmepumpe	1,5-1,8	0,15-0,2
Holzpellet Heizung	0,6 – 0,7	0,05 – 0,1
BHKW	1.5	0,05 – (-0.3)

(Erneuerbare Energien, 4.Auflage BMWI / GEMIS 4.14-2002)

**Tabelle 3:** Energetischer Grobvergleich

## 8. Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle ist eine über 150 Jahre alte Technologie zur direkten elektrochemischen Umwandlung von Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser. Dabei entstehen elektrischer Strom, und Wärme. Der Wirkungsgrad liegt über dem von motorisch angetriebenen Blockheizkraftwerken. Sie wird als Schlüsseltechnologie für eine effiziente und umweltverträgliche Entwicklung im Energiesektor gesehen. Derzeit sind noch keine Brennstoffzellen am Markt verfügbar, die nur annähernd wirtschaftlich betrieben werden können. Keine Zelle erreicht die für den praktischen Einsatz erforderlichen Betriebsstunden, bedürfen einer aufwändigen Aufbereitung des Erdgases (Reformierung) und sind noch sehr empfindlich gegenüber jeglichem dynamischem Betrieb. Unter optimistischen Annahmen kann man davon ausgehen, dass ab dem Jahre 2010 das Brennstoffzellen Heizgerät eine nennenswerte Rolle auf dem Wärmemarkt spielen wird.

## 9. Biomasse - Kessel

Werden statt fossiler Brennstoffe, nachwachsende Rohstoffe genutzt, tragen diese nicht zu einer Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre bei. Insbesondere Holz ist für kommunale Anwendungen ein interessanter Brennstoff, der in Form von Hackschnitzel oder Pellets durchaus wirtschaftlich genutzt werden kann.

## **10. Fazit**

Zur Erzeugung von Wärme stehen eine Vielzahl praxiserprobter Techniken zur Verfügung. Wichtig dabei ist, dass man bei jedem einzelnen Bauvorhaben prüft welche Techniken möglich und wirtschaft-

lich sind. Aufgabe des Energiemanagements sollte dabei sein, diese Untersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Architekten und Fachplaner durchzuführen und zu begleiten.

### Erarbeitet von:

Herbert Bruns, Hamburg

Dr. Volker Kienzlen, Stuttgart

Sturmhart Schindler, Regensburg

Weitere Exemplare und Hinweise sind erhältlich bei:

Deutscher Städtetag, Hausvogteiplatz 1, 10117 Berlin, E-Mail: [johanna.seitz@staedtetag.de](mailto:johanna.seitz@staedtetag.de) oder im Internet des Deutschen Städtetages unter dem Link <http://www.staedtetag.de/fachinformationen/energie/061541/index.html>