

BRENNWERT

INFO
BROSCHÜRE

Nov. 1994 **2**

BRENNWERTTECHNIK IN HAUSHALTEN UND IN KLEINFEUERUNGSANLAGEN

Neben der Reduzierung der Wärmeverluste direkt am Gebäude ist die Reduktion der Verluste bei der Wärmeerzeugung und -verteilung ein wichtiger Ansatzpunkt für eine sinnvolle Heizenergie-Einsparung. Hier sind in jüngster Zeit große Fortschritte erzielt worden: spezielle Gas-Brennwert-Kessel erreichen deutlich höhere Nutzungsgrade als konventionelle Kessel.

Eine bessere Ausnutzung der eingesetzten Energie führt zu geringerem Energieverbrauch und geringeren Schadstoffemissionen und auch zu einer CO₂-Reduktion, was wiederum die Umweltbelastung verringert.

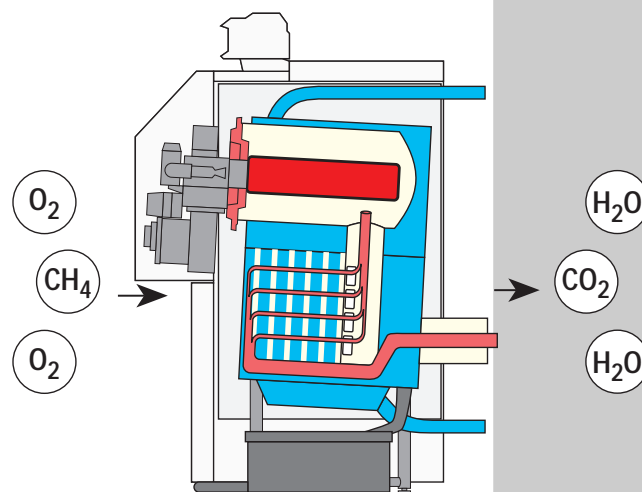
Derzeit ist eine breite Palette geprüfter und genehmigter **Gas-Brennwertgeräte** in allen für Haushalte relevanten Leistungsklassen am Markt.

Was ist die „Brennwerttechnik“ ?

Heizgeräte setzen beim Brennvorgang Abgase frei, die einen erheblichen Teil *Wasserdampf* enthalten. Dieser Wasserdampf enthält Restwärme, die bei herkömmlichen Wärmeerzeugern

ungenutzt durch den Rauchfang (Abgasfang) verlorengeht. Bei den Brennwertgeräten wird *diese Restwärme über Kondensation des Wasserdampfes* zurückgewonnen und sowohl die fühlbare (sensible) Wärme als auch die Kondensationswärme (latente Wärme) der nutzbaren Heizleistung zugeführt.

So wird auf diesem Wege nicht nur der Heizwert (H_U), sondern auch der Brennwert (H_O) als Energiequelle erschlossen. Dadurch kommt es zu einer maximalen Brennstoffausnutzung.



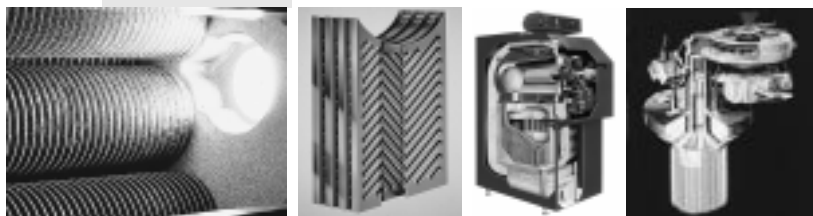
Vereinfachte Verbrennungsgleichung
 $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

HEIZWERT UND BRENNWERT - NUTZUNGSRADE ÜBER 100%

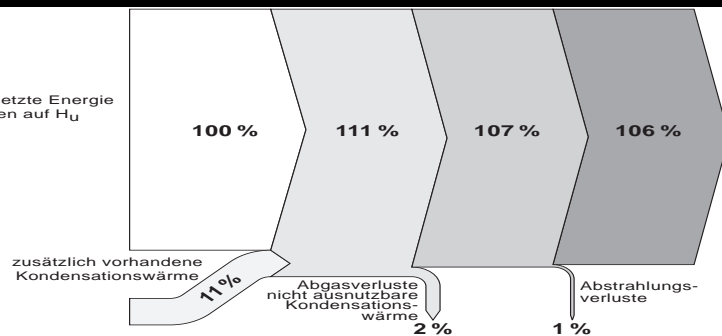
Brennstoffe werden in bezug auf ihren Energieinhalt durch einen Wärmewert gekennzeichnet, wobei man zwischen dem Brennwert (H_O, oberer Heizwert) und dem Heizwert (H_U, unterer Heizwert) unterscheidet.

Der Brennwert ist diejenige Wärmemenge, die bei vollständiger Verbrennung frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte die gleiche Temperatur aufweisen und der bei der Verbrennung entstandene Wasserdampf in flüssiger Form vorliegt.

Der Heizwert eines Brennstoffes ist die Wärmemenge, die bei vollständiger Verbrennung frei



wird, wenn das bei der Verbrennung entstehende Wasser dampförmig vorliegt. Das Verhältnis des Brennwertes zum Heizwert hängt somit bei allen Brennstoffen nur vom chemisch gebundenen oder molekular vorhandenen Wasserstoffgehalt des Brennstoffes ab. Je höher der Wasserstoffanteil, um so größer wird das Verhältnis H_0 zu H_U . Dieses Verhältnis beträgt z.B. bei Heizöl EL 6% und bei Erdgas 11%. Daraus ergibt sich die höchste Ausnutzung der Brennwertechnik bei der Verfeuerung von Erdgas. Der theoretisch maximal nutzbare Energiebeitrag wird auf den Heizwert H_U bezogen, dieser wird



106% Nutzwärme bezogen auf CO_2 max.

Brennwertkessel, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe

Der grundsätzliche *Aufbau eines Brennwertkessels* besteht aus einem konventionellen Gasheizkessel dem ein Kondensations-Wärmetauscher im Abgasweg nachgeschaltet ist (innerhalb oder außerhalb des Kessels).

Das Abgas wird in den Kesseln bei geringer Rücklaufemperatur des Heizwassers im Idealfall auf 30 bis 40°C abgekühlt. Wenn der Taupunkt des Abgases unterschritten wird, wird neben der Abkühlung der Abgase der in den Abgasen enthaltene Wasserdampf in flüssiges Kondensat verwandelt. Durch diese Aggregat-Zustandsänderung kann bis zu 11% im Gas enthaltene, sonst nicht genutzte Wärme, dem Heizungsprozeß zur Verfügung gestellt werden. Wegen des geringen Auftriebes der relativ kalten Abgase fördert in der Regel ein Abgasventilator das Abgas in den Schornstein.

Je mehr Wasserdampf kondensiert, um so höher wird auch der Nutzungsgrad des Gerätes. Um optimale Nutzungsgrade zu erzielen, sollte daher bei der Planung von Neuanlagen stets darauf geachtet werden, daß sie für **möglichst niedrige Systemtemperaturen** ausgelegt werden (beispielsweise **45/35°C**), dieses läßt sich am besten mit Niedertemperaturheizungen realisieren (wie bei Wand- oder Fußbodenheizungen). Hierdurch wäre gewährleistet, daß während der Heizperiode eine volle Kondensation der Heizgase eintritt und der Brennwert genutzt werden kann.

	Brennwert H_0	Heizwert H_U	H_0/H_U
Erdgas	10,55 kWh/m ³	9,5 kWh/m ³	1,11
Flüssiggas Propan	13,95 kWh/kg	12,8 kWh/kg	1,09
Flüssiggas Butan	13,75 kWh/kg	12,7 kWh/kg	1,08
Heizöl EL	10,68 kWh/l	10,0 kWh/l	1,06
Holz lufttrocken	4,96 kWh/l	4,36 kWh/l	1,07

Verhältnis: Brennwert-Heizwert

gleich 100% gesetzt, gleichbedeutend mit einem maximalen Wirkungsgrad von 100%. Die Brennwertechnik nutzt jedoch die im Abgas befindliche Energie, die sonst in Form von Wasserdampf mit den Abgasen über den Rauchfang (Abgasfang) ins Freie abgeführt wird. Durch diese zusätzliche Nutzung können sich Wirkungsgrade, bezogen auf den Heizwert H_U , von über 100% ergeben.

Bei neuen Anlagen kann man durch einen Gas-Brennwertkessel im Vergleich zu modernen Niedertemperaturkesseln sogar bis zu 15% Energie sparen. Bei der Modernisierung älterer Anlagen mit einem Brennwertkessel lassen sich Energieeinsparungen von über 40% erreichen.

KONDENSATION

VORTEILE DER BRENNWERTNUTZUNG:

- geringerer Brennstoffverbrauch, daher geringere Heizkosten
- Maximal mögliche Energieausnutzung
- Reduzierung der Schadstoffemission
- CO₂-Reduzierung

BESONDERE ANFORDERUNGEN BEI DER BRENNWERTNUTZUNG

- Unterstützung der Abgasabführung (Abgasventilator)
- Feuchtigkeitsunempfindlicher Abgasweg
- Ableitung des anfallenden Kondensats
- Korrosionsbeständige Konstruktionen & Werkstoffe
- Niedertemperatur-Wärmeabgabesystem (Heizkörper oder Flächenheizung)
- Kondensateinleitung in das Abwassersystem oder Kondensatbehandlung (Großanlagen)

KONDENSATABLEITUNG

Da die in den Abgasen enthaltene Energie an den Wärmetauscherflächen im Abgasweg abgegeben wird, kondensiert der Wasserdampf und muß abgeleitet werden. Das Kondensat aus der Abgasanlage und dem Heizkessel enthält zahlreiche chemische Verbindungen, die Verunreinigungen darstellen. Der pH-Wert, der ein Maß für die Stärke der Säuren oder der Basen ist, liegt bei den Kondensaten aus der Verbrennung von Erdgas bei etwa 4,1 bis 4,4 (entspricht etwa Essig).

Bei gasbefeuerten Heizanlagen kleiner Leistung (Einfamilienhaus) kann das Kondensat in die Kanalisation eingeleitet werden, sofern das Kanalsystem hierfür geeignet ist. Durch Haushaltsabwasser und Regenwasser wird es soweit verdünnt, daß der Gesamt-pH-Wert im Abwasser nicht wesentlich beeinflusst wird. Das anfallende



Gas-Brennwert-
Standkessel

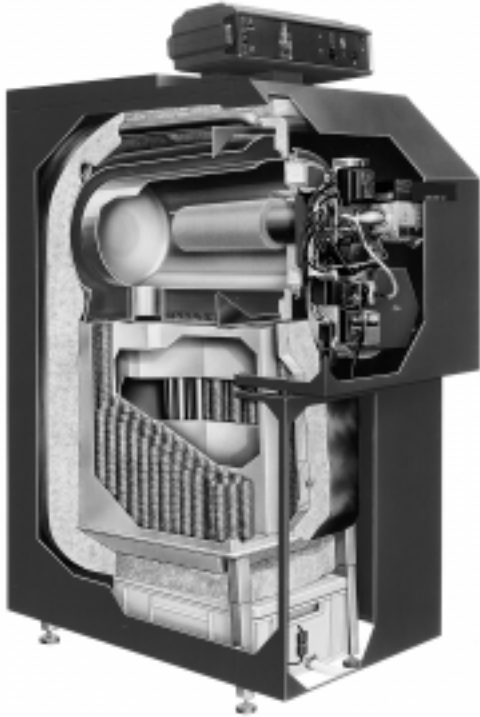
Kondensat aus einem Brennwertkessel entspricht einem ungefähren Abwasseranteil von 0,3% bis 3% (bei der Verbrennung von 1 m³ Erdgas fällt in der Praxis 0,8 bis 1 Liter Kondensat an, das bedeutet für ein EF-Haus mit einer Heizlast von 10 kW eine Menge von etwa 1,2 bis 1,5 m³ pro Jahr).

Bei Kesseln großer Leistung wird das Kondensat in Geräten, die den Kesseln nachgeschaltet sind, neutralisiert. Dadurch wird der pH-Wert wieder in den basischen Bereich > 6,5 angehoben. Der Einbau einer Neutralisationsanlage für Kondensate aus Erd- und Flüssiggasanlagen ist in der Steiermark ab 350 kW Brennstoffwärmeleistung vorgeschrieben.

KONDENSATNEUTRALISATION

Für die Neutralisierung kommen bei kleineren gasbefeuerten Anlagen verschiedene Durchlaufgeräte mit Granulat, meist auf Calciumbasis, zum Einsatz. Bei ölbetriebenen Anlagen soll der Neutralisationsanlage eine Schwermetallabscheidung vorgeschaltet werden (z.B. Aktivkohlefilter).

Gas Brennwertkessel mit gut erkennbaren Nachschaltheizflächen im unteren Bereich



Aufstellungsort :

Die Verbrennungsluft soll nicht aus Räumen mit aggressiven Dämpfen (z.B. Haarspray, Perchloräthylen, Tetrachlorkohlenstoff), starkem Staubbefall oder hoher Luftfeuchtigkeit (Waschküchen) entnommen werden.

Die zum Verbrennen notwendige Verbrennungsluft kann entweder dem Aufstellungsraum entnommen oder von außen, z.B. über hinterlüftete Rauchgasrohre, zugeführt werden. Wird die Verbrennungsluft über den hinterlüfteten Kamin angesaugt, wird sie vorgewärmt, was für den Verbrennungsvorgang von Vorteil ist. Diese *raumluftunabhängige Betriebsweise* ist der raumluftabhängigen vorzuziehen.

ERDGAS, FLÜSSIGGAS

Erdgas ist ein natürliches Gas (gasförmige Kohlenwasserstoffe), das bei der Erdölbildung entsteht und in eigenen Lagerstätten vorkommt (poröse Gesteinsschichten, die von undurchläss-

sigen Schichten abgedeckt sind). Flüssiggas sind gasförmige Kohlenwasserstoffe, die unter Druck verflüssigt wurden (z.B.: Propan, Butan). Bei Erdgas ist die Differenz zwischen Heizwert und Brennwert am größten, daher läßt sich auch bei der Anwendung der Brennwerttechnik der größte Nutzen erzielen.

Versorgungssicherheit

Der Erdgasbedarf Österreichs wird aus drei Quellen gedeckt. Langfristige Verträge sichern Erdgas :

- aus der ehemaligen UdSSR
- seit Oktober 1993 aus der Nordsee
- Erdgas aus heimischer Förderung

Darüber hinaus hat die österreichische Gaswirtschaft in ausgeförderten Gaslagerstätten unterirdische Speicher angelegt, in denen rund ein Drittel des Jahresbedarfs Österreichs gelagert werden kann.

Erdgas			
CH ₄	+	2O ₂	→ CO ₂ + 2H ₂ O
Methan	+	Sauerstoff	→ Kohlendioxid + Wasserdampf
Verhältnis H_O/H_U			1,11
Flüssiggas			
C ₃ H ₈	+	5O ₂	→ 3CO ₂ + 4H ₂ O
Propan	+	Sauerstoff	→ Kohlendioxid + Wasserdampf
Verhältnis H_O/H_U			1,09
Flüssiggas			
C ₄ H ₁₀	+	6,5O ₂	→ 4CO ₂ + 5H ₂ O
Methan	+	Sauerstoff	→ Kohlendioxid + Wasserdampf
Verhältnis H_O/H_U			1,08

Größte Differenz zwischen Heizwert und Brennwert bei Erdgas

TEMPERATUR

NEUBAUTEN

Voraussetzungen für die Brennwertnutzung bei Neubauten:

Die Brennwerttechnik stellt besondere Anforderungen an das Heizsystem:

Ideale Anwendungsbereiche bieten Niedertemperatursysteme mit Vorlauf-/Rücklauftemperaturen bis zu 45/35°C. Hier wird während der gesamten Heizperiode ein kondensierender Betrieb erreicht. Bei Heizwassertemperaturen von 70/50°C kommt man noch bei über 85% der Jahresarbeit in den Kondensationsbereich. Je höher die Heizwassertemperaturen sind, desto weniger Abgaswärme kann genutzt werden.

Kosten

Annahmen:

Freistehendes Einfamilienhaus mit 150 m² Wohnnutzfläche und einem spezifischen Wärmebedarf von 65W/m² bei Normaußentemperatur (Gebäudeheizlast von 9,8 kW), bzw. einem spezifischen Jahresnutzwärmeverbrauch für die Raumheizung



Gas-Brennwert
Wandgerät

von 110 kWh/m²a; 4 bis 6- Personenhaushalt mit einem Warmwasserverbrauch von 50l bei 50°C pro Person und Tag; Wärmeverteilungssystem ausgelegt auf $T_v/T_r = 70/50^\circ\text{C}$ bei Normaußentemperatur; zentraler Warmwasserspeicher, Wasserverteilung ohne Zirkulation.

Vergleicht man die Brennstoffkosten einer konventionellen Erdgasanlage mit einer Gas-Brennwertanlage, so reduzieren sich die Jahresbrennstoffkosten um rund 14% bzw. 1.900,-€S/a (höherer Nutzungsgrad, Tarifausschlag der Steirischen Ferngas für Brennwertanlagen – derzeit 20g/m³ netto, Stand 7/94).

Die Jahresgesamtkosten, (enthalten alle, der Wärmeerzeugungsanlage jährlich zurechenbaren Kosten einschließlich der Kapitalkosten für die Wärmeerzeugungsanlage), sind bei der Brennwertanlage trotz der etwas höheren Anschaffungskosten für Kessel usw. niedriger als bei der konventionellen Gasheizung.

Voraussetzungen für die Umrüstung auf Brennwertnutzung bei Altbauten:

Vor einer Umstellung ist zu prüfen, ob die Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz eines Brennwertgerätes überhaupt gegeben sind:

Zentralheizsysteme in Altbauten wurden häufig für hohe Heizwassertemperaturen ($T_v/T_r = 90/70^\circ\text{C}$) ausgelegt. Durch übergroße Heizkörper und teilweise durch nachträgliche Wärmedämmmaßnahmen werden jedoch kaum so hohe Heizwassertemperaturen benötigt. Dieser Umstand läßt meist eine sinnvolle Brennwertnutzung zu. Es ist auch zu prüfen, ob der Einbau einer „Abgasleitung“ (Kaminsanierung durch Einschubrohr) für das Brennwertgerät vorgenommen und das Kondensat ins Abwassersystem eingeleitet werden kann (Korrosionsbeständigkeit) bzw. bei größeren Leistungen eine Neutralisierung möglich ist.

Kosten

Annahmen:

Freistehendes Einfamilienhaus mit 120 m² Wohnnutzfläche und einem spezifischen Wärmebedarf von 85W/m² bei Normaußentemperatur, bzw. einem spezifischen Jahresnutzwärmeverbrauch für die Raumheizung von 140 kWh/m²a; 4-Personenhaushalt mit einem Warmwasserverbrauch von 50l bei 50°C pro Person und Tag; Wärmeverteilsystem ausgelegt auf Tv/TR = 90/70°C bei Normaußentemperatur, tatsächlich erforderliche Betriebstemperatur Tv/TR = 70/55°C infolge durchgeführter Wärmedämmmaßnahmen; zentraler Warmwasserspeicher, Wasserverteilung ohne Zirkulation, usw.

In diesem Fall reduzieren sich die Jahresbrennstoffkosten bei der Umrüstung von einem veralteten atmosphärischen Gaskessel auf ein Gas-Brennwertgerät von rund 24.100,- öS/a auf 12.400,- öS/a (Gebäudeheizlast von 10,2 kW). Die Jahresgesamtkosten (enthalten alle, der Wärmeerzeugungsanlage jährlich zu-rechenbaren Kosten einschließlich der Kapitalkosten für die Wärmeerzeugungsanlage), sind bei der Brennwertanlage unter bestimmten Systemvoraussetzungen deutlich unter denen der Altanlage.

Rauchfang (Abgasfang)

Heizkessel und Rauchfänge (Abgasfänge) bilden eine Einheit und müssen daher aufeinander abgestimmt werden.

Bei Abgastemperaturen unter 60°C, wie sie bei Brennwertsystemen erreicht werden, schlägt sich der noch in den Abgasen enthaltene Wasserdampf an den Innenseiten des Schornsteins nieder. Bei Betrieb mit Öl und anderen schwefelhaltigen Brennstoffen ist zusätzlich zur Durchfeuchtung eine Versottung des Kamins die Folge. Sowohl bei normalen Niedertemperaturkesseln als auch bei Kesseln mit Brennwertnutzung muß

das Kaminsystem feuchtigkeitsunempfindlich sein. Hierfür geeignete Materialien sind Schamotte, Edelstahl spezieller Legierung (Herstellangaben beachten), Aluminium, Glas und Kunststoff. Zur Beurteilung der Eignung soll im Einzelfall, vor allem bei Kaminsanierung, der zuständige Fachmann miteinbezogen werden.

Eine Abgasführung auf Basis des thermischen, natürlichen Auftriebs ist möglich, jedoch sind die überwiegende Zahl der am Markt befindlichen Geräte mit *mechanischer Abgasführung* (Ventilator) ausgestattet.

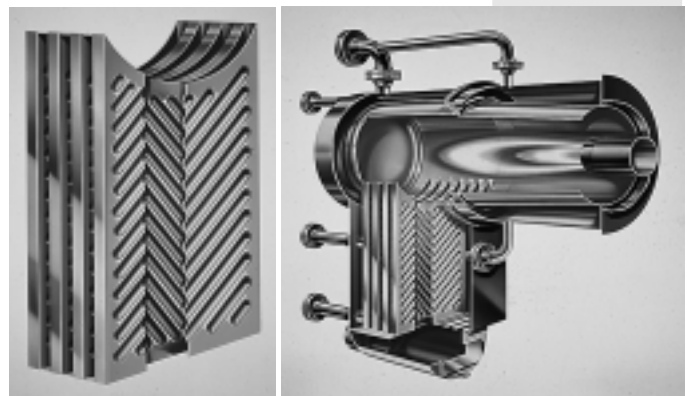
BEACHTE:

- Schornsteine mit hoher Wärmedämmung wählen,
- bei hinterlüfteten Rauchfängen Hinterlüftungsraum von 2 – 3 cm vorsehen (kann zur Ansaugung der Verbrennungsluft genutzt werden),
- möglichst kleinen, lichten Querschnitt wählen.

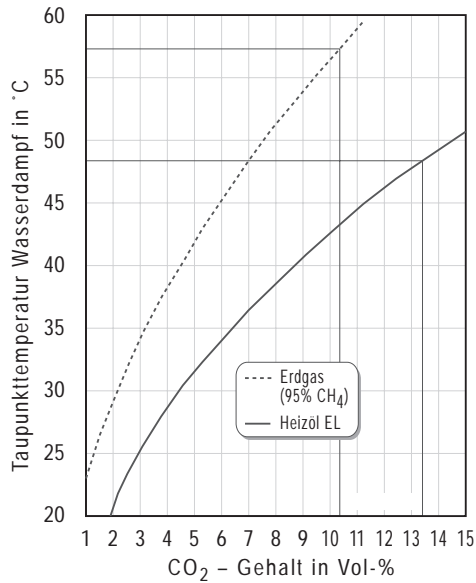
Brennwerttechnik bei Erdöl und Holz

Prinzipiell ist die Anwendung der Brennwerttechnik nicht nur bei Gas, sondern bei allen Brennstoffen möglich, die Wasser (physikalisch oder chemisch gebunden) enthalten. Eine ausgereifte Technik steht jedoch nur bei Gaskesseln zur Verfügung, die Nutzung bei Öl oder Holz erweist sich aus folgenden Gründen als *schwierig*:

Brennwertkessel im größeren Leistungsbereich



TAUPUNKT



Wasserdampf – Taupunkttemperatur

Die Abgastemperaturen müssen bei Öl noch niedriger sein als bei Gas, um die Kondensation des Wasserdampfes zu bewirken und die Abgase sind durch den enthaltenen Schwefel noch aggressiver und können zur Korrosion am Wärmetauscher führen, was eine kurze Lebensdauer bewirkt. Das anfallende Kondensat muß immer neutralisiert werden. So stehen deutlich höhere Investitionskosten einem geringeren Nutzen als bei der Verwendung des Brennstoffs Erdgas gegenüber (siehe Kap.: „Heizwert und Brennwert“), sodaß mit einer breiten Anwendung der Brennwerttechnik bei Öl- und Holzkesseln geringer Leistung nicht zu rechnen ist.

Es existieren jedoch Biomasse-Nahwärmenetze, die die Brennwerttechnik bei der Verfeuerung von Holz nutzen. Wie überhaupt ein großer Unterschied zwischen der Anwendung bei Kleinf Feuerungsanlage und dem Einsatz als „Großtechnologie“ besteht. Geprüfte Ölfeuerungsanlagen oder Holzkessel für geringe Leistungen auf Basis Brennwerttechnik sind derzeit nicht am Markt erhältlich.

Brennwerttechnik im industriellen und gewerblichen Bereich

Während zur Raumheizung und Warmwasserbereitung in Haushalten und im Kleingewerbe seit Jahren Gas-Brennwertgeräte zum Einsatz kommen, ist die Brennwerttechnik in der Industrie schon früher realisiert worden.

Die Brennwerttechnik ist zur Beheizung von Schwimmbädern (Niedertemperaturwärme!) geeignet.

Hydraulische Abstimmung

- Hydraulische Trennung der Rückläufe bei Niedertemperatur- und Hochtemperaturheizkreisen
- Dreiwegmischer (keine Vierwegmischer)
- Bedarfsgerechte Heizkennlinie einstellen

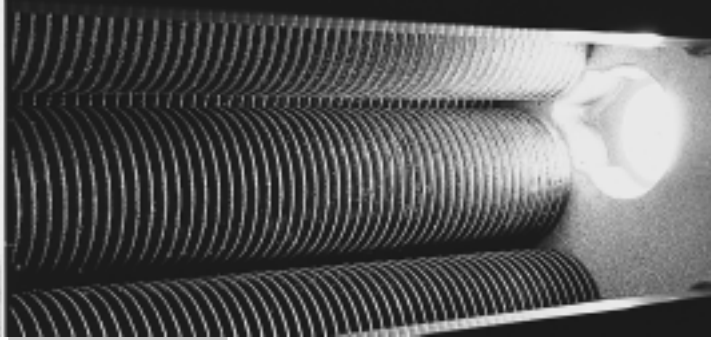
Abgasführung

Das Ziel der Brennwerttechnik ist, die im Brennstoff enthaltene Energie optimal zu nutzen. Aus diesem Grund sind die Abgase stark abgekühlt und müssen mit Hilfe eines Gebläses ins Freie abgeführt werden. Da das Abgas außerdem einen hohen Feuchtigkeitsgehalt aufweist, erfordert es eine feuchtigkeitsunempfindliche und temperaturbeständige Abgasleitung (Edelstahl, Aluminium, Glas, Keramik, Schamotte, spezielle Kunststoffe). Dieselben sind gemäß der Bauordnung und den Zulassungsbestimmungen auszuführen und müssen so dicht sein, daß weder Abgas noch Kondensat austreten kann.

Gesetzliche Bedingungen und einschlägige Normen

Bauordnung, Wasserrecht, Feuerungsanlagen-genehmigungsverordnung.

ÖNORM H5152, ÖNORM M7446, ÖVGW G41.



Wärmetauscher-
Nachschalt-
heizfläche

Quellen:

Energiebericht 1993 der Österr. Bundesregierung
 Soller u. Munkelt: „Der Heizungsbauer“
 Fanninger: „Energieökonomische Gebäudeplanung und Sanierung“
 Jilek: „Handbuch für kommunale und regionale Energieplanung“
 Dubbel: „Taschenbuch für den Maschinenbau“
 Lueger: „Lexikon der Technik“
 ÖNORM H 5152, ÖNORM M7446, ÖVGW-Richtlinie G 1, ÖVWG Richtlinie G 41,
 ASUE Nr. 15: „Brennwerttechnik, Möglichkeiten, Erfahrungen, Hemmnisse“
 Popovic: „Brennwerttechnik Theorie und Praxis“
 Naftz: „Vergleich von Anlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung“
 Heidemeyer: „Grundlagen der Brennwerttechnik“
 Information Erdgas: „Gas – Brennwerttechnik“
 Recknagel - Sprenger - Hönnmann: „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik“
 Krennbauer: „Vorschläge und Anregungen zur Verbesserung der Verbrennung“
 Köberl: „Vorschläge und Anregungen für die Verbesserung der Verbrennung – aus der Sicht der Gasversorgungsunternehmen“
 Steirische Ferngas: „Inbetriebnahmemessungen 1992 Messergebnisse“
 BINE 6/91, Schweizer Energiefachbuch 1994.

Wir danken der
 Steirischen FERGAS AG für die gute Zusammenarbeit und den Firmen
 BUDERUS Heiztechnik GmbH,
 HOVAL GmbH,
 VIESSMANN GmbH,
 für die zur Verfügung gestellten Bilder.



WEITERE INFORMATIONEN erhalten Sie von:

Energieberatungsstelle	Tel.: 0316/877-3413
Landesenergieverein	Tel.: 0316/877-3389
Landesenergiebeauftragter	Tel.: 0316/877-4555
alle:	Burggasse 9, 8010 Graz

- Impressum: Eigentümer, Herausgeber, Verleger: Landesenergieverein Steiermark, A-8010 Graz, Burggasse 9/II
- Konzept, Inhalt & Layout: Ing. J. Gabriel, W. Kofler, DI H. Rally, DI E. Zentner
- Grafik: J. Srienč
- Für den Inhalt verantwortlich: G. Ulz, Geschäftsführer des Landesenergievereins
- Druck: Druckerei KHIL GesmbH, Neutorgasse 26, 8010 Graz; gedruckt auf EPOS 100g
- Schutzgebühr: 5,-.- öS