

Vorwort des Hessischen Ministers für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung Dr. Alois Rhiel	5
---	---

Ökologische und politische Hintergründe

Wer Energie spart, leistet einen Beitrag zum Klimaschutz	6
--	---

Einsparpotentiale im Bereich Wohngebäude

Energiesparen erhöht den Wohnkomfort und schont den Geldbeutel	8
--	---

Hessischer Landeswettbewerb

„Innovative Wärmeversorgung von Wohngebäuden“	10
---	----

Die Preisträger

Ein- und Zweifamilienhäuser	
■ 1. Preis	12
■ 2. Preis	14
■ 3. Preis	16
■ Geteilter 4. Preis	18
■ Geteilter 4. Preis	20

Mehrfamilienhäuser	
■ 2. Preis	22
■ 3. Preis	24
■ Lobende Erwähnung	26

Energiesparmaßnahmen von der Planung bis zur Umsetzung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV)

Was Sie über die Energieeinsparverordnung wissen sollten!	28
---	----

Glossar:

Die wichtigsten Begriffe und ihre Bedeutung	33
---	----

Die wichtigsten Eckpunkte der Energieeinsparverordnung für den Neubau	34
---	----

Die wichtigsten Eckpunkte der Energieeinsparverordnung für den Altbau	35
---	----

Hinweise zur Anlagenperipherie:	
■ Wie kommt die Wärme günstig in den Raum?	36
■ Versorgung mit Warmwasser	37

Wärmeerzeugung im Gebäudekontext

Welche Lösung ist für Sie die richtige?	38
---	----

Wärme durch Verfeuerung fossiler Brennstoffe	
■ Der Niedertemperaturkessel	39
■ Der Brennwertkessel	40

Wärme durch Verfeuerung erneuerbarer Brennstoffe	
■ Die Stückholzheizung	42
■ Die Pelletheizung	44
■ Organische Reststoffe und Biogas	46

Effiziente Brennstoffnutzung	
Kraft-Wärme-Kopplung	48
■ Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungsmotoren	49
■ Kraft-Wärme-Kopplung mit Stirlingmotor und Brennstoffzelle	50

Nutzung von Umweltwärme	
■ Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung	52
■ Die Wärmepumpe	56
■ Geothermie	58

Frischlufversorgung in Wohngebäuden

Lüftungsbedarf in Wohnräumen	60
------------------------------	----

Lüftung über raumlufttechnische Anlagen	62
---	----

Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Zusatzheizung	64
--	----

Service

Ratschläge für die Umsetzung	66
------------------------------	----

Literatur zum Thema	67
---------------------	----

Adressen	68
----------	----

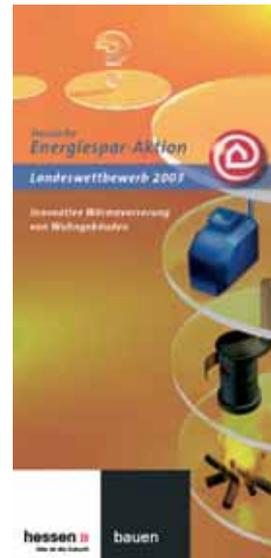
Förderprogramme	68
-----------------	----

Impressum	70
-----------	----

In der Umschlagtasche:

Checklisten und Kostenvergleiche für Ihren persönlichen Gebrauch	
--	--

Effiziente Wärmeversorgung



Die Preisträger
des Landeswettbewerbs 2003

Energiesparmaßnahmen von
der Planung bis zur Umsetzung

Praktische Tipps
Förderprogramme und
Adressen

HESSEN



Herausgeber:

**Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung**

Abteilung VI - Bauwesen, Städtebau, Wohnungswesen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
Telefon: 06 11 - 815-20 26
hmvvl@wirtschaft.hessen.de
www.wirtschaft.hessen.de



in Zusammenarbeit mit dem
Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel



Moderne und Energie sparende Wärmeversorgung sichert unsere Zukunft

Diese Broschüre soll Sie über eine moderne und effiziente Wärmeversorgung von Wohngebäuden informieren. Lassen Sie sich von ihr als Ratgeber in Sachen Wärmeversorgung überzeugen, dass die Investitionen in eine Energie sparende Technik sich langfristig für Sie und die Umwelt lohnen. Tragen Sie zu unserer aller Zukunftssicherung bei. Denken Sie daran, dass Heizkosten ohne Energie sparende Investitionen Jahr für Jahr in wachsender Höhe weiter gezahlt werden müssen. Energieeinsparungen durch eine innovative Wärmeversorgung senken dagegen nicht nur nachhaltig die laufenden Kosten und schaffen Komfort, sondern steigern auch den Wert und die Attraktivität Ihrer Immobilie. Außerdem liegt gerade in Zeiten gestiegener Energiekosten und unsicherer politischer Entwicklungen in den Energie liefernden Ländern der Gedanke an den Einsatz von regenerativen Energien oder Energieträgern nahe, die frei verfügbar oder vom Weltmarktpreis weitgehend unabhängig sind. Sie ermöglichen auch für die Zukunft kalkulierbare Kosten für die Versorgung mit Heizwärme und Warmwasser. Die Wertschöpfung erfolgt in Deutschland und kommt der heimischen Wirtschaft zugute. Darüber hinaus werden Arbeitsplätze im Handwerk, bei den planenden und beratenden Büros und in Industrie- und Gewerbebetrieben geschaffen.

Der Ratgeber bietet Ihnen auf den folgenden Seiten einen anschaulichen und nachvollziehbaren Einstieg in das komplexe Thema der Wärmeversorgung. Der Ratgeber verschafft Ihnen einen Überblick über die Anlagenkonzeptionen und die notwendigen technischen Details für das Verständnis der Anlagentechnik. Er ist für Laien konzipiert, aber auch für Fach-



leute sind neue wissenswerte Informationen aufgeführt.

Mit diesem Ratgeber möchte ich Sie in die Lage versetzen, erste Vorentscheidungen bei der Wahl von Anlagenkonzeptionen zur Wärmeversorgung zu treffen, die für ihr Gebäude optimal sind. Der Ratgeber soll Ihnen genügend Kenntnisse vermitteln, damit Sie die weiteren Vorschläge und Planungen Ihres Fachberaters beziehungsweise eines Heizungs- und Sanitärfachunternehmens ausreichend bewerten können, um für Ihr Gebäude die beste und effizienteste Wärmeversorgung zu finden und umzusetzen.

Bedenken sollten Sie bei Energie sparmaßnahmen, dass es nicht ausreicht, nur bei der Wahl der neuen Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage auf möglichst geringen Energieverbrauch zu setzen. Ein Gebäude verliert die meiste Energie durch die Gebäudehülle. Es lohnt sich daher, über weitere Energie sparende Maßnahmen nachzudenken. Das Einsparziel im Rahmen der Hessischen Energiespar-Aktion ist auf

der Broschürenrückseite dargestellt. Am besten, Sie nehmen eine Energieberatung in Anspruch und lassen sich für Ihr Gebäude die Einsparpotentiale und Kosten von Energiesparmaßnahmen aufzeigen und ein Konzept für die Durchführung der Maßnahmen erstellen. Bei bestehenden Gebäuden ist es wichtig, diese an ohnehin fällige Instandsetzungsmaßnahmen zu koppeln. Vielfach können durch einen niedrigen Heizwärmebedarf nicht nur kleiner dimensionierte Heizungsanlagen, sondern auch andere Anlagenkonzepte verwirklicht werden, die vorher nicht in Frage kamen. Zu weiteren diesbezüglichen Informationen möchte ich Sie auf das von meinem Haus durchgeführte IMPULS-Programm im Rahmen der Hessischen Energiespar-Aktion (www.hessische-energiesparaktion.de) verweisen.

Die in diesen Ratgeber aufgenommene Dokumentation des Landeswettbewerbes „Innovative Wärmeversorgung von Wohngebäuden“ zeigt Ihnen, welche Anlagenkonzeptionen andere umgesetzt haben. Lassen Sie sich inspirieren und vielleicht finden Sie sogar noch bessere und energieeffizientere Lösungen für die Wärmeversorgung Ihres Gebäudes.

Dr. Alois Rhiel
Hessischer Minister
für Wirtschaft, Verkehr und
Landesentwicklung



Wer Energie spart, leistet einen Beitrag zum Klimaschutz



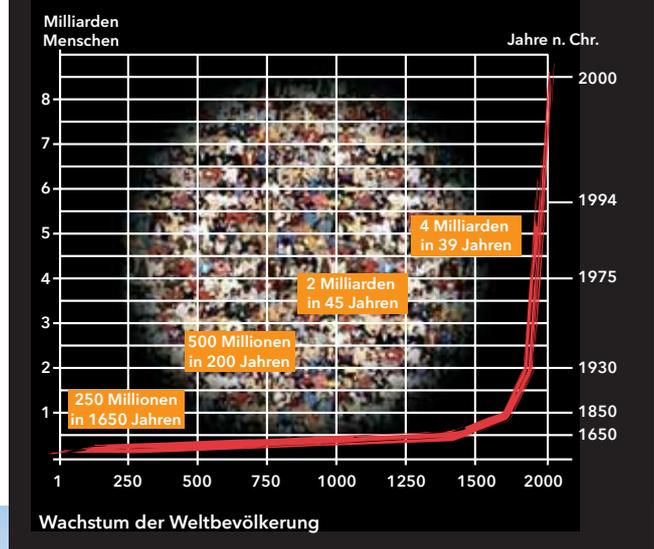
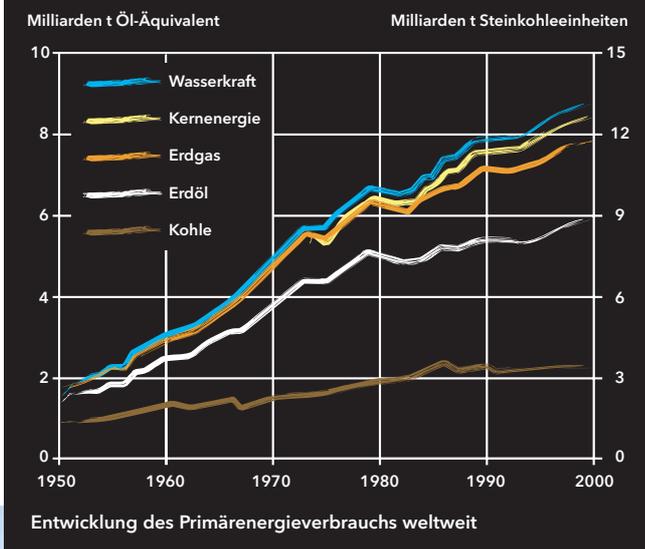
Es gibt viele gute Gründe, Energie zu sparen. Einer der besten ist der Klimaschutz. Der weltweit steigende Verbrauch an Energie gilt als eine der Hauptursachen für klimatische Veränderungen.

Wesentlicher Auslöser der Klimaveränderungen ist der „Treibhauseffekt“. Gasmoleküle reichern sich in der Atmosphäre an und verringern die Wärmeabgabe der Erde an den Weltraum. Die Folge: Die Erdoberfläche erwärmt sich und die sie umgebende Troposphäre. Gesichert ist, dass Methan (CH₄) und vor allem Kohlendioxyd (CO₂) zu den Treibhausgasen gehören. Ausmaß und Geschwindigkeit der klimatischen Veränderungen können noch nicht in vollem Umfang abgeschätzt werden. Sicher ist, dass das Klima auf dem gesamten Globus betroffen ist, mit möglicherweise ernststen Folgen für die Lebensbedingungen auf der Erde. Aus diesem Grunde sind große Anstrengungen notwendig, um die Veränderungen und ihre Folgen für Mensch und Natur so gering wie möglich zu halten.

CO₂

entsteht bei der Verbrennung – vor allem fossiler – Energieträger wie zum Beispiel Kohle, Erdgas und Erdöl. Der Kohlenwasserstoff Methan ist unter anderem in Biogas und Erdgas enthalten. Es gibt noch weitere Faktoren, die der Erde einheizen: undichte Pipelines und sich zersetzender Tierdung zum Beispiel – oder Wasserdampf, den der Flugverkehr in die Atmosphäre trägt.

Bezogen auf die Gesamtbilanz der Erde hat der vom Menschen durch die Verbrennung fossiler Energieträger hervorgerufene CO₂-Ausstoß von jährlich etwa fünf Milliarden Tonnen lediglich einen geringen Anteil. Aber dieser Anteil, der durch Menschen verursacht wird, ist entscheidend, denn er bewirkt den Jahresüberschuss von etwa drei Milliarden Tonnen pro Jahr, der wiederum einen allmählichen Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zur Folge hat. Die vom Menschen hervorgerufenen Emissionen rufen, quasi als „Zünglein an der Waage“, das Ungleichgewicht der



CO₂-Bilanz hervor. Als Folge des stetig steigenden Primärenergieverbrauchs sind in den vergangenen Jahren die CO₂-Emissionen erheblich angestiegen. Wesentlicher Schritt zu ihrer Eindämmung ist die Minderung des Verbrauchs an fossilen Energieträgern.

Energieeinsparung ist nicht nur Klimaschutz, sondern auch aktiver Umweltschutz

Deutschland ist, gemessen an seiner Bevölkerungszahl, überproportional an den weltweiten CO₂-Emissionen beteiligt. Deshalb sind gerade hier erhebliche Bemühungen um eine Verringerung von Kohlendioxid Emissionen notwendig, die im Wesentlichen über die Einsparung von Energie erfolgen muss. Andererseits gilt Deutschland als einer der Vorreiter von Bemühungen um den Klimaschutz und hat sich zum Ziel gesetzt, gegenüber den im Bezugsjahr 1990 verursachten CO₂-Emissionen von 1016 Millionen Tonnen bis zum Jahre 2005 eine Absenkung um 25 Prozent, das heißt, einen Wert von 762 Millionen zu erreichen.

Energieeinsparung trägt aber nicht nur zur Verringerung des Kohlendi-

oxyd-Ausstoßes, sondern auch zur Vermeidung zahlreicher anderer Schadstoffe bei, die zu erheblichen Schäden in der Natur und an Bauwerken führen können. Besonders wichtig ist die Verringerung des Ausstoßes an Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxyden (NO_x). Sie werden bei Verbrennungsprozessen frei.

Ein weiterer Faktor: Der weltweit steigende individuelle Energieverbrauch wird überlagert von einer starken Zunahme der Weltbevölkerung. Die Vorräte an fossilen Energieträgern sind indes begrenzt.

Angesichts des Wachstums der Erdbevölkerung und der daran gekoppelten Entwicklung des Energiever-

brauchs ist es wahrscheinlich, dass die sicher gewinnbaren Energievorräte dieser Erde vorzeitig erschöpft sind.

So ist schon jetzt vorauszusehen, dass künftig auch schwer erschließbare Vorräte mit hohem Aufwand abgebaut werden müssen.

Energieeinsparung ist Daseinsvorsorge

Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen ermöglichen es, den Einsatz fossiler Energieträger zu verringern. Das schont die vorhandenen Ressourcen. Klar, dieses Vorgehen verhindert natürlich nicht, dass die Vorräte zur Neige gehen. Aber klar ist auch: Je frühzeitiger und stärker hier und heute Energie eingespart wird, desto länger reichen die Vorräte und umso unproblematischer gestaltet sich der Ablösungsprozess von den fossilen Energieträgern.

Fazit: Klimaschutz, Umweltschutz und verantwortlicher Umgang mit den begrenzten Energievorräten sind sehr gute Gründe, Energie sparsam und effizient zu nutzen und nach Möglichkeit fossile durch regenerative Energieträger zu ersetzen.

Die sicher gewinnbaren Energievorräte betragen nach Schätzung des Bundesministeriums für Wirtschaft bei

- Erdöl circa 45 Jahre
- Erdgas circa 67 Jahre
- Kohle circa 190 Jahre



Energiesparen erhöht den Wohnkomfort und schont den Geldbeutel

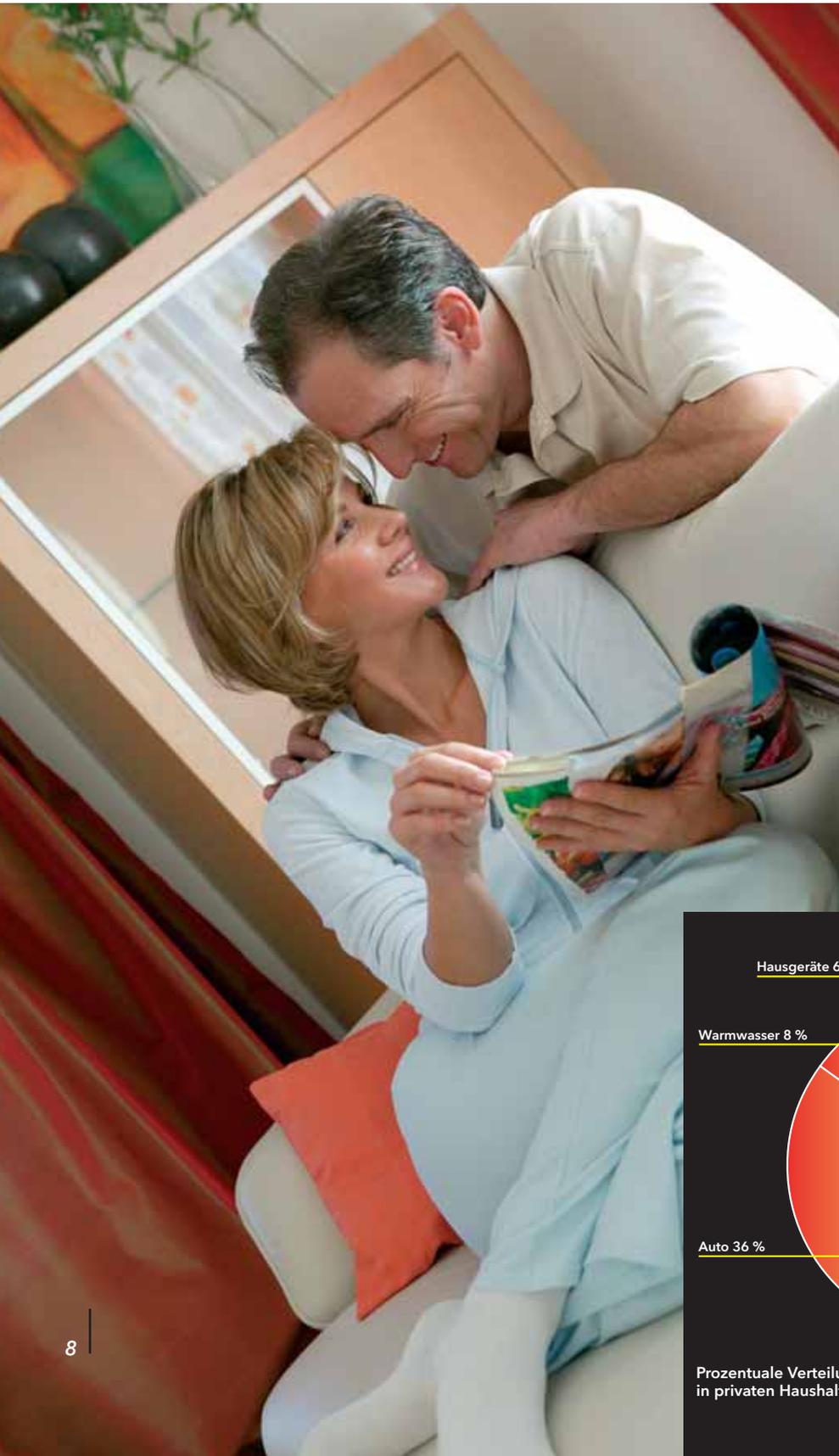
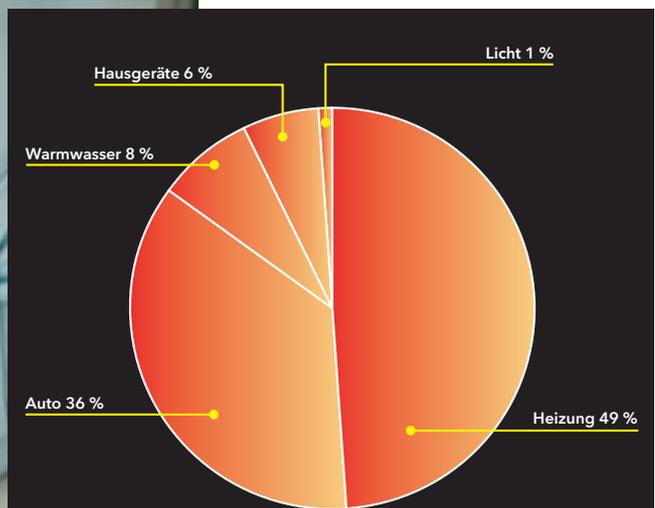


Foto: Peter Widmann

Energieeinsparung und effizienter Umgang mit Energie sind nicht nur Sache der Politik oder der Großverbraucher in der Industrie. Bei der Betrachtung, für was und in welcher Menge Energie in den privaten Haushalten verbraucht wird, wird klar, dass jeder Einzelne gefordert ist, mit seinem Verhalten den Energieverbrauch zu senken.



Prozentuale Verteilung des durchschnittlichen Energieverbrauchs in privaten Haushalten.

Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland 2001

Sektor	Energieverbrauch (PJ)	Energieverbrauch (%)
Primärenergieverbrauch	14 563	100
Anteile am Primärenergieverbrauch		
Verbrauch und Verluste im Energiesektor,		
Statistische Differenzen	4 055	27,8
Nichtenergetischer Verbrauch	1 052	7,2
Endenergieverbrauch	9 456	64,9
Anteile am Endenergieverbrauch		
Industrie	2 391	25,3
Verkehr	2 686	28,4
Haushalte	2 846	30,1
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)	1 533	16,2

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit „Energie Daten 2003“

Mit Blick auf den Klimaschutz ist der Gebäudebereich aber nicht nur wegen seines großen Energieverbrauchs, sondern vor allem wegen seiner erheblichen und noch weitgehend ungenutzten Einsparmöglichkeiten interessant. Der CO₂-Ausstoß der privaten Haushalte verharrt bisher etwa auf dem Niveau von 1990. Zwar haben die Wärmeschutzverordnung von 1995 (WSVO 95) und später die Energieeinsparverordnung (EnEV) dazu geführt, dass für Neubauten ein guter energetischer Standard sichergestellt ist. Allerdings: Rund 75 Prozent des heutigen Baubestands wurden bereits vor der zweiten Wärmeschutzverordnung von 1984 erbaut. Sie entsprechen bei weitem nicht den aktuellen Erfordernissen.

Energiesparen ist ökonomisch sinnvoll, für jeden Einzelnen und die gesamte Volkswirtschaft

Das jährliche Einsparpotenzial, das allein im Gebäudebestand langfristig mit Heizungserneuerung und verbesserter Wärmedämmung erreicht würde, wird auf mehr als 50 Millionen Tonnen CO₂ geschätzt - fast die Hälfte des Gesamtausstoßes der Haushalte. Die Investitionen zur Energieeinsparung sind häufig auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten lohnend. In der Regel - und im Gegensatz zu anderen Energieverbrauchssektoren - sind sie keineswegs mit Nachteilen oder Komforteinbußen verbunden. Im Gegenteil: Wärmedämmung kann die Behaglichkeit im Winter wie im Sommer spürbar verbessern.

Für den Eigentümer oder Bewohner kann Energiesparen doppelt lohnend sein: Komfortgewinn und oft zusätzlich Verbesserung der Bausubstanz bei gleichzeitiger Entlastung des Geldbeutels. Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit ist, dass die „richtige“ Maßnahme zum richtigen Zeitpunkt umgesetzt wird: Ein sanierungsbedürftiger Außenputz gibt zum Beispiel die Gelegenheit, die Qualität der Wände mit einem Wärmedämmverbundsystem zu verbessern.

Energieeinsparung im Gebäudebestand hat darüber hinaus positive volkswirtschaftliche Effekte. Nach einer Studie des Forschungszentrums Jülich sichern sie bundesweit dauerhaft rund 300.000 Arbeitsplätze.

Umwelt- und Klimaschutz sowie Ökonomie müssen sich also keineswegs widersprechen. Sie können sinnvoll miteinander verbunden werden.

Mit dem Wettbewerb „Innovative Wärmeversorgung von Wohngebäuden“ fördert das Land Hessen energetisch vorbildliche Lösungen zur Versorgung von Wohngebäuden mit Wärme für Heizung und Warmwasser. 57 Gebäude wurden im Jahr 2003 bewertet. Welche prämiert wurden, lesen Sie auf den folgenden Seiten.

Eine neue EU-Richtlinie fordert europaweit einen „Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“: den Energiepass. Er dokumentiert alle wichtigen Kenndaten eines Gebäudes, die Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Neben allgemeinen Gebäudedaten wie Größe, Form und Ausrichtung dokumentiert der Energiepass die bauliche Qualität (Heizwärmebedarf, siehe Seite 33) und die Effizienz der Anlagentechnik (Anlagenaufwandszahl, siehe Seite 30). Je kleiner beide sind, desto besser. Damit zeigt der Energiepass zugleich an, wo ein Gebäude verbessert werden kann, damit seine Nutzer nicht durch hohe Energiekosten als „zweite Miete“ belastet werden.

Noch wichtiger ist der Primärenergiebedarf (siehe Seite 33) eines Gebäudes, der die Auswirkungen des Gebäudebetriebes auf die Umwelt darlegt. Er fasst beide Aspekte, bauliche Qualität und Effizienz der Anlagentechnik, zusammen. Somit lassen sich die Auswirkungen des Gebäudebetriebes auf die Umwelt bewerten.



Jeder kennt die Energieeffizienzklassen der „weißen Ware“ wie Kühlschränke und Waschmaschinen. Ähnlich könnte auch der Energiepass für Gebäude aussehen. Die Zuordnung eines Gebäudes zu einer von neun Klassen bietet schnelle Information über seine Qualität. Die guten sind im grünen Bereich in den Klassen A bis C, die schlechten im roten Bereich in den Klassen G bis I zu finden.

Neben dem Label für die schnelle Orientierung soll der Energiepass noch weitergehende Hinweise geben, beispielsweise auf Schwachstellen der Gebäudehülle, über die viel Wärme verloren geht. So wird erkennbar, wo Verbesserungen vorgenommen werden sollten und besonders wirtschaftlich vorgenommen werden können.

Ab 2006 muss in Deutschland bei jedem Mieter- oder Eigentümerwechsel einer Immobilie ein Energiepass vorgelegt werden.



Innovative Wärmeversorgung von Wohngebäuden

Mit dem Wettbewerb „Innovative Wärmeversorgung von Wohngebäuden“ will das Land Hessen einen Beitrag dazu leisten, den Verbrauch fossiler Energien in Hessen zu senken. Besonderes Anliegen ist, das Einsparpotential neuer technischer Lösungen zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden zu erschließen. Angesprochen waren alle Eigentümerinnen und Eigentümer, Planerinnen und Planer sowie Ausführende von Wärmeversorgungseinrichtungen in Hessen, Beiträge einzureichen, die darin als Beispiel und Anregung für andere dienen können.

1. Preis Einfamilienhäuser, Seite 12



Der Wettbewerb begann im Herbst 2002. Einsendeschluss war der 20. März 2003. Bewertet wurden energetisch vorbildliche Lösungen zur Versorgung von Wohngebäuden, alten wie neuen, mit Wärme für Heizung und Warmwasser.

Hauptbewertungskriterium war die erreichte Anlagenaufwandszahl, also die Effizienz, mit der eine Anlage Primärenergie in nutzbare Wärme umwandelt.

Das Anlagenkonzept wurde aber nicht isoliert betrachtet, sondern sollte Teil eines überzeugenden wirtschaftlichen und gestalterischen Gesamtkonzeptes sein.

Die Auswertung erfolgte auf der Grundlage der von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eingereichten Angaben.

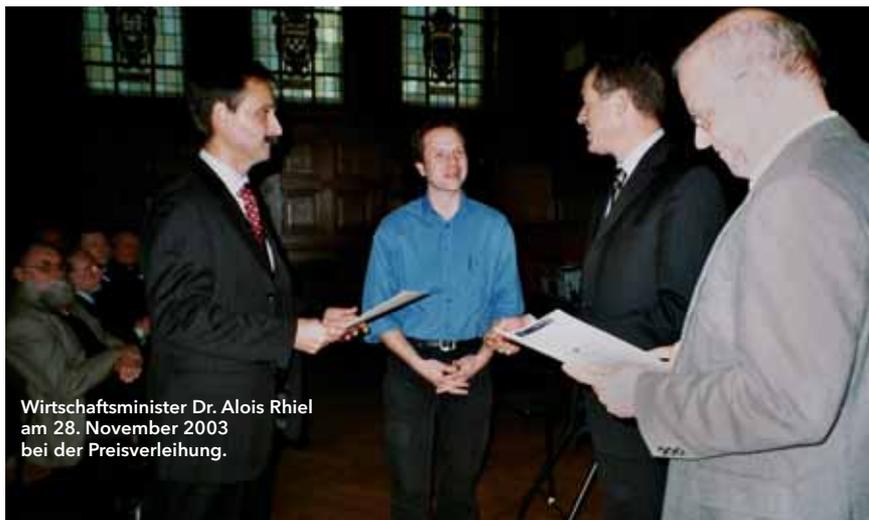
2. Preis Einfamilienhäuser, Seite 14



Der Wettbewerb war in zwei Klassen gegliedert:

Die erste Klasse umfasste Ein- und Zweifamilienhäuser, die zweite Klasse Mehrfamilienhäuser oder Wohnanlagen, die zentral mit Wärme versorgt werden.

Insgesamt wurden 57 Wettbewerbsbeiträge eingereicht, der größere Teil davon, nämlich 44, entfiel auf die Ein- und Zweifamilienhäuser.



Wirtschaftsminister Dr. Alois Rhiel
am 28. November 2003
bei der Preisverleihung.

3. Preis Einfamilienhäuser, Seite 16



Die Bewertung zur Preisvergabe fand am 27. Mai 2003 statt. Die neunköpfige Jury setzte sich aus Vertretern unterschiedlicher Fachrichtungen zusammen:

4. Preis Einfamilienhäuser, Seite 18



Herr Prof. Dr.-Ing. G. Hauser, Universität Kassel und Vorstand des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB) (Vorsitz)

Frau B. Ettinger- Brinckmann, Architektenkammer Hessen

Herr Dr. E. Daum, Fachverband Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik Hessen

Herr G. Dunschen, AG der Hessischen Handwerkskammern

Herr R. Kolb, Deutsches Energieberater Netzwerk

Herr Dr. H. Meixner, hessenEnergie GmbH

Herr A. Wimmer, Universität Kassel

Herr Dr.-Ing. J. Burkert, Vorstand der ESWE Versorgungs AG

Herr H. Kieper und Herr H. W. Schech Schornsteinfeger-Innung Kassel

4. Preis Einfamilienhäuser, Seite 20



Die endgültige Entscheidung fiel gemäß dem Beschluss der Jury nach der örtlichen Begehung der Gebäude durch eine Bewertungskommission.

Am 28. November 2003 fand im Hause des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung die Preisverleihung statt.

2. Preis Mehrfamilienhäuser, Seite 22



3. Preis Mehrfamilienhäuser, Seite 24



Lobende Erwähnung, Seite 26



Herr Minister Dr. Rhiel prämierte sechs Wettbewerbsbeiträge mit Preisgeldern in Höhe von insgesamt 12.000 Euro.



Familie Kreuzt: Vorbildlich verwirklichtes Wärmeversorgungskonzept

Das Gebäude

Das Einfamilienhaus in Hilders/Rhön weist einen Heizwärmebedarf (siehe Seite 33) von weniger als 28 kWh pro Quadratmeter und Jahr auf. Dieser Wert ist herausragend niedrig und entspricht dem Passivhausstandard. Die Architektur des Hauses wird stark von dem Bemühen um eine energetische Optimierung bestimmt. Ergebnis ist ein einfacher zweigeschossiger Baukörper mit flach geneigtem Pultdach, dessen Fassaden und Dachflächen nicht durch unnötige Vor- und Rücksprünge gestört werden. Die so erzielte gute Kompaktheit, also das günstige Verhältnis von Oberflächen zu dem beheizten Gebäudevolumen, trägt wesentlich dazu bei, Wärmeverluste durch die Bauteile und vor allem über Wärmebrücken gering zu halten. Das Gebäude kann auch in gestalterischer Hinsicht überzeugen. Gebäudeproportionen und Fassadengliederungen sind ruhig und harmonisch, ohne langweilig zu wirken.

Das Grundstück erlaubte eine optimale Südausrichtung des Gebäudes, die sowohl den aktiven als auch den passiven Solarenergiegewinnen zugeht. In Verbindung mit der sinnvollen Fensterflächendimensionierung und -verteilung, die sommerliche Überhitzungsprobleme vermeidet.

Die Haustechnik tritt äußerlich, zumindest von den Hauptansichtseiten her, kaum in Erscheinung. Die Solar Kollektoren zur Wärme- wie zur Stromerzeugung sind auf dem Dach für Besucher unsichtbar platziert. Der Edelstahl-Abgaszug bewirkt eine gute Gliederung der Westfassade.

- **Einfamilienhaus in Hilders/Rhön**
- **Baujahr: 2001**
- **Heizwärmebedarf: 28 kWh/(m²a)**
- **Anlagentechnik: Pelletofen, Solaranlage, Lüftungsanlage**
- **Anlagenaufwandszahl: 0,6**
- **Primärenergiebedarf: 24 kWh/(m²a)**

Die Anlagentechnik

Der Abgaszug als nach außen sichtbarer Teil der Anlagentechnik gibt einen ersten Hinweis darauf, dass im Gebäude eine Anlagenkonzeption mit aktivem Wärmeerzeuger realisiert wurde.

Bei diesem Wärmeerzeuger handelt es sich um einen Pelletofen mit einer Gesamtleistung von 10 Kilowatt. Der Ofen steht im Wohnraum, der durch 20 Prozent des Leistungsanteils direkt





Geschickt platziert und für Besucher unsichtbar: Die Solarkollektoren auf dem Pultdach.



Das „Herzstück“ der Lüftungsanlage: Der Wärmetauscher.

mit Wärme versorgt wird. Die übrigen 80 Prozent der erzeugten Wärme werden einem Schichtenspeicher von 950 Liter Fassungsvermögen im Keller zugeführt. Dass dieser Speicher nicht innerhalb der gedämmten Gebäudehülle untergebracht ist, hat gewisse Nachteile, da seine Wärmeverluste ungenutzt bleiben. Die Nachteile wiegen in diesem Falle allerdings angesichts des guten Dämmstandards von Speicher und Rohrleitungen sowie der sehr kurzen horizontalen Verteilungen nicht schwer. Eine Solaranlage mit insgesamt 12,5 Quadratmeter Flachkollektoren unterstützt den Pelletofen im Heizungsbetrieb und vor allem in der Trinkwassererwärmung. Die Dimensionierung ist angemessen und stellt sicher, dass der Ofen im Sommer nicht in Betrieb gehen muss. Zusätzlich, mit eher psychologischer denn praktischer Bedeutung, ist im Warmwasserspeicher noch ein elektrischer Heizstab als Notsystem installiert. Eine Zirkulationsleitung für die Warmwasserversorgung war angesichts der kurzen Leitungswege nicht erforderlich.

Abgesehen von der regenerativen Wärmeerzeugung über eine Pellet-Solar-Kombination, die wesentlich zum niedrigen Primärenergiebedarf beiträgt, bietet das Haus ein weitgehend konventionelles Wärmeversorgungssystem. Vom Speicher aus wird die Wärme über ein Rohrnetz an kleine, mit Thermostatventilen versehene Heizkörper abgegeben. Das Anlagenkonzept zur Wärmeversorgung des Gebäudes wird durch die mechanische Zu- und Abluftanlage mit Erdwärmetauscher vervollständigt. Positiv hervorzuheben sind der hohe Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage von circa 90 Prozent sowie insbesondere die niedrige maximale Leistungsaufnahme der Ventilatoren von je 33 Watt für die Zuluft und die Abluft.

Das Ergebnis

Insgesamt wird eine Anlagenaufwandszahl nach DIN EN 4701-10 von 0,6 erreicht, die – zumal für ein Gebäude mit Passivhausstandard – herausragend ist.

In Kombination mit dem bereits erwähnten extrem niedrigen Heizwärmebedarf ergibt diese Anlagenaufwandszahl einen Primärenergiebedarf des Gebäudes von 24 kWh/(m²a), mit dem der größte Teil der bisher errichteten Passivhäuser deutlich unterboten wird.



Pufferspeicher mit integriertem Warmwasserspeicher (Kombispeicher) und Wärmeverteilung im Keller.

Die Familie Kreutz hat mit ihrem Anlagenkonzept eine gute Lösung für ein Dilemma gefunden, das sich mit dem extrem niedrigen Heizwärmebedarf eines Passivhauses ergibt, bei dem die Wärme allein über die Lüftungsanlage verteilt werden kann (siehe Seite 65). Ein weiteres Wärmeverteilsystem ist also verzichtbar und kompensiert zumindest teilweise die Kosten für den erhöhten Wärmeschutz. Die Pointe des Passivhauses ist somit eine wirtschaftliche. Lässt sich vor diesem Hintergrund die primärenergetisch besonders hochwertige Anlagentechnik der Baufamilie Kreutz wirtschaftlich rechtfertigen?

Die Baufamilie Kreutz entschied sich nicht für das wirtschaftliche Optimierungspotential des Passivhausstandards, sondern für das primärenergetische Optimierungspotential, das durch die Pellettechnologie in Verbindung mit der Solarenergienutzung gegeben ist. Die Investitionskosten von etwa 19.000 Euro für die gesamte Anlagentechnik blieben dennoch in vertretbarem Rahmen. Zugleich wurde durch sinnvollen Verzicht an anderer Stelle die Wirtschaftlichkeit verbessert. Angesichts großzügiger Leistungsreserven des Pelletofens bestand kein Bedarf an der besonders preistreibenden Komponente der Passivhausfenster. Ebenfalls verzichtet wurde auf eine automatische Beschickung des Pelletofens mit Brennstoff. Die Komforteinbuße, dem Ofen während der Heizperiode einige Kilo Pellets per Hand zuführen zu müssen, war nach Auffassung der Jury unerheblich und beeinträchtigt in keiner Weise den Vorbildcharakter des verwirklichten Wärmeversorgungskonzeptes.

Neben dem Wärmeversorgungskonzept sind die Bemühungen der Baufamilie hervorzuheben, durch die Verwendung von Recyclingbaustoffen und den generellen Verzicht auf Verbundmaterialien die Gesamtökobilanz des Gebäudes zu verbessern. Auch die Regenwassernutzungsanlage und die Verwendung sparsamer Haushaltsgeräte, zum Teil mit Anschluss an den Speicher, sind ein wichtiger Beitrag zur Ressourcenschonung. Die installierte Photovoltaik-Anlage mit 1,02 kWp rundet das Bild eines vorbildlichen Gesamtkonzeptes ab.



Der Pelletofen im Wohnraum.



Dipl. phys. Konrad Maydorn: Stimmiges Gesamtkonzept und hohe Ausführungsqualität

Das Gebäude

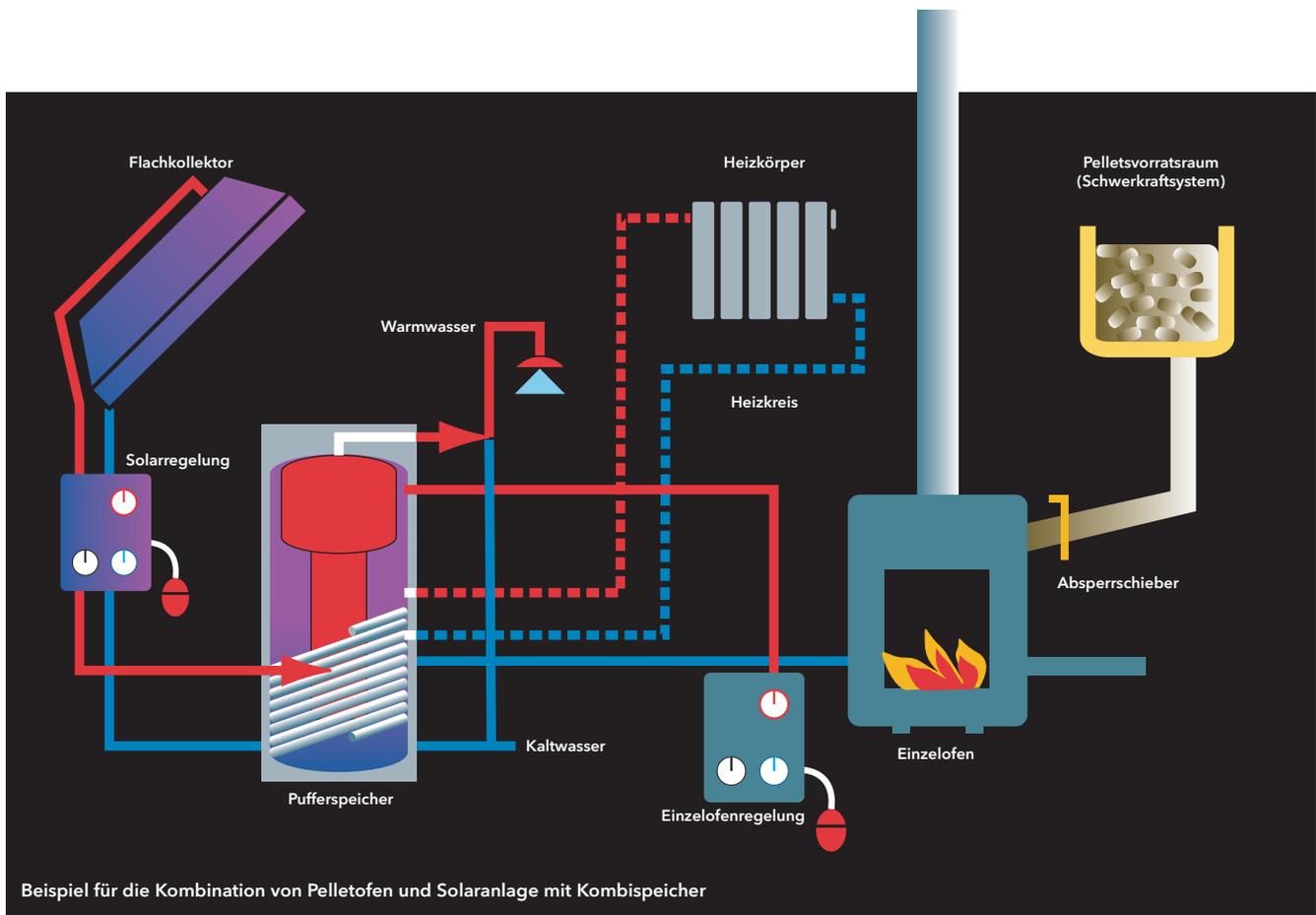
Das eineinhalbgeschossige Einfamilienhaus in Frankenau mit Satteldach und Putzfassade hebt sich äußerlich kaum von den umliegenden Wohngebäuden ab. Es bietet insofern ein gutes Beispiel dafür, dass sich energetisch vorbildliche Häuser auch mit konventioneller Formensprache verwirklichen lassen. Die Kompaktheit des Gebäudes wird ein wenig durch den zweigeschossigen Erker beeinträchtigt. Ansonsten übertrifft der bauliche Standard des Gebäudes mit einem Heizwärmebedarf von etwas mehr als 50 kWh/(m²a) durchschnittliche Neubauten der vergangenen Jahre deutlich. Der gehobene Anspruch an die Anlagentechnik wird nach außen durch die 7,5 m Röhrenkollektoren dokumentiert.

Die Anlagentechnik

Neben der thermischen Solaranlage, die zur Warmwasserbereitung sowie in geringem Umfang zur Heizungsunterstützung dient, steht auch bei diesem Wettbewerbsbeitrag ein Pelletofen im Mittelpunkt des Wärmeversorgungs-konzeptes. Die Gesamtleistung von 10 Kilowatt verteilt sich im Verhältnis vier zu eins auf den Wasserkreislauf und die direkte Wärmeabgabe an den Raum, die dem Wohnzimmer zugute kommt. Ein Schichtenspeicher von 500 Liter verbindet Pelletofen und Solaranlage. Der Speicher ist mit einem elektrischen Heizstab zur Unterstützung der Solaranlage an bedeckten Sommertagen ausgestattet. Die optimale Ausrichtung und sinnvolle Dimensionierung der Solaranlage lässt allerdings die Einschätzung zu, dass

dieses Element kaum je zum Einsatz kommen muss. Die Unterbringung des Speichers innerhalb der thermischen Gebäudehülle im Erdgeschoss führt nicht nur dazu, dass die Wärmeverluste der Leitungen und des Speichers teilweise genutzt werden können, sondern auch zu kurzen Wegen zu den Verbrauchsstellen des warmen Wassers. Auf eine Zirkulationsleitung konnte daher auch hier verzichtet werden. Die Wärmeübergabe an den Raum erfolgt über Wandflächenheizungen, die schon mit niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben werden können und mit einem hohen Strahlungswärmeanteil zu einem angenehmen Raumklima beitragen. Die Frischluftversorgung verbunden mit geringen Wärmeverlusten wird durch eine mechanische Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmehaube (Gesamtwirkungsgrad circa 90 Prozent) sichergestellt.





Das Ergebnis

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes ist mit 32 kWh/(m²a) nur unwesentlich schlechter als beim Einfamilienhaus der Familie Kreuz. Die Anlagenaufwandszahl ist mit einem Wert von 0,5 auf Grund des höheren Heizwärmebedarfs des Gebäudes und auf

Grund der besseren Speicheranordnung sogar geringfügig besser.

Umgekehrt ergibt sich ein deutlich größerer Bedarf an Pellets von etwa 2 Tonnen im Jahr. Der unauffällig im Obergeschoss des Gebäudes untergebrachte Brennstoffspeicher ist aus diesem Grunde sinnvoll. Die Anordnung oberhalb des Ofens erlaubt eine Versorgung allein durch Schwerkraft. Die Pellets rutschen durch ein Rohr in ei-



Innovative Wärmetechnik lässt sich auch mit konventioneller Formensprache realisieren.



Im Mittelpunkt des Wärmeversorgungskonzeptes: Der Pelletofen.

- *Einfamilienhaus in Frankenberg*
- *Baujahr: 2001*
- *Heizwärmebedarf: 50 kWh/(m²a)*
- *Anlagentechnik: Pelletofen, Solaranlage, Lüftungsanlage*
- *Anlagenaufwandszahl: 0,5*
- *Primärenergiebedarf: 32 kWh/(m²a)*

nen Zwischenspeicher im Ofen. Hohen zeitgemäßen Komfort bietet die Möglichkeit, den Brennstoffspeicher über einen Schlauch von außen befüllen zu lassen. Die Funktionsfähigkeit dieses Systems hat sich bereits in der Praxis bewährt. Abzuwarten bleibt hingegen, ob die relative Unzugänglichkeit des Vorratsbehälters zu Problemen führen wird.

Der Wettbewerbsbeitrag konnte sowohl durch sein Gesamtkonzept, besonders aber auch durch die Ausführungsqualität überzeugen. Die Investitionskosten für die Wärmeversorgungsanlagen mit etwas weniger als 26.000 Euro bewegen sich in noch vertretbarem Rahmen. Eine Regenwassernutzungsanlage für die Toilettenspülung und Gartenbewässerung sind als zusätzliche, ökologisch sinnvolle Investitionen lobend zu erwähnen.



Stefan Mölig, Architekt: Beeindruckende Architektur und überzeugendes Anlagenkonzept

Das Gebäude

 Auch der dritte Preis des Landeswettbewerbs wurde einem Beitrag zugesprochen, dessen Anlagenkonzept durch einen Pelletofen in Kombination mit der Solaranlage als zentrale Komponenten gekennzeichnet ist. Beeindruckend ist die Architektur des Gebäudes. Das mit 248 Quadratmetern überdurchschnittlich große Einfamilienhaus in Lauterbach wurde erst im Jahre 2003 fertiggestellt und von der vierköpfigen Baufamilie Wahl bezogen. Die bekannten Merkmale ökologischer Architektur wie

Kompaktheit und Südorientierung verbinden sich zu einem ausgesprochen attraktiven Baukörper. Die Fassaden sind mit einfachen Mitteln gut gegliedert. Das Dach ist in seinem Hauptteil als Satteldach ausgeführt, das mit 45 Grad Neigung optimalen Platz für die großzügige Solaranlage bietet. Die hier verwirklichte Integration der Kollektoren in die Dachfläche kann als vorbildlich gelten.

Die großzügige Verglasung des Gebäudes hat ebenfalls besonderen Reiz, könnte aber auch Probleme mit sich bringen. An der Südostecke könnten sich im Winter geringe Oberflä-

chentemperaturen einstellen, da hier die Fensterflächen in einem Holzträger zusammenlaufen, dessen U-Wert deutlich schlechter ist als der der übrigen opaken Wandflächen. Als Folge könnten sich Einschränkungen der Behaglichkeit oder technische Probleme ergeben. Die Gefahr möglicher sommerlicher Überhitzungen wurde dagegen mit einem flexiblen Sonnenschutz an Süd- und Westseite des Gebäudes erheblich gemindert. Der bauliche Standard ist mit einem Heizwärmebedarf von etwa 50 kWh/(m²a) von deutlich überdurchschnittlicher Qualität.



Die Anlagentechnik

Der Pelletofen entspricht mit seiner Gesamtleistung und Leistungsverteilung den schon zuvor besprochenen Wettbewerbsbeiträgen. Auch hier ist der Ofen im Hauptwohnraum untergebracht, um einen Teil seiner Wärme direkt zur Verfügung zu stellen, in den übrigen Räumen wird die Wärme über Fußbodenheizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen abgegeben. Eine mechanische Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauscher mindert die Lüftungswärmeverluste um circa 90 Prozent. In deutlichem Unterschied zu den erstplatzierten Wettbewerbsbeiträgen steht die Dimensionierung der Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Die Flachkollektoren nehmen eine Fläche von 36 Quadratmeter ein. Die Wärme wird in einem Schichtenspeicher mit einem Volumen von 5300 Liter gespeichert. Der Deckungsgrad dieser Anlage von 53 Prozent für Heizung und Warmwasser ist beeindruckend, dennoch stellt sich die Frage, ob der hohe technische und finanzielle Aufwand angesichts des niedrigen Heizwärmebedarfs und der hohen Qualität des Pelletkessels angemessen ist. Mit Blick auf diesen geringen Heizwärmebedarf erscheint es dagegen durchaus vernünftig, dass die Baufamilie den Pelletofen per Hand beschicken wird.

Das Ergebnis

Obwohl die Anlagentechnik zum großen Teil in Eigenleistung montiert wurde, ergaben sich für das gesamte Wärmeversorgungskonzept Investitionskosten von mindestens 28.000 Euro. Eine Vollkostenrechnung ohne Eigenleistungsanteil würde wohl kaum einen Betrag von weniger als 35.000 Euro zum Ergebnis haben. Vielleicht

- *Einfamilienhaus in Lauterbach*
- *Baujahr: 2002-2003*
- *Heizwärmebedarf: 48 kWh/(m²a)*
- *Anlagentechnik: Pelletofen, Solaranlage, Lüftungsanlage*
- *Anlagenaufwandszahl: 0,45*
- *Primärenergiebedarf: 27 kWh/(m²a)*

wären aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht Investitionen in anderen Bereichen noch wirksamer gewesen. Unbeschadet davon bleiben die erreichte Anlagenaufwandszahl von klei-



Der mächtige Pufferspeicher kam schon früh an seinen Platz.

ner als 0,5 und ein Primärenergiebedarf von etwa 27 kWh/(m²a) als ausgezeichnetes Ergebnis zu vermerken. Zusätzlich hervorzuheben sind die Anbindung der Spül- und Waschmaschine an den Warmwasserspeicher sowie die installierte Regenwassernutzungsanlage.



Kompaktheit und Südorientierung verbinden sich zu einem ausgesprochen attraktiven Baukörper.



Familie Viebrock und Michael Horstmannshoff: Vorbildlich verwirklichtes Wärmeversorgungskonzept

Das Gebäude

 Einer der beiden vierten Preise wurde dem Anlagenkonzept einer Reihenanlage in Fulda zugesprochen. Die Anlage besteht aus drei Einheiten, von denen allerdings nur das mittlere und das südöstliche Reihenendhaus Thema des Wettbewerbsbeitrages sind. Der bauliche Standard der Gebäudehülle ist sehr gut. Für das Reihenendhaus wurde ein Heizwärmebedarf von lediglich 45 kWh/(m²a) ermittelt. Das Bemühen der Bauherrschaften um ein energie-

effizientes Hauskonzept spiegelt sich bereits in der Gestaltung der Gebäude wider. Die zweigeschossigen, mit einem Pultdach versehenen Baukörper erreichen einen hervorragenden Kompaktheitsgrad, ohne langweilig zu wirken. Der hohe Fensterflächenanteil an der Südwestseite führt zu großen solaren Warmegewinnen sowie einer sehr guten Belichtung der dahinter liegenden Wohnräume. Ungünstig wirken sich die Fensterflächen in Kombination mit der Orientierung allerdings auf das sommerliche Wärmeverhalten der Gebäude aus, zumal bisher keine hinreichenden Verschattungseinrichtungen vorhanden sind.

Die Anlagentechnik

Eine Wärmepumpe versorgt die Reihenhäuser mit Heizwärme. Die Wärme wird über zwei 150 Meter tiefe Bohrungen aus der Erde gewonnen und in einem Pufferspeicher zwischengelagert. Die Jahresarbeitszahl erreicht einen Wert von etwa 3,5. Dies bedeutet, es werden für jede Kilowattstunde an Strom, mit dem die Anlage betrieben wird, etwa 3,5 kWh Wärme gewonnen (siehe Seite 57). Viele Herstellerangaben moderner Wärmepumpenanlagen liegen zwar noch höher. Sie lassen sich allerdings in der Praxis häufig nicht realisieren. Der hier erreichte Messwert ist daher positiv zu beurteilen. Das niedrige Temperaturniveau der Fußbodenheizungen liefert dazu einen nicht un-

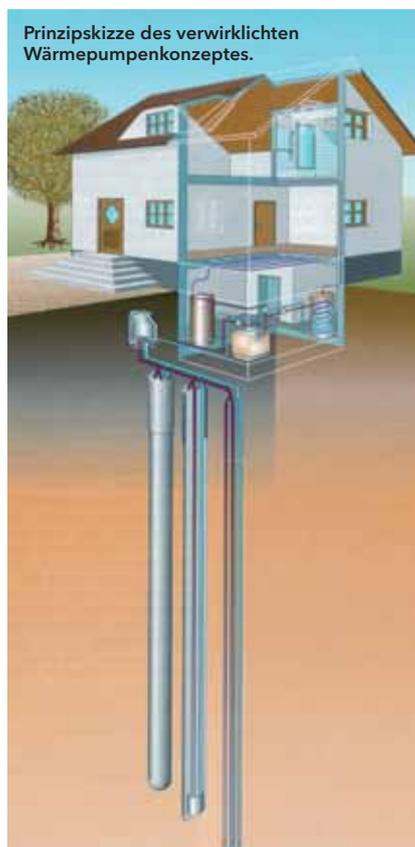




Unsichtbar hinter Glas bevorratet der Solarspeicher warmes Wasser und stellt es über kurze Leitungswege zur Verfügung.

wesentlichen Beitrag. Allerdings zeigt die Abweichung der Jahresarbeitszahl in der zurückliegenden Heizperiode deutlich die Abhängigkeit von korrekten Anlageneinstellungen. Die horizontalen Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich. Dort auftretende Wärmeverluste kommen daher nicht der Raumheizung zugute. Die übrigen Komponenten der Anlagentechnik sind auf die einzelnen Wohneinheiten verteilt. Jede Einheit verfügt über eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmetauscher, die etwa 90 Prozent der Lüftungswärmeverluste einsparen. Ebenfalls wohnungszentral sind die Solaranlagen zur Warmwasserbereitstellung. Jeweils 7,6 Quadratmeter Flachkollektoren stehen zur Verfügung. Die Speicher sind günstig innerhalb der thermischen Gebäudehülle untergebracht. Insbesondere die geschickte Integration ins Badezimmer des Mittelhauses kann sehr zur Nachahmung empfohlen werden. Kurze Leitungswege und die Nutzbarkeit der Wärmeverluste des Speichers sind die Folge und können spürbar zur Energieeinsparung

beitragen. Leider führt die räumliche Trennung der Solarspeicher vom Pufferspeicher der Wärmepumpe dazu, dass ein elektrischer Heizstab zur Trinkwassererwärmung benötigt wird, wenn der solare Wärmeertrag zu gering ist.



Prinzipskizze des verwirklichten Wärmepumpenkonzeptes.



Wärmepumpenanlage und Pufferspeicher im gemeinsamen „Heizungskeller“.

- **Einfamilienhaus in Fulda**
- **Baujahr: 1998**
- **Heizwärmebedarf: 45 kWh/(m²a)**
- **Anlagentechnik: Erdsonden Wärmepumpe, Solaranlage, Lüftungsanlage**
- **Anlagenaufwandszahl: 0,92**
- **Primärenergiebedarf: 53 kWh/(m²a)**

Das Ergebnis

Der Primärenergiebedarf (bezogen auf das Endreihenhaus) liegt mit knapp 53 kWh/(m²a) 55 Prozent unterhalb des nach EnEV zulässigen Höchstwertes. Die Anlagenaufwandszahl von 0,92 ist für ein Gebäude dieser Größe von sehr guter Qualität, zumal sich die Investitionskosten von etwa 18.000 Euro pro Wohneinheit in Grenzen halten. Eine weitere Absenkung der Anlagenaufwandszahl, vielleicht sogar unter einen Wert von 0,8 wäre möglich, wenn ein Ersatz für den elektrischen Heizstab gefunden werden könnte, der immerhin fast 40 Prozent der jährlichen Arbeit zur Trinkwassererwärmung erbringen muss.



Professor Winzer: Kreative Planung führte zu ungewöhnlicher Lösung

Das Gebäude

Bei dem zweiten Wettbewerbsbeitrag, der mit dem geteilten vierten Preis ausgezeichnet wurde, handelt es sich um ein Bestandsgebäude des Baujahrs 1926. Das Haus in

Eppstein wurde ab 2002 umfangreichen Umbau- und Sanierungsmaßnahmen unterzogen. Die Wohnfläche wurde auf 256 Quadratmeter vergrößert und bietet den drei Bewohnern großzügige Platzverhältnisse.

Bei den Sanierungsmaßnahmen legte die Baufamilie großen Wert auf Maßnahmen zur Energieeinsparung.

Der U-Wert der Außenwand wurde durch ein Wärmedämmverbundsystem auf ausgezeichnete 0,14 bis 0,21 $W/(m^2K)$ verbessert, im Dach wurde sogar ein Wert von 0,12 $W/(m^2K)$ erzielt. Die Fensterqualität ist ebenfalls sehr gut (U-Werte Fensterverglasungen 1,1 bis 1,3 $W/(m^2K)$). Noch immer ungewöhnlich für bauliche Sanierungsmaßnahmen ist die hier gezeigte Aufmerksamkeit für eine möglichst wär-



Originelle Lösung: Ein keramischer Zug liefert Wärme für das Untergeschoss.

- **Einfamilienhaus in Eppstein/Taunus**
- **Baujahr: 1926, Sanierung: 2002**
- **Heizwärmebedarf 49 kWh/(m²a)**
- **Anlagentechnik: Pelletofen mit keramischem Zug, Wärmewellengeräte, Solaranlage, Lüftungsanlage**
- **Anlagenaufwandszahl: 0,86**
- **Primärenergiebedarf 53 kWh/(m²a)**

mebrückenfreie und luftdichte Ausführung der Gebäudehülle. In dieser Hinsicht sind die Arbeiten allerdings noch nicht abgeschlossen.

Die Anstrengungen haben zu einem Heizwärmebedarf von 49 kWh/(m²a) geführt, der für ein Gebäude dieses Alters herausragend ist.



Noch ist die Technik des Pelletofens und der Lüftung sichtbar.

Die Anlagentechnik

Dieser sehr niedrige Heizwärmebedarf war Anlass, nach einem Wärmeversorgungssystem zu suchen, das nicht nur ökologisch hochwertig, sondern auch wirtschaftlich günstig ist. Bei dem Wettbewerbsbeitrag der Familie Winzer fiel die Entscheidung auf die Kombination aus Pelletofen und elektrischen Wärmestrahlern. Der Pelletofen, wiederum im größten Wohnraum aufgestellt, ist ein Luftgerät, das heißt, er ist nicht wie bei den drei ersten Preisträgern an einen Wasserkreislauf angeschlossen. Auf das kostenintensive Wärmeverteilsystem wurde also verzichtet. Der Ofen deckt dennoch nicht nur den Wärmebedarf des Wohnraumes ab, sondern sorgt auf Grund des hohen Dämmstandards des Gebäudes dafür, dass eine Grundwärme im ganzen Haus vorhanden ist. Dem überm Wohnraum gelegenen Schlafzimmer wird zusätzlich über einen Luftschacht Wärme zugeführt, die für die Funktion des Raumes ausreichend ist. Ein Wohnraum im Untergeschoss wird durch einen keramischen Abgaszug mit Wärme versorgt. Dieser Abgaszug wird über einige Meter horizontal durch den Raum geführt. So werden die Abgase abgekühlt, der Zug wirkt wie ein Heizkörper, der für die Beheizung des Kellerraumes ausreicht. Eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmetauscher (90 Prozent Wärmerückgewinnung) unterstützt zusätzlich die Wärmeverteilung im Haus. Für den restlichen Wärmebedarf, der in entfernteren Räumen, beispielsweise in den Badezimmern entsteht, stehen preiswerte Wärmewellengeräte zur Verfügung.

Da dieser Restbedarf rechnerisch nur etwa 13 Prozent des Gesamtwärmebedarfes ausmacht, scheint es ver-

tretbar, hier auf Strom als Wärmequelle zurückzugreifen, zumal im Gegenzug der Strombedarf für eine Umwälzpumpe entfällt. Ein Nachteil des Konzeptes besteht darin, dass der Pelletofen nicht zur Erzeugung von Trinkwarmwasser herangezogen werden kann. Die Solaranlage mit 6,4 Quadratmeter Kollektorfläche deckt zwar mehr als die Hälfte dieses Bedarfs ab, für den Rest steht aber nur ein elektrischer Heizstab zur Verfügung.

Das Ergebnis

Mit dem ungewöhnlichen Wärmeversorgungskonzept wird eine ausgezeichnete Anlagenaufwandszahl von 0,86 erreicht. In Kombination mit dem geringen Heizwärmebedarf ergibt sich daraus ein Primärenergiebedarf von 53 kWh/(m²a), ein - zumal für ein Bestandsgebäude - herausragender Wert. Die Investitionskosten für die Wärmeversorgungsanlagen liegen mit etwa 15.000 Euro in einem sehr günstigen Bereich. Allerdings muss sich das Anlagenkonzept in der Praxis erst noch bewähren. Die Wechselwirkungen von Lüftungsanlage und Lüftungsschacht zum Schlafzimmer könnten beispielsweise problematisch sein, Rußablagerungen im keramischen Zug könnten die Alltagstauglichkeit einschränken. Das Anlagenkonzept lässt sich nicht einfach auf andere Objekte übertragen. Umso mehr kann die Kreativität zur Nachahmung empfohlen werden, ein auf die individuelle Situation zugeschnittenes Anlagenkonzept zu entwickeln, das hohen ökologischen Wert mit guter Wirtschaftlichkeit verbindet.



Wohnheim GmbH: Grundlegende Sanierung schaffte hervorragende Werte

Die Jury hatte den Beschluss gefasst, im Bereich der Mehrfamilienhäuser insgesamt nur zwei Preise zu vergeben. Hintergrund dafür war einerseits die deutlich geringere Anzahl an Wettbewerbsbeiträgen in diesem Bereich. Andererseits war die Qualität der Anlagenkonzepte hinsichtlich der Anlagenaufwandszahl im Bereich der Einfamilienhäuser höher, so dass die Jury von der Vergabe eines ersten Preises absah. Verwunderlich ist dieser Unterschied natürlich nicht. Denn für Investitionen im Bereich der Mehrfamilienhäuser gilt selbstverständlich ein sehr viel stärkerer Wirtschaftlichkeitsvorbehalt als im Bereich der Ein- bis Zweifamilienhäuser. Bei der Gestaltung des eigenen Heimes können dagegen Idealismus und Experimentierfreude sehr viel mehr in den Vordergrund rücken. Es ist umso erfreulicher, dass die zweiten und dritten Preise zwei Sanierungsprojekten aus dem Bereich des sozialen Wohnungsbaus zugesprochen werden konnten.

Die Gebäude

Bei den Gebäuden der Wohnheim GmbH in Frankfurt, die im Jahre 1963 errichtet wurden, handelt es sich um vier Gebäude mit je 1429 Quadratmeter Wohnfläche, also um insgesamt 5716 Quadratmeter. Etwa 240 Bewohner leben in den 112 Mietwohnungen.

Die Mehrfamilienhäuser wurden ab 2001 zunächst einer sehr gründlichen baulichen Sanierung unterzogen. Wärmedämmung des Daches mit 12 Zentimeter Dämmung, Wärmedämmverbundsystem in gleicher Stärke an der Außenwand sowie Dämmung der Kellerdecke führten in Verbindung mit dem Einbau neuer hochwertiger Fenster zu einem Heizwärmebedarf von knapp über 60 kWh/(m²a). Schon mit diesem Wert erreichen die Gebäude der Wohnheim GmbH Neubauniveau.



Die Anlagentechnik

Im Zentrum des Anlagenkonzeptes steht ein Brennwertkessel. Er ist im Keller eines der Gebäude untergebracht, steht aber mit einer Leistung von 345 kW über Fernwärmeleitung für die gesamte Anlage zur Verfügung. Für die Warmwasserbereitung stehen zusätzlich in jedem der vier Gebäude Solaranlagen bereit. Immerhin 51 Quadratmeter Flachkollektoren pro Haus sorgen für einen solaren Deckungsgrad von stattlichen 42 Prozent. Die Dezentralität der Solaranlagen bietet den Vorteil kurzer Leitungswege bei der sommerlichen Versorgung mit Warmwasser, gegebenenfalls sogar die Möglichkeit, die Heizzentrale im Sommer zeitweise abzuschalten. Umgekehrt hat die zentrale Anordnung des Heizkessels niedrige Betriebskosten zur Folge, Wartungskosten und Fegebühren beispielsweise sind auf etwa ein Viertel reduziert. Der wesentlichste Vorteil, der sich durch den Zusammenschluss der einzelnen Gebäude über die Wärmeleitungen ergibt, soll in einer zweiten Stufe genutzt werden: Es ist vorgesehen, auf der Basis gewonnener Messwerte die Heizzentrale um ein Kraft-Wärme-Kopplungs-Aggregat zu ergänzen (siehe Seite 48 folgende). Eine solche Anlage, die Strom erzeugt und deren Abwärme vor Ort zur Wärmeversorgung genutzt wird, gewährleistet eine besonders effiziente Nutzung des eingesetzten Brennstoffes und ist aus ökologischen Gründen sehr zu empfehlen. Die Wirtschaftlichkeit ihres Einsatzes hängt - zumal unter den derzeit schwierigen Rahmenbedingungen - von einer gründlichen Vorplanung ab. Dies gilt bei dieser Wohnanlage der Wohnheim GmbH umso mehr, als sich die erreichbaren Laufzeiten gegebenenfalls durch den Einsatz der Solaranlagen verringern.

- **Mehrfamilienhausanlage in Frankfurt**
- **Baujahr: 1963, Sanierung: 2001**
- **Heizwärmebedarf: 60 kWh/(m²a)**
- **Anlagentechnik: Brennwertkessel mit Solaranlage**
- **Anlagenaufwandszahl: 1,16**
- **Primärenergiebedarf: 84 kWh/(m²a)**



Die Heizzentrale mit mächtigen Brennwertkesseln.



Wärmeübergabetechnik in den einzelnen Gebäuden.

Das Ergebnis

In der bestehenden Form wird mit dem Anlagenkonzept der Wohnheim GmbH eine Anlagenaufwandszahl von 1,16 erreicht. Dies ist schon ein sehr guter Wert, der in Verbindung mit dem niedrigen Heizwärmebedarf zu einem Primärenergiekennwert von 82 kWh/(m²a) führt. Damit werden sogar die Anforderungen an Neubauten nach EnEV unterschritten. Zugleich wird das Niveau „Niedrigenergiehaus im Gebäudebestand“ gemäß den Richtlinien der KfW Foerderbank erreicht, ein Niveau das für vergleichbare Vorhaben besonders günstige Finanzierungen in Kombination mit einem Teilschuldenerlass bietet. Doch damit nicht genug: Mit der geplanten Einbindung einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage wäre sogar eine deutlichere Unterschreitung des Neubau-Höchstwertes nach EnEV zu erreichen. Es wäre schön, wenn diese Auszeichnung nicht nur als Anerkennung für die bereits geleistete Arbeit aufgenommen würde, sondern auch als Ermutigung und Ansporn, die bestehenden Planungen auch unter den derzeit wenig günstigen rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen umzusetzen.



Wohnbau Mainz: Gelungene bauliche und technische Sanierung

Das Gebäude

Das Gebäude der Wohnbau Mainz in der Passauer Straße 65 - 69 in Wiesbaden wurde im Jahre 1961 errichtet und ist Teil eines großflächigen Sanierungsprojektes von mehreren tausend Quadratmetern.

Der Gebäudeblock, der hier präsentiert wird, hat 759 Quadratmeter Wohnfläche. Der schlechte Wärmeschutz des Gebäudebestandes wurde erheblich verbessert. Mit Wärmedämmverbundsystem (100 Millimeter Dämmstärke), 220 Millimeter Voll-

sparrendämmung und neuen Fenstern mit einem Gesamt U-Wert von durchschnittlich $1,4 \text{ W/m}^2$ konnte der Heizwärmebedarf um zwei Drittel auf etwa $61 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, also Neubaulniveau, gesenkt werden.

Neben den energetischen Verbesserungen, die das Gebäude durch die Sanierung erfahren hat, sind auch die gestalterischen Aufwertungen hervorzuheben. Die dezente Einbindung mo-

derner Stilelemente sowie das wohl abgestimmte Farbkonzept tragen zu einem angenehmen Wohnumfeld bei. Einige der neu zugeschnittenen Wohnungen sind geeignet, von behinderten Menschen bewohnt zu werden.

- **Mehrfamilienhausanlage in Wiesbaden**
- **Baujahr 1963, Sanierung 2001**
- **Heizwärmebedarf: $61 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$**
- **Anlagentechnik: Brennwertkessel mit Solaranlage, Lüftungsanlage**
- **Anlagenaufwandszahl: 1,18**
- **Primärenergiebedarf: $87 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$**





Der Wärmeerzeuger ist kaum größer als ...

Die Anlagentechnik

Obwohl sich die Anlagentechnik zur Wärmeversorgung wiederum aus Brennwertkessel und Solaranlage als Hauptkomponenten zusammensetzt, gibt es Abweichungen zu dem zuvor besprochenen Projekt. Der Kessel ist nicht darauf ausgelegt, die benachbarten Gebäudeeinheiten, deren Sanierung erst in den nächsten Jahren ansteht, mit zu versorgen. Auch der Deckungsgrad der Solaranlage ist bei einer Kollektorfläche von 14 m² niedriger.

Dafür versorgt in der Passauer Straße - ungewöhnlich für ein Gebäude dieser Art - eine mechanische Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung die Bewohner mit Frischluft bei geringen Wärmeverlusten (80 Prozent Wirkungsgrad). Obwohl hier bisher ein dezentrales Versorgungskonzept vorliegt, ist ebenfalls die Einbindung eines kleinen Blockheizkraftwerkes zur Warmwasserversorgung und Heizungsunterstützung vorgesehen. Die Wärmeleitungen in die Nachbargebäude sind bereits gelegt, werden aber erst zum Einsatz gebracht werden können, wenn auch hier die Sanierung vorgenommen wird.

Das Ergebnis

Bei dem Projekt Passauer Straße der Wohnbau Mainz wurden ein hochwertiger baulicher Wärmeschutz und eine sehr gute Anlagentechnik mit einer Anlagenaufwandszahl von 1,18 zusammengeführt. Das Ergebnis ist ein Primärenergiebedarf von etwa 87 kWh/(m²a), guter Neubaustandard, beziehungsweise ein vorbildliches Niedrigenergiehaus im Bestand.

Weitere Verbesserungsmöglichkeiten durch das geplante Blockheizkraftwerk sind gegeben. Doch dürften hier die Möglichkeiten eingeschränkt sein, da nicht von vornherein ein zentrales Wärmeversorgungskonzept angelegt wurde. Das Problem, nicht alle Gebäudeblöcke zeitgleich sanieren zu können, setzt hier engere Grenzen.

Für das gesamte Sanierungsgebiet ist vorgesehen, die Energieversorgung von einzelnen Straßenblöcken je nach Sanierungsfortschritt zu Versorgungseinheiten zusammenzufassen, die in weiteren Stufen zu größeren Einheiten ausgebaut werden sollen. Dabei scheint unter derzeitigen Rahmenbedingun-



... der mächtige Kreuzstromwärmetauscher der Lüftungsanlage.

gen lediglich das Erreichen von Versorgungsinseln realistisch zu sein, die nicht den öffentlichen Raum berühren. Abzuwarten bleibt außerdem, ob sich die Lüftungsanlage bewährt. Intensive Mieterbeteiligung und -schulungen sind dafür in jedem Fall Bedingung.

Diese Fragen ändern allerdings nichts daran, dass in der Passauer Straße eine vorbildliche bauliche und anlagentechnische Sanierung gelungen ist. Und es bleibt zu wünschen, dass auch die nächsten Abschnitte gleichermaßen sorgfältig umgesetzt werden und der Zusammenschluss zu Versorgungsinseln glückt, vielleicht sogar unter Einsatz erneuerbarer Energiequellen.



Moderne Stilelemente und ein gut abgestimmtes Farbkonzept tragen zu einem angenehmen Wohnumfeld bei.



Wohnstadt Kassel: Solarenergie in Bestform

Last but not least soll die Wohnstadt Kassel als Eigentümerin eines Mehrfamilienhauses in Eschwege lobend erwähnt werden. Für einen Preis im Rahmen des Landeswettbewerbes kam dieser Beitrag zwar nicht Betracht, da für dieses Gebäude, das im Jahre 1968 erbaut wurde, kein energetisch vorbildliches Gesamtkonzept im Sinne des Wettbewerbes vorlag.

Als Vorbild kann und sollte dieses Gebäude dennoch wirken und möglichst viele Nachahmer finden. Die Einbindung der solarthermischen Kollektorflächen in die Südfassade des Ge-

bäudes ist technisch und architektonisch als außerordentlich gelungen zu bewerten. Sie sollte auch für andere Fälle dazu ermuntern, die Fassade als möglichen Kollektorträger „zu entdecken“. Schließlich lässt sich in Fällen Süd-Nord gerichteter Dächer nur mit Fassadenkollektoren die „richtige Orientierung“ finden. Doch selbst ohne technische Notwendigkeit spricht einiges für Fassadenkollektoren in der hier gezeigten Form. Noch immer wirken viele Dachkollektoren als Fremdkörper und positiv wird schon bewertet, wenn sie - wie auch bei einigen der übrigen Wettbewerbsbeiträge -

optisch kaum in Erscheinung treten. In der von der Wohnstadt realisierten Weise wünscht man sich dagegen mehr Sichtbarkeit der Solartechnik. Sie wertet die Architektur des Gebäudes auf. Sie kann dazu beitragen, die Identifikation der Bewohner mit ihrem Haus zu steigern, auch die Identifikation mit ihrer Solaranlage. Dazu trägt sicherlich die Möglichkeit bei, sich über die Anlage und die aktuellen Wärmegewinne jederzeit zu informieren. Vielleicht ist es zu optimistisch, daraus sogar Bewusstseinsgewinn für den Umgang mit Energie zu erhoffen, eine Werbung für die Solarenergie aber ist es in jedem Fall.



Energiesparmaßnahmen

Von der Planung bis zur Umsetzung



Fotos: Viessmann

Die wichtigsten Fachbegriffe und ihre Bedeutung

Seite 33

- Was Sie über die Energieeinsparverordnung (EnEV) wissen sollten! ab Seite 28
- Die wichtigsten Eckpunkte der Energieeinsparverordnung (EnEV) ab Seite 34
- Wissenswertes über Heizflächen sowie die Versorgung mit Trinkwarmwasser ab Seite 36
- Wärmeerzeugung im Gebäudekontext: Welche Lösung ist für Sie die richtige? ab Seite 38
- Frischluftversorgung in Wohngebäuden Seite 60
- Lösungen für eine effektive Gebäudelüftung Seite 62
- Serviceteil mit Literaturverzeichnis, Adressen und Förderprogrammen ab Seite 66
- Checkliste für Ihren individuellen Bedarf Umschlagtasche



Was Sie über die Energieeinsparverordnung wissen sollten!

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist seit dem 1. Februar 2002 in Kraft.

Sie regelt die Anforderungen an die energetische Qualität für Neubauten und Bestandsgebäude (siehe Seiten 34 und 35).

Falls Sie einen Neubau planen oder die Sanierung Ihres Altbaus ansteht, stellt die EnEV die wesentliche rechtliche und planerische Grundlage für Ihr Vorhaben dar.

Über die Bedeutung der wichtigsten Fachbegriffe lesen Sie auf Seite 33.

Die EnEV ersetzt nicht nur die bisher gültige Wärmeschutz-, sondern auch die Heizungsanlagenverordnung. Erstmals werden auf diese Weise Gebäude- und Anlagentechnik gemeinsam erfasst. Durch die Einbeziehung des Energiebedarfs für die Trinkwassererwärmung wird außerdem eine umfassendere Betrachtung des Energiebedarfs von Gebäuden erreicht.

Die EnEV gibt den maximal zulässigen Primärenergiebedarf für Heizung und Trinkwassererwärmung vor

Für den Neubaubereich wird eine Senkung des Energiebedarfs um 25 bis 30 Prozent gegenüber den Anforderungen nach Wärmeschutzverordnung bewirkt und so der Niedrigenergiehausstandard gesetzlich vorgeschrieben.

Die wesentliche Anforderungsgröße und der Gradmesser der Umweltbelastung ist der Primärenergiebedarf. Er setzt sich zusammen aus dem Wärmebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung sowie die Verluste der Anlagentechnik einschließlich der Verluste des Heizsystems und der vorgeschalteten Prozesskette bei der Gewinnung, dem Transport und der Umwandlung der Energie (siehe Seite 33 „Primärenergiebedarf“).

Das bedeutet:

Für jeden Neubau muss eine umfassende Energiebilanz erarbeitet werden. Sie wird in einem Energiebedarfsausweis zusammengefasst, der Teil der bautechnischen Nachweise ist. Er wird von dafür qualifizierten Fachleuten erstellt.

Die Verordnung gewährleistet ein Höchstmaß an Planungsfreiheit

Die Energieeinsparverordnung bietet große Chancen bei der praktischen Umsetzung des Energie sparenden Bauens. Nicht der Nachweis einzelner Grenzwerte ist gefordert. Im Grundsatz wird nur ein Zielwert, der maximale Primärenergiebedarf, vorgegeben, nicht jedoch der Weg, wie dieser Wert erreicht werden kann. Somit haben Planer und Ausführende die Möglichkeit, alle Maßnahmen gegeneinander abzuwägen, um den geforderten Grenzwert einzuhalten. So kann zum Beispiel ein nur durchschnittlicher Wärmeschutzstandard durch eine gute Anlagentechnik kompensiert oder bei einem hochwertigen baulichen Wärmeschutz auf eine aufwändige Anlagentechnik verzichtet werden.

Als Nebenanforderung ist ein baulicher Mindeststandard festgelegt

Durch Verbesserungen der Anlagentechnik lässt sich häufig leichter eine Reduktion des Primärenergiebedarfs erzielen als durch bauliche Verbesserungen. Es sollte bei der Planung jedoch berücksichtigt werden, dass bauliche Maßnahmen meist langlebiger sind als anlagentechnische und dass sich im Nachhinein bauliche Veränderungen wesentlich aufwändiger darstellen. Um einen Mindeststandard beim baulichen Wärmeschutz sicherzustellen, verlangt die Verordnung einen maximal zulässigen Transmissionswärmeverlust als Nebenanforderung.

In den meisten Fällen dürfte eine ausgewogene Qualität in beiden Bereichen zu den wirtschaftlichsten Ergebnissen führen.

Die Spielräume, die durch den Verzicht der EnEV auf Einzelnachweise

Primärenergiebewertungsfaktoren nach DIN V 4701-10 und EnEV

Energieträger		Primärenergie-Faktoren
Brennstoffe ¹	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holz	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK ²	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom ³	Strom-Mix	3,0

¹ Bezugsgröße: unterer Heizwert Hu

² Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme

³ Bei Einsatz von Speicherheizsystemen beträgt der Wert 2,0.



Gebäudeplanung nach EnEV fördert kompakte Bauweise und umweltverträgliche Gebäudetechnik gleichermaßen.

entstanden sind, lassen sich am besten nutzen, wenn die Verordnung ihrerseits vor allem als Planungshilfe aufgefasst wird, um wirtschaftliche und/oder ökologische Optimierungen für eine konkrete Planungssituation zu entwickeln.

Die EnEV stellt neue Anforderungen an den Planungsaufwand und -ablauf

Die komplexe Gesamtbilanzierung eines Gebäudes schafft einerseits Gestaltungsspielräume, lässt andererseits aber Umfang und Aufwand der Gebäudeplanung deutlich ansteigen, die ohne Softwareunterstützung kaum noch bewältigt werden können. Vor allem ergeben sich - insbesondere durch die Einbindung der Anlagentechnik - wesentliche Änderungen für den Planungsprozess.

In der Regel setzt dies voraus, dass Planer und Handwerksbetriebe sich bereits in einer frühen Planungsphase abstimmen. Es wird sicherlich einige Zeit brauchen, bis entsprechende Planungsprozesse zur Selbstverständlichkeit geworden sind. Allerdings ist davon über die EnEV-Anforderungen hinaus nicht nur mit einer Verringerung der Reibungsverluste zwischen den Gewerken in der Bauphase, sondern insgesamt eine verbesserte Ausführungsqualität zu erwarten.

Bonusregelungen für Wärmebrückenreduzierung und nachgewiesene Luftdichtheit

Gegenüber den vorangegangenen Verordnungen erweitert die EnEV wesentlich die Möglichkeiten, schon in der Planungsphase Details der Bautechnik zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk wird auf die Verringerung von Wärmebrücken und auf die Luftdichtheit der Gebäudehülle gelegt. Zwar wurden die Anforderungen an die luftdichte Ausführung der Gebäudehülle gegenüber der Wärmeschutzverordnung nicht angehoben und ein Nachweis ist nicht verpflichtend vorgeschrieben. Wenn aber ein Luftdichtheitsnachweis erfolgreich geführt wird, ermöglicht die EnEV durch Bonusregelungen Einsparungen in anderen Bereichen des baulichen Wärmeschutzes oder der Anlagentechnik. Deshalb dürfte dieser Nachweis fast immer ausgesprochen wirtschaftlich sein. Ähnlich verhält es sich bei der Beurteilung von Wärmebrücken. Eine möglichst weitgehende Vermeidung von Wärmebrücken ist ebenfalls Pflicht, ohne dass ein detaillierter Nachweis darüber geführt werden muss. Allerdings „bestraft“ die EnEV einen solchen Verzicht mit einem Aufschlag von 0,1 Watt/Kelvin pro Quadratmeter der

Gebäudehülle. Bei einem Gebäude mit einem durchschnittlichen U-Wert von $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergäbe sich so eine rechnerische Verschlechterung um ein Drittel. Bei Verwendung von Konstruktionen nach DIN 4108 Beiblatt 2 sinkt dieser Aufschlag auf die Hälfte. Wenn man aber bedenkt, dass bei günstigen Konstruktionen die zusätzlichen Wärmebrückenverluste durchaus nahe Null liegen können, wird deutlich, wie günstig es sein kann, die Wirkung einzelner Bauteilanschlüsse im Detail zu erfassen. Denn um beispielsweise einen U-Wert von $0,25$ auf $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu senken, bedürfte es immerhin eines zusätzlichen Dämmstoffeinsatzes von 4 Zentimeter Dicke (WLG 040) für die komplette Gebäudehülle.

k-Wert und U-Wert:

Aus dem Wärmedurchgangskoeffizienten, der als „k-Wert“ in den letzten Jahren über Fachkreise hinaus zu einem Begriff geworden ist, wurde aus Gründen der europäischen Begriffsharmonisierung der „U-Wert“. Er wird in Watt pro Quadratmeter und Kelvin (entspricht einem Grad Celsius) Temperaturunterschied ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$) angegeben. Aufgrund neuer Regeln ergibt eine U-Wert-Berechnung bei einigen Bauteilen wie gedämmten Holzständerwänden, Dachflächen, Fenstern oder Vorhangfassaden höhere Ergebnisse als eine herkömmliche k-Wert-Berechnung. Alte Werte sind insofern nicht ohne weiteres übertragbar.

Technische Hilfsmittel zur planerischen Optimierung von Bau- und Anlagentechnik

Für die Überprüfung der Luftdichtheit einer Gebäudehülle stehen Messgeräte und -verfahren (bekannt als „Blower-Door-Messungen“) ausgereift zur Verfügung. Auch für die detaillierte

Überprüfung und Optimierung der Wärmebrücken sind mit Wärmebrückenatlasen oder -programmen bewährte Hilfen ausreichend verfügbar. EDV-Programme ermöglichen zudem eine differenzierte Aufnahme und Abstimmung verschiedenster Anlagenkomponenten, so dass beliebige Anlagenkonfigurationen erfassbar sind.

Je früher das energetische Verhalten von Gebäuden, einschließlich ihrer anlagentechnischen Ausstattung in die Planung einbezogen wird, desto besser lassen sich Energieverluste, Schadstoffemissionen und auch in erheblichem Umfang Investitionskosten einsparen.

Die Anlagenaufwandszahl (e_p)

eines Wärmeversorgungssystems ist abhängig von Größe und energetischem Standard eines Gebäudes. Bei den meisten Anlagenkonzepten kommt es für größere Gebäude sowie für solche mit schlechterem Dämmstandard zu besseren Anlagenaufwandszahlen. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass ein gewisser technischer Grundaufwand relativ konstant ist und bei kleinen und bei gut gedämmten Häusern stärker ins Gewicht fällt. Die Anlagenaufwandszahl (e_p) eines Wärmeversorgungssystems ist abhängig von Größe und energetischem Standard eines Gebäudes. Bei den meisten Anlagenkonzepten kommt es für größere Gebäude sowie für solche mit schlechterem Dämmstandard zu besseren Anlagenaufwandszahlen. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass ein gewisser technischer Grundaufwand relativ konstant ist und bei kleinen und bei gut gedämmten Häusern stärker ins Gewicht fällt.

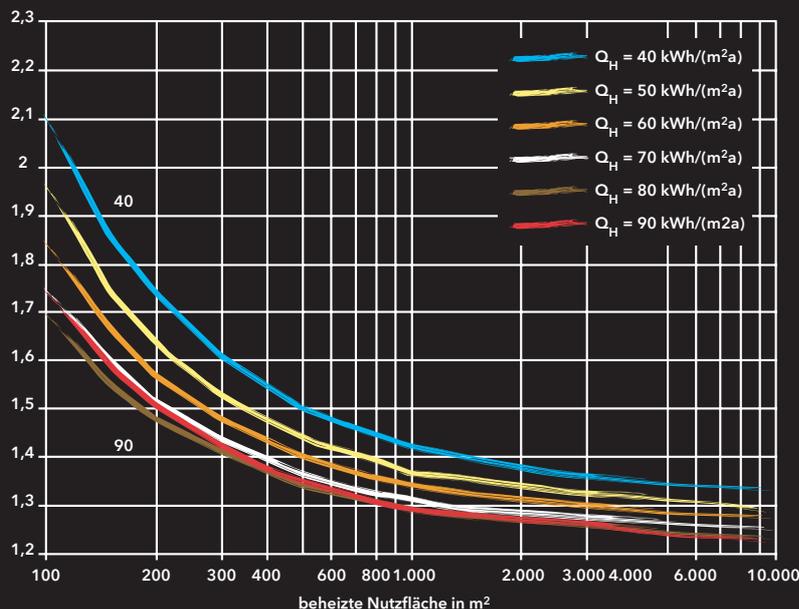
Die wichtigste Neuerung ist die Einbeziehung der Anlagentechnik in die energetische Gebäudebilanz

Eine Gebäudeplanung ohne frühzeitige Berücksichtigung der Anlagentechnik ist nicht mehr sinnvoll möglich. Das gilt vor allem wegen der Dimension, mit der die Anlagenaufwandszahl Einfluss auf den Primärenergiebedarf eines Gebäudes hat. Sie kann bereits bei gebräuchlichen Anlagen, die auf den ersten Blick durchaus ähnlich sind, um 50 Prozent auseinander liegen, wohlgernekt bei ansonsten vergleichbaren Häusern. Im Extremfall können sich – zum Beispiel bei einer rein solaren gegenüber einer vollständig elektrischen Wärmeerzeugung – Anlagenaufwandszahlen bei Gebäuden gleichen Heizwärmebedarfs sogar um den Faktor 10 unterscheiden.

Anlagenaufwandszahlen können sich im Extremfall um den Faktor 10 unterscheiden

Dieser Umstand bietet Chancen und Missbrauchsmöglichkeiten: So könnte sich ein Planer dazu verleiten lassen, dem baulichen Wärmeschutz nur geringe Aufmerksamkeit zu widmen und nur durch die entsprechende Anlagentechnik einen hervorragenden Wert für den Primärenergiebedarf zu erzielen. Es liegt auf der Hand, dass ein solcher Weg weder wirtschaftlich ist noch im Sinne der Verordnung sein kann. Aus

Anlagenaufwandszahl (e_p)



Beispielhafte Auftragung der Anlagenaufwandszahl e_p in Abhängigkeit von der beheizten Gebäudenutzfläche und dem Jahresheizwärmebedarf Q_H .

diesem Grunde ist in der EnEV die Nebenanforderung an einen maximalen Transmissionswärmeverlust formuliert (siehe Seite 33 „Heizwärmbedarf“).

Dieser Grenzwert ist besonders dann von Bedeutung, wenn in einem Gebäude ein großer Teil (mehr als 70 Prozent) der benötigten Wärme über regenerative Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt wird. Für diesen Fall hat der Gesetzgeber sogar die Möglichkeit vorgesehen, auf die Ermittlung einer Anlagenaufwandszahl und damit auf den Primärenergie-nachweis vollständig verzichten zu können, sofern der höchst zulässige Transmissionswärmeverlust eingehalten wird. Auch bei Anlagen, für die aus technischen Gründen eine Anlagenaufwandszahl sowie bei Einzelfeuerstätten nicht ermittelt werden kann, greift diese wichtige Nebenanforderung, in diesem Falle allerdings um 25 Prozent verschärft.

Die erheblichen Unterschiede, die zwischen Anlagenaufwandszahlen liegen können, sind natürlich auch ein Hinweis darauf, dass die Optimierung der Anlagentechnik ein äußerst wirksamer Hebel ist, die energetische Qualität eines Gebäudes zu verbessern. Die „energetische Qualität“ ist häufig, allerdings nicht immer gleichbedeutend mit niedrigen Verbrauchskosten. Sie spiegelt in erster Linie die Belastung für die Umwelt wider, die sich aus der Wärmebereitstellung durch die jeweilige Anlagenkombination ergibt.

Die Berechnung der Anlagenaufwandszahl ist in einer Norm geregelt

Die Ermittlung der Anlagenaufwandszahl für den EnEV-Nachweis erfolgt auf der Basis der Norm DIN EN 4701 Teil 10. Darin werden systematisch alle Anlagenaspekte, die mit der

aktiven Wärmeversorgung eines Gebäudes zusammenhängen, erfasst. Diese Erfassung erfolgt in den Bereichen Lüftung, Heizung und Trinkwassererwärmung, die unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen untereinander zusammengeführt werden.

Für die Altanlagen des Gebäudebestandes wurden mit Teil 12 der oben genannten Norm sehr ähnliche Berechnungsgrundlagen geschaffen, um in Zukunft auch für Altbauten einen Energiepass erarbeiten zu können (siehe Seite 9).

Wärmeschutzstandard und Anlagentechnik müssen im Planungsprozess aufeinander abgestimmt werden

Anhand eines Beispielgebäudes lassen sich das Zusammenspiel zwischen Wärmeschutzstandard und Anlagentechnik und die Möglichkeiten, Verbesserungen herbeizuführen, etwas ver-

Gebü d e s t e c k b r i e f

Gebäudedaten:

- Frei stehendes Einfamilienhaus, Firstrichtung Nord-Süd
- Fensterflächenanteil Fassade Nord 15 Prozent, Süd 35 Prozent, Ost/West 20 Prozent
- Unterkellert (Keller unbeheizt)
- Natürliche Lüftung (Fensterlüftung) mit Nachweis der Dichtheit
- Ausführung der Wärmebrücken gemäß DIN 4108, Beiblatt 2
- U-Werte: Außenwand (jeweils in $W/(m^2K)$) 0,23; Dach 0,21; Fenster 1,4, bei einem g-Wert von 0,58

Gebäudegeometrie:

- Kompaktheit = $0,85 m^{-1}$, Wohnfläche nach EnEV = $147 m^2$

Anlagentechnik (vergleiche Beispiele auf den Seiten 41, 53, 57 und 63):

- Niedertemperaturkessel 55/45°C mit kombinierter Trinkwassererwärmung,
- Aufstellung der Heizung und des indirekt beheizten Speichers im unbeheizten Keller.
- Die horizontale Verteilung des Trinkwarmwassers (mit Zirkulation) und des Warmwassers für die Raumwärme erfolgt außerhalb der thermischen Hülle, die vertikalen Verteilstränge sind innen liegend.
- Die Heizflächen sind mit Thermostatventilen (Auslegungsproportionalbereich 1 Kelvin) ausgestattet.

Anforderungen gemäß EnEV: $H_T' = 0,48 W/(m^2a)$

$Q_{pmax} = 125,3 kWh/(m^2a)$

deutlichen. Für dieses Gebäude (siehe Seite 31) wurde beim baulichen Wärmeschutz (überdurchschnittliche U-Werte) bereits ein recht hoher Standard vorgesehen. Der Transmissionswärmeverlust liegt bei günstigen $0,38 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, der Heizwärmebedarf bei $65,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Dennoch erfüllt das Gebäude mit der beschriebenen Anlagentechnik die Vorgaben der EnEV (maximaler Primärenergiebedarf mit $125,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) nur knapp. Denn die Anlagenaufwandszahl liegt bei ungünstigen $e_p=1,61$.

Hier könnte man sich mit einer unscheinbaren Optimierung bei der Versorgung mit warmem Wasser schon

spürbare planerische Freiheiten oder Einsparungen bei der Gebäudehülle „einkaufen“:

Allein die Verlegung der Trinkwasserleitungen in die beheizte Gebäudehülle bei gleichzeitigem Verzicht auf eine Zirkulation verringert den Wärmebedarf um $7,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Primärenergetisch bewertet und unter Berücksichtigung der eingesparten elektrischen Energie für die Zirkulation ergibt sich eine Einsparung von fast 11 kWh pro Quadratmeter und Jahr.

Mit geringem Aufwand lässt sich oft großer ökonomischer und ökologischer Nutzen bewirken

Dieses Ergebnis bedarf keiner zusätzlichen Investition, im Gegenteil. Mit dem Verzicht auf die Zirkulationspumpe wird unmittelbar Geld gespart, mit – zumindest im Ein- bis Zweifamilienhaus – kaum spürbaren Komforteinbußen.

Die Verbesserung der Anlagentechnik ermöglicht Einsparungen bei der Gebäudehülle oder im Gebäudebetrieb

Der U-Wert der Außenwandfläche könnte nun auf einen Wert von $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angehoben werden. Das entspräche einem Einsparpotential von fast 8 Zentimeter Dämmung für die gesamte Außenwandfläche, eine durchaus spürbare Investitionssumme. Besser wäre es natürlich, den guten Wärmeschutz der Gebäudehülle nicht abzusenken und sich an den eingesparten Energiekosten zu erfreuen, beziehungsweise nach weiteren Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen. Vielleicht gelingt es, durch eine Summe von Maßnahmen gegebenenfalls sogar ein so genanntes „KfW 60-“ oder „KfW 40-Haus“ zu realisieren verbun-

den mit der Möglichkeit einer besonders günstigen Finanzierung Ihres Bauvorhabens (siehe Programme der KfW Förderbank, Seiten 68 und 69).

Gute Planung der Anlagenperipherie bietet zahlreiche Einsparpotentiale

Es gibt etliche, häufig kostengünstige Möglichkeiten, die Anlagenperipherie zu optimieren. Rohrleitungs- und Speicherdämmung, kurze Leitungswege durch geschickte Planung, verbesserte Regelungseinrichtungen sind nur einige der möglichen Ansätze, den Primärenergiebedarf eines Gebäudes abzusenken.

Vor allem die Bedeutung der elektrischen Hilfsenergie, die zum Beispiel Pumpenantriebe benötigt, wird von vielen, selbst erfahrenen Planern unterschätzt. So finden sich beispielsweise noch in neu gebauten Einfamilienhäusern Umwälzpumpen mit mehr als 60 Watt Leistungsaufnahme. Sie sind häufig durchgehend während der Heizperiode in Betrieb und benötigen so mehr als 800 kWh Primärenergie pro Jahr. Bis zu 80 Prozent davon können sich vermeiden lassen.

Beispiele für herausragende Anlagenkonzepte: Die Preisträger des hessischen Landeswettbewerbs

Auf den folgenden Seiten werden Sie anhand einiger Beispiele einen Eindruck davon gewinnen können, wie sich verschiedene Anlagenkonzepte auf die Anlagenaufwandszahl des beschriebenen Einfamilienhauses auswirken. Als Beispiele für besonders herausragende Anlagenkonzepte können Ihnen zusätzlich die Preisträger des hessischen Landeswettbewerbs dienen (siehe Seiten 12 bis 26).

Umsetzungsstrategien:

Bei der Realisierung einer besonders günstigen Anlagentechnik können drei strategische Schwerpunkte unterschieden werden:

1. effiziente Wärmebereitstellung durch optimierte Speicherung, Verteilung, Übergabe etc.
2. effiziente Wärmeerzeugung
3. sinnvoller Einsatz regenerativer Energieträger.

Dabei ist die effiziente Bereitstellung von Wärme deutlich weniger spektakulär als beispielsweise eine groß dimensionierte Solaranlage auf dem Dach. Aber die in diesem Bereich umgesetzten Verbesserungen kommen in der Regel nicht nur der Umwelt, sondern auch unmittelbar dem Geldbeutel zugute, denn hier lässt sich häufig mit minimalem Aufwand erhebliches Einsparpotential erschließen.

Die wichtigsten Fachbegriffe und ihre Bedeutung



Was ist Energieverbrauch, was ist Energiebedarf?

Immer, wenn von „Energieverbrauch“ gesprochen wird, geht es um gemessene Energiemengen. Dagegen versteht man unter „Energiebedarf“ Energiemengen, die unter genormten Bedingungen (zum Beispiel: feste Klimaannahmen, definiertes Nutzerverhalten, festgelegte Innentemperatur) zu erwarten sind.

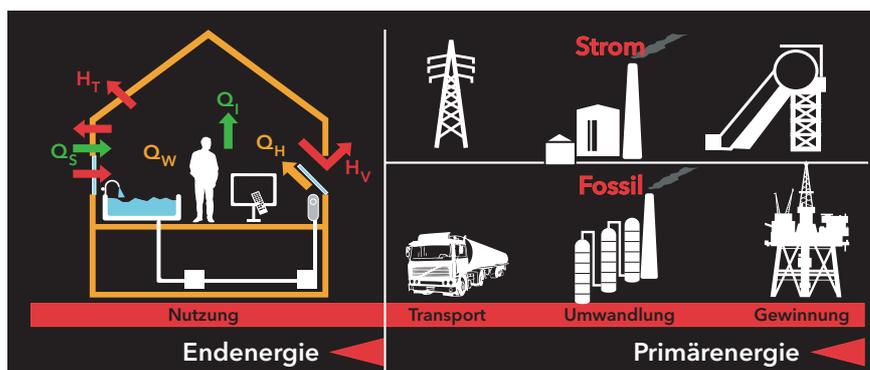
Die EnEV befasst sich mit berechneten Werten, also dem Energiebedarf. Er ist geeignet, als Grundlage für die Auslegung des baulichen Wärmeschutzes und der technischen Gebäudeausrüstung für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung zu dienen und einen Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden zu ermöglichen.

Je nach Klimabedingungen oder Nutzerverhalten kann der in einem Gebäude gemessene Verbrauch von diesem Wert mehr oder weniger deutlich abweichen.

Was ist Heizwärmebedarf, was ist Heizenergiebedarf?

Unter Heizwärmebedarf Q_H wird die Energiemenge verstanden, die (unter Normbedingungen) zur Aufrechterhaltung der benötigten Raumtemperatur erforderlich ist. Angaben zum Heizwärmebedarf werden in der Regel auf ein Jahr bezogen und in kWh ausgedrückt. Etwa zehn Kilowattstunden sind beispielsweise in einem Liter Erdöl oder einem Kubikmeter Erdgas enthalten.

Der Heizwärmebedarf ergibt sich aus einer Bilanz von Verlusten über die Hüllflächen (Wände, Dächer, Sohlplatten, Fenster) eines Gebäudes (**Transmissionswärmeverluste H_T**) sowie den Lüftungswärmeverlusten



Schematische Darstellung der Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs.

(H_V) mit den Wärmegewinnen aus solarer Einstrahlung (Q_S) und aus inneren Wärmequellen (Q_i), siehe Grafik oben. Demgegenüber umfasst der Heizenergiebedarf zusätzlich die Energie, die durch die Wärmeerzeugung verloren geht (Abgas- und Strahlungsverluste der Wärmeerzeuger, Verluste für die Wärmeverteilung etc.)

Was ist die Anlagenaufwandszahl oder Primärenergieaufwandszahl?

Die Anlagenaufwandszahl (e_p), manchmal auch als Primärenergieaufwandszahl bezeichnet, ist der entscheidende Maßstab für die ökologische Gesamteffizienz eines Anlagensystems.

Sie umfasst alle anlagentechnischen Verluste eines Wärmeerzeugungssystems einschließlich der benötigten Hilfsenergie und des „ökologischen Rucksacks“ der eingesetzten Energieträger.

Durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger, die die Umwelt nur wenig belasten und daher mit kleinen Primärenergiefaktoren (siehe Tabelle Seite 28) versehen sind, kann die Anlagenaufwandszahl deutlich kleiner sein als 1 (sehr gut). Sehr schlechte Primärenergieaufwandszahlen können aber auch deutlich über 3 liegen.

Was ist Endenergiebedarf, was ist Primärenergiebedarf?

Der Endenergiebedarf ist noch umfassender als der Heizenergiebedarf, da er zusätzlich die für die Bereitung des warmen Wassers (Q_W) benötigte Energie umfasst. In der EnEV werden als Wärmebedarf für Trinkwasser pauschal 12,5 kWh pro Quadratmeter und Jahr angesetzt, zuzüglich der anlagentechnischen Verluste. Darüber hinaus beinhaltet der Endenergiebedarf die Hilfsenergie, die insgesamt zur Wärmeerzeugung in einem Gebäude erforderlich ist. Bei der Endenergie handelt es sich somit um einen vor allem ökonomisch wichtigen Wert, der Aufschluss darüber geben kann, was es kostet, die festgelegte Raumtemperatur und die Erwärmung des Trinkwassers über das Jahr sicherzustellen. Aus ökologischer Sicht ist demgegenüber der Primärenergiebedarf (Q_p) von Bedeutung, der zusätzlich zur Endenergie den „ökologischen Rucksack“ für Gewinnung, Umwandlung und Transport der verschiedenen Energieträger einbezieht. Der Primärenergiebedarf ergibt sich also als Produkt aus dem Wärmebedarf (für Heizung und Warmwasser) eines Gebäudes und der Anlagenaufwandszahl und ist der für die EnEV entscheidende Größe.

$$(Q_W + Q_H) \times e_p = Q_p$$



Die wichtigsten Eckpunkte im Überblick

Dies gilt für den Neubau:

Primärenergiebedarf

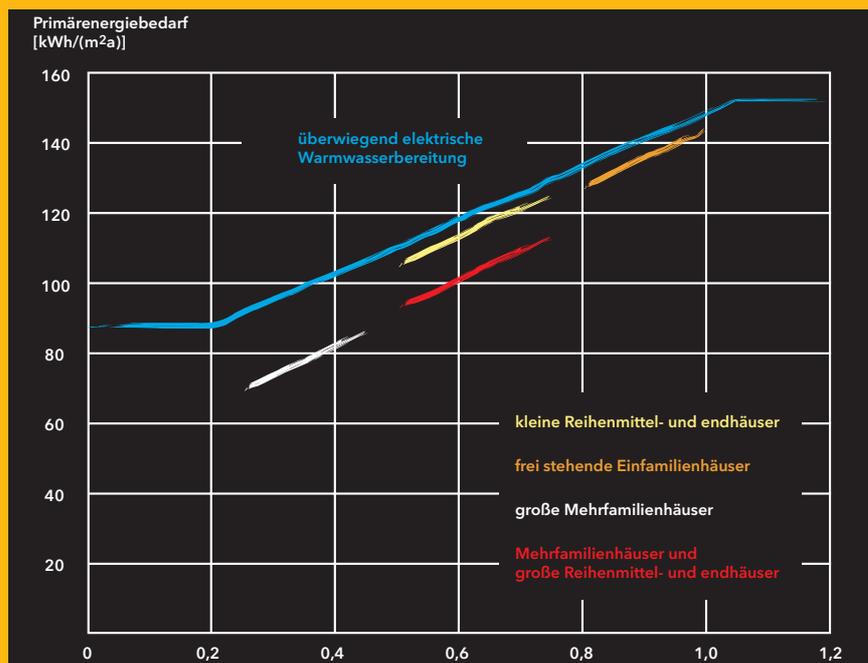
Die EnEV schreibt einen maximalen Primärenergiebedarf vor, den ein Gebäude für Heizung und Warmwasserbereitung aufweisen darf. Dieser Wert richtet sich nach der Kompaktheit eines Gebäudes (Verhältnis von Oberfläche zu Volumen). Häuser, die zum überwiegenden Teil (mindestens 70 Prozent) ihres Energiebedarfs durch regenerative Energieträger oder Kraft-Wärme-Kopplung abdecken, sind von dieser Vorschrift ausgenommen.

Baulicher Wärmeschutz

Ebenfalls in Abhängigkeit von der Kompaktheit eines Gebäudes darf ein bestimmter **Transmissionswärmeverlust** (siehe Seite 33 „Heizwärmeverlust“) nicht überschritten werden.

Luftdichtigkeit und Wärmebrücken

Die EnEV fordert eine fachgerechte Ausführung der Gebäudehülle, also Luftdichtigkeit und Vermeidung von Wärmebrücken (an Bauteilübergängen, Außenecken der Wände, des Daches usw. kann besonders viel Wärme entweichen). Gebäude, für die



Die Anforderungsgröße „Primärenergiebedarf“ für Wohngebäude mit unterschiedlicher Warmwasserbereitung in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis (A = Wärme übertragende Umfassungsfläche, V = beheiztes Gebäudevolumen).

kein Nachweis über die Einhaltung dieser Forderungen (zum Beispiel durch Luftdichtheitsprüfungen wie „Blower-Door-Messungen“) geführt wird, werden durch pauschale Aufschläge rechnerisch schlechter gestellt.

Heizung und Warmwasserbereitung

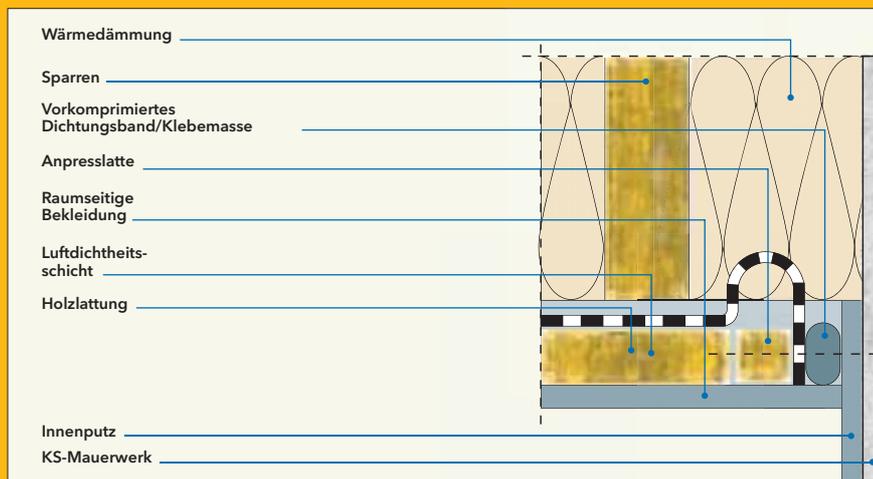
Nach EnEV ist eine Bewertung der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen erforderlich. Neben dem reinen Brennstoffbedarf wird auch der notwendige Hilfsstrom (etwa für Ventilatoren und Pumpen) berücksichtigt.

Sommerlicher Wärmeschutz

Die EnEV gibt bauliche Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz vor. Diese sollen eine zu starke Überhitzung, meist als Folge einer großzügigen Verglasung, vermeiden, behagliche Raumluftverhältnisse sicherstellen und den Einsatz von Klimaanlage überflüssig machen.

Energiebedarfsausweis

Die Berechnungsergebnisse werden in einem Energiepass zusammengefasst, der für alle Neubauten verbindlich und Teil der bautechnischen Nachweise ist.



Beispiel für einen Anschluss der Luftdichtheits-schicht an eine mit Dünnlagenputz verputzte Wand nach Beiblatt 2 zu DIN 4108.

Die Energieeinsparverordnung hat auch Auswirkungen auf den Gebäudebestand. Für den Fall baulicher Veränderungen werden durch die EnEV sogenannte „bedingte Anforderungen“ gestellt. Aber selbst dann, wenn keine baulichen Veränderungen oder Sanierungsmaßnahmen an einem Altbau geplant sind, schreibt die EnEV gewisse Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs als „Nachrüstpflichten“ vor.



Eine energetische Gebäudesanierung kann zugleich zu einer optischen Aufwertung beitragen.

Dies gilt für den Altbau:

Nachrüstpflichten

gelten unabhängig von baulichen oder anlagentechnischen Sanierungsvorhaben.

Eine Sonderregelung gilt für Gebäude mit bis zu zwei Wohnungen, von denen eine vom Eigentümer bewohnt wird. Hier greifen die Nachrüstpflichten nur bei einem Eigentümerwechsel. Der neue Eigentümer hat zwei Jahre Zeit, die Nachrüstungen umzusetzen. Die Fristen enden jedoch nicht früher als die im nachfolgenden aufgeführten Daten, das heißt nicht vor dem 31. Dezember 2006 beziehungsweise nicht vor dem 31. Dezember 2008.

■ Öl- und Gasheizkessel im Leistungsbereich von 4 bis 400 kW, die keine Niedertemperatur- oder Brennwertkessel sind und vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut wurden, müssen bis zum 31. Dezember 2006 außer Betrieb genommen werden. Die Frist verlängert sich um zwei Jahre, wenn der Brenner nach dem 1. November 1996 erneuert wurde und die geltenden Abgasgrenzwerte eingehalten werden.

■ Für Zentralheizungen, die nicht ersetzt werden müssen, ist die Nachrüstung mit Einrichtungen vorgeschrieben, die eine bedarfsgerechte Ein- und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie der elektrischen Antriebe ermöglichen (gesteuert über eine geeignete Führungsgröße, meist die Außentemperatur, und über die Zeit). Die Möglichkeit zu einer raumweisen Temperaturregelung bei Heizungsanlagen mit Wasser als Wärmeträgermedium muss ebenfalls geschaffen werden. Weitergehende Anforderungen gelten bei ohnehin anstehenden Teilerneuerungen der Wärmeversorgungsanlagen, über die Ihr Heizungsfachmann informiert ist.

■ Ebenfalls bis zum 31. Dezember 2006 müssen nicht gedämmte Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, die zugänglich sind und in unbeheizten Räumen (zum Beispiel Keller) liegen, gedämmt werden. Abhängig vom Innendurchmesser des Rohres staffelt sich die Mindestdicke des Dämmstoffs (bei einer Wärmeleitfähigkeit = $0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) folgendermaßen:

- bei Innendurchmesser bis 22 mm: 20 mm
- bei Innendurchmesser bis 35 mm : 30 mm
- bei Innendurchmesser bis 100 mm:
Dämmstoffdicke gleich dem Innendurchmesser
- bei Innendurchmesser über 100 mm : 100 mm

■ Oberste Geschossdecken über beheizten Räumen - die zugänglich, aber nicht begehrbar sind - müssen bis zum 31. Dezember 2006 so gedämmt werden, dass der Wärmedurchgangskoeffizient danach nicht größer als $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist. Je nach vorhandenem Aufbau kann dies mit einer Dämmschicht von 10 bis 12 Zentimeter Dicke erreicht werden.

Bedingte Anforderungen

zur Verbesserung des Wärmeschutzes gelten bei Sanierung oder Erweiterung von Gebäuden

■ Wenn Außenbauteile eines Gebäudes um mehr als 20 Prozent Flächenanteil geändert werden (bei Außenwänden und Fenstern um mehr als 20 Prozent Flächenanteil gleicher Orientierung, wenn zum Beispiel ein neuer Außenputz oder eine neue Dacheindeckung erforderlich ist), muss der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) auf ein festgelegtes Mindestmaß verbessert werden (siehe Tabelle unten).

■ Alternativ dazu kann ein EnEV- Nachweis wie für Neubauten geführt werden, wobei der Jahresprimärenergiebedarf den eines vergleichbaren Neubaus um maximal 40 Prozent überschreiten darf.

■ Wenn das beheizte Gebäudevolumen um zusammenhängend mindestens 30 m^3 erweitert wird, gelten für den neuen Gebäudeteil die gleichen Anforderungen wie für Neubauten.

Eine Umwälzpumpe, deren elektrische Leistungsaufnahme sich selbsttätig in mindestens drei Stufen dem Bedarf anpasst, wird von der EnEV nur bei erstmaligem Einbau oder vorgesehenem Ersatz einer vorhandenen Umwälzpumpe für Zentralheizung mit mehr als 25 Kilowatt Nennwärmeleistung gefordert. Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen sollten aber - auch bei kleineren Heizungsanlagen - alte Umwälzpumpen durch moderne Geräte ersetzt werden.

Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile bei Änderungen im Gebäudebestand

Bauteil	Gebäude mit normalen Innentemperaturen U_{max} in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen U_{max} in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Außenwände	$U_{\text{AW}} \leq 0,35$ bis $0,45$	$U_{\text{AW}} \leq 0,75$
Fenster Verglasungen	$U_{\text{W}} \leq 1,7$ $U_{\text{g}} \leq 1,5$	$U_{\text{W}} \leq 2,8$
Außentüren	$U_{\text{T}} \leq 2,9$	$U_{\text{T}} \leq 2,9$
Decken, Dächer	$U_{\text{D}} \leq 0,25$ bis $0,30$	$U_{\text{D}} \leq 0,40$
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	U_{u} bzw. $U_{\text{G}} \leq 0,40$ bis $0,50$	keine Anforderungen



Wie kommt Wärme günstig in den Raum?

Die Heizwärmeverteilung erfolgt in neuen und bestehenden Wohngebäuden – außer Passivhäusern (siehe Seite 65) – in der Regel über ein Heizsystem mit Wasser als Wärmeträgermedium. Mit verbessertem Wärmeschutz eines Gebäudes sinken die Anforderungen an die Leistung der Heizflächen und die erforderlichen Vorlauftemperaturen. Für Niedrigenergiehäuser oder Häuser nach EnEV-Standard bieten sich daher verstärkt Flächenheizsysteme zur Wärmeübertragung an.

Flächenheizsysteme, von denen die Fußbodenheizung das bekannteste ist, haben den Vorteil, dass sie einen Strahlungsaustausch mit dem menschlichen Körper bewirken, der als angenehm wahrgenommen wird und die empfundene Temperatur heraufsetzt. Im Gegenzug kann die Raumtemperatur vergleichsweise niedrig bleiben. Das ist nicht nur angenehm, sondern es trägt dazu bei, Wärmeverluste und Energieverbrauch zu reduzieren. Die niedrigen Vorlauftemperaturen von 30 bis 40 Grad Celsius führen zudem zu einem verbesserten Wirkungsgrad der Wärmeerzeuger, vor allem von Brennkesseln und Wärmepumpen.

Flächenheizsysteme können zur Energieeinsparung beitragen

Trotz der niedrigen Vorlauftemperaturen reicht es bei Niedrigenergiehäusern, etwa 50 Prozent der Raumflächen mit Fußbodenheizungen auszustatten. Die Kunststoff- oder Metallrohre einer **Fußbodenheizung** werden üblicherweise im Estrich verlegt. Das hat den Vorteil, dass viel Speichermasse aktiviert wird und daher die Vorlauftemperaturen besonders niedrig sein können. Andererseits arbeitet das System sehr träge und ist daher für nur für Räume mit relativ gleichmäßiger Nutzung geeignet.

Plattenheizkörper sind eine kostengünstige Möglichkeit der Wärmeübergabe

In dieser Hinsicht bieten **Flächen- oder Plattenheizkörper** aus glattem oder profiliertem Stahlblech Vorteile. Sie reagieren schneller und sind zudem deutlich günstiger in Anschaffung und Montage. Allerdings sind die Vorlauftemperaturen etwas höher und es sinkt der Anteil an Strahlungswärme. Plattenheizkörper werden zudem als sichtbare technische Elemente im Raum oft als störend empfunden. Bei dem niedrigen Heizleistungsbedarf eines Niedrigenergiehauses können Plattenheizkörper durchaus an Innenwänden angeordnet werden. Das hat den Vorteil geringer Investitionskosten dank kurzer Leitungswege. Aus energetischer Sicht und hinsichtlich der Wärmeverteilung im Raum bleibt allerdings die Anordnung an der Außenwand zu bevorzugen.

Eine Alternative zur Fußbodenheizung: Die Wandheizung

Ein Flächenheizsystem, das zunehmend an Verbreitung gewinnt, ist die **Wandheizung**. Technisch ist sie einer Fußbodenheizung sehr ähnlich. Durch etwas höhere Vorlauftemperaturen ist ihr Flächenbedarf allerdings niedriger. Für einen 20m² großen Raum benötigt man zwischen fünf und zehn Quadratmeter Wandfläche. Die seitliche Wärmestrahlung wird von vielen als besonders angenehm empfunden und die Technik bleibt wie bei einer Fußbodenheizung „unsichtbar“. Für die Einrichtung eines Raumes bringt die Wandheizung dennoch gewisse Probleme mit sich, denn sie darf natürlich nicht durch Möbel verstellt werden. Auch bei der Montage von



Foto: Viessmann

Für Nachrüstungen im Altbau wie für das Niedrigenergiehaus geeignet: Plattenheizkörper mit fein abgestuftem Thermostatventil.

Dübeln und Nägeln ist besondere Vorsicht geboten, um die durchströmten Kunststoff- oder Metallrohre nicht zu beschädigen.

Die Sockelleistenheizung wirkt wie eine Wandflächenheizung

Von der Wirkung her einer Wandheizung vergleichbar arbeitet die **Sockelleistenheizung** mit einem wasserdurchströmten Konvektor, der im Sockelbereich einer Wand montiert ist. Der Konvektor erwärmt die aufsteigende Luft, die die Wärme großflächig auf die Wand überträgt. Das System bietet einen hohen Anteil an Strahlungswärme, ist relativ schnell und optisch wenig störend. Allerdings ist auch bei einem Niedrigenergiehaus noch 0,25 bis 0,5 Meter Sockelleistung pro Quadratmeter Wohnfläche erforderlich. Daher ist die Nutzungsmöglichkeit von Wand- als Stellflächen bei diesem System noch stärker beeinträchtigt.

Die Regelung aller beschriebenen Systeme erfolgt am besten raumweise über Einzelthermostate mit möglichst feiner Abstufung.



Nach der Heizung hat die Warmwasserversorgung mit circa zehn bis 15 Prozent den größten Anteil am Energieverbrauch in Haushalten.

Gegenüber einer EnEV-Berechnung des Trinkwarmwasserbedarfs, der sich an der Wohnfläche orientiert (12,5 kWh pro Quadratmeter und Jahr), ist eine Bedarfsabschätzung nach Personenanzahl, sofern sie bekannt ist, genauer. Man rechnet mit einem Bedarf an Warmwasser von etwa 50 Liter pro Person und Tag. Aufs Jahr gerechnet ergibt sich pro Person daraus ein Wärmebedarf von 500 kWh, wobei das Nutzerverhalten erhebliche Abweichungen nach oben oder nach unten bewirken kann.

Auch in der Anlagentechnik für die Versorgung mit Warmwasser stecken erhebliche Einsparpotentiale. Ineffektive und - beispielsweise unter Einbeziehung von Solarenergie - optimierte Systeme können sich um den Faktor 10 unterscheiden.

Einsparmaßnahmen beziehungsweise eine sorgfältige Planung der Versorgung mit Warmwasser sind daher von hoher Bedeutung

Wärmeverluste entstehen bei der

- Wärmeerzeugung
- Warmwasserspeicherung (abhängig vor allem vom Dämmstandard und Aufstellungsort des Speichers)
- Warmwasserverteilung (abhängig von der Wassertemperatur, von Leitungslänge und Leitungsquerschnitten sowie vor allem vom Standard der Leitungsdämmung. Die Lage der Leitungen im unbeheizten oder beheizten Bereich, so dass ein Teil der Verluste für die Gebäudeheizung nutzbar sind, spielt ebenfalls eine Rolle).

Um die Verluste möglichst gering zu halten, ist eine bedarfsorientierte Auslegung der Systeme einschließlich der Speichermengen wesentlich. Neben der notwendigen und gesetzlich vorgeschriebenen Qualität der Rohrleitungsdämmung (siehe Seite 35, „Eckpunkte der EnEV für den Altbau“) lohnt sich der Aufwand, die Lage der Verteilungen zu planen und möglichst kurze Leitungswege zu realisieren.

Im Gebäudebestand sind die Möglichkeiten für eine Optimierung natürlich begrenzt. In der Regel sind bereits Geräte zur Trinkwassererwärmung vorhanden und die räumliche Verteilung der Verbrauchsstellen liegt fest.

Bei der Erzeugung wird zwischen zentraler und dezentraler Versorgung mit Warmwasser unterschieden

Bei der dezentralen Versorgung wird die Wärme in unmittelbarer Nähe der Entnahmestellen erzeugt, sei es in Kleinspeichergeräten oder in Durchlauferhitzern. Letztere erwärmen das Wasser im Durchfluss, halten nur sehr kleine Mengen warmen Wassers vor und weisen daher noch geringere Wärmeverluste als Kleinspeichergeräte auf. Bei der dezentralen Versorgung entstehen nur kurze Wartezeiten beim Zapfen, es gehen weniger Wasser und durch die kurzen Leitungswege weniger Wärme bei der Verteilung verloren. Andererseits werden die Geräte meist elektrisch betrieben, mit entsprechend



**Auch das spart Primärenergie:
Wenn die Waschmaschine direkt an den
Warmwasserspeicher angeschlossen wird.**

hohem Primärenergiebedarf. Dies ist bei Gasgeräten wesentlich günstiger. Zu beachten ist aber der Installationsaufwand für die Gasleitungen und die Versorgung mit Verbrennungsluft und vor allem eine zuverlässige Abgasabfuhr sind zu gewährleisten.

Bei einem zentralen Versorgungskonzept können sehr verschiedene Technologien der Wärmeerzeugung (siehe Seite 38 bis Seite 59) zum Einsatz kommen, meist in Verbindung mit einem Speicher (verschiedene Speicherkonzepte siehe Seite 56). Die Einbindung erneuerbarer Energiequellen, insbesondere der Solarenergie, ist bei zentraler Versorgung mit Warmwasser leichter. Allerdings führt eine zentrale Versorgung zu längeren Leitungswegen. Deshalb wird aus Komfortgründen oft eine Zirkulationsleitung vorgesehen. Da eine solche Zirkulationsleitung zu Wärmeverlusten und hohem Bedarf an Pumpenstrom führt, sollte eine bedarfsorientierte Steuerung (zum Beispiel über eine Zeitschaltuhr oder eine Anforderungstaste) vorgesehen werden; oder es sollte bei Leitungswegen von weniger als zehn Meter Länge ganz auf eine Zirkulationsleitung verzichtet werden.

Warmwasserspeicher sollten den Bedarf von einem Tag bevorraten können (bei einem Vierpersonenhaushalt also etwa 200 Liter Inhalt haben). Bei solarer Trinkwassererwärmung hängt die Speichergröße von der Größe der Kollektorfläche ab (siehe Seite 53).

Nach Möglichkeit, also bei nicht zu langen Leitungswegen, sollten Wasch- und Spülmaschinen an den Warmwasserspeicher angeschlossen werden. Dies spart erheblich Primärenergie ein, da die Geräte das Wasser sonst mit elektrischer Energie aufheizen. Die Einsparungen sind natürlich umso größer, wenn eine Solaranlage an den Speicher angeschlossen ist.

Foto: Viessmann



Welche Lösung ist für Sie die richtige?

Der wichtigste und effektivste Ansatz zur Verbesserung der Anlagenaufwandszahl und damit zur Verringerung der Umweltbelastung, die der Betrieb eines Wohngebäudes mit sich bringt, ist natürlich die Auswahl des Wärmeerzeugers und des Energieträgers.

Man kann es bedauern, dass es dabei keinen „Königsweg“, keine Möglichkeit einer überall gültigen Empfehlung gibt.

Je nach Gebäudetyp, je nach Region, je nach wirtschaftlichen Spielräumen des Investors kann eine Lösung gut oder weniger gut, gegebenenfalls auch nicht realisierbar sein. Raumbedarf und Siedlungsstruktur spielen ebenfalls eine erhebliche Rolle.

So kann Biomasseverfeuerung im großen Stil durchaus eine Belastung in Ballungsgebieten darstellen. Auch der Denkmalschutz setzt dem Einsatz mancher Technologien unter Umständen Grenzen.

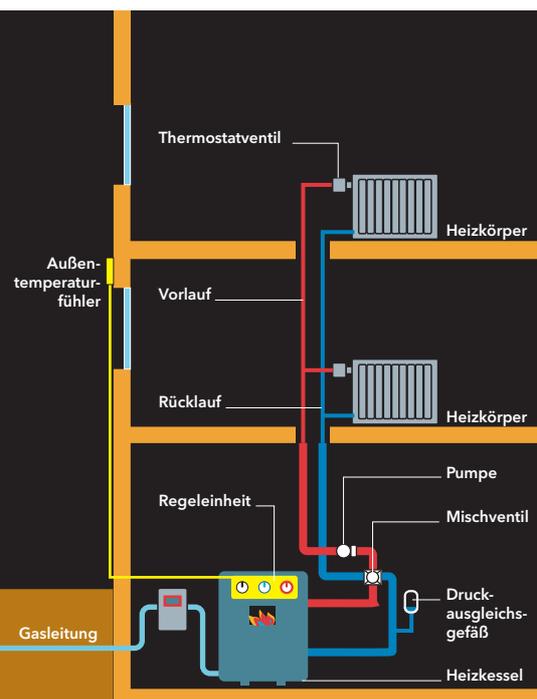
Angesichts der Vielfalt der Anforderungen besteht die Notwendigkeit, eine Vielzahl von technischen Alternativen zu entwickeln.

Je vielfältiger die Möglichkeiten sind, desto größer sind die Chancen, Umweltbelastungen und Kosten der Wärmeversorgung in Wohngebäuden zu senken.

Konventionelle Verbrennung fossiler Energieträger

Der Heizkessel ist die gebräuchlichste Methode zur Wärmeerzeugung. In einem Heizkessel werden in den meisten deutschen Haushalten die fossilen Energieträger Gas oder Öl verbrannt, um Wärme für die Raumheizung und die Warmwasserversorgung zu gewinnen. Die frei werdende Wärme wird über einen Wärmetauscher an das Wärmeübertragungsmedium – in der Regel Wasser – abgegeben. Je niedriger dabei die Abgastemperaturen sind, umso weniger Wärme geht über die Abgasanlage verloren und umso höher ist der feuerungstechnische Wirkungsgrad.

Der so genannte Konstanttemperaturheizkessel, der lange Zeit der Standardkessel war, darf bereits seit dem



Schema einer Heizungsanlage am Beispiel einer Gasheizung.

Wirkungsgrad-Nutzungsgrad

Die Effizienz der Energieausnutzung von Heizkesseln wird durch drei unterschiedliche Kenngrößen beschrieben.

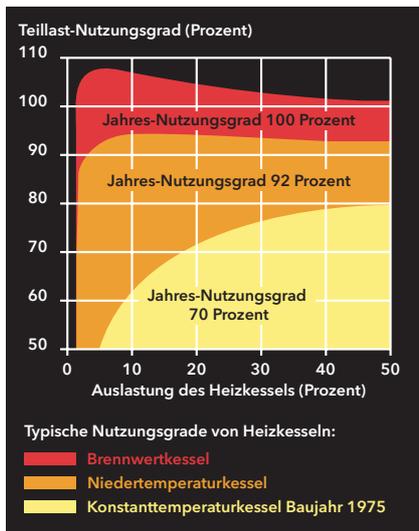
- Der Abgasverlust (Prozent) enthält die im Abgas mitgeführte Wärmemenge, er wird vom Schornsteinfeger gemessen und dient unter anderem auch als Grundlage für die Bewertung und Einstufung von Heizkesseln bezüglich gesetzlicher Austauschpflichten.
- Der Kesselwirkungsgrad (Prozent), auch feuerungstechnischer Wirkungsgrad genannt, berücksichtigt die Abgasverluste und Oberflächenverluste des Kessels, die während des Brennerbetriebs auftreten.
- Der Jahres-Nutzungsgrad (Prozent) berücksichtigt neben den Abgasverlusten und Strahlungsverlusten während des Brennerbetriebs zusätzlich die Bereitschaftsverluste während der Brennerstillstandszeiten über ein Jahr. Die hohen Bereitschaftsverluste alter Heizkessel verringern den Jahres-Nutzungsgrad erheblich.

Zur Beurteilung der energetischen Effizienz eines Heizkessels darf daher nicht allein der im Schornsteinfegerprotokoll enthaltene Abgasverlust herangezogen werden. Entscheidend ist die Bilanz der Verluste über ein ganzes Betriebsjahr, diese wird durch den Jahres-Nutzungsgrad beschrieben.

Obwohl viele alte Kessel noch knapp die zulässigen Abgasverluste einhalten, können sie dennoch mit einem Jahres-Nutzungsgrad von deutlich unter 70 Prozent eine enorm schlechte Energieeffizienz aufweisen.



Wärme durch Verfeuerung fossiler Brennstoffe: Der Niedertemperaturkessel



Insbesondere durch einen verbesserten Teillastbetrieb werden die Jahres-Nutzungsgrade alter Konstanttemperaturkessel von modernen Anlagen deutlich übertroffen.

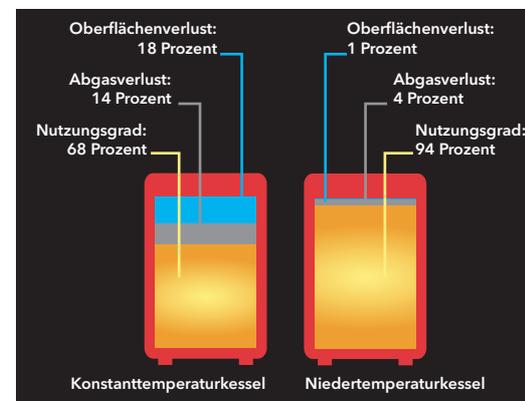
1.1.1998 gemäß der damals gültigen Heizanlagenverordnung in Ein- und Zweifamilienhäusern nicht mehr eingebaut werden, da er mit einem sehr schlechten Jahres-Nutzungsgrad arbeitet. Ein Grund für den schlechten Jahres-Nutzungsgrad ist die hohe Kesseltemperatur, die zu großen Wärmever-

lusten über das Abgas und durch Abstrahlung führt (insbesondere wenn der Kessel noch schlecht gedämmt ist). Ein anderer Grund ist die mangelnde Anpassungsfähigkeit des Kessels an unterschiedliche Außentemperaturen. Er arbeitet immer mit der gleichen Kesseltemperatur und muss daher häufig an- und abgeschaltet werden. Dieses Problem wird dadurch verschärft, dass die Heizkessel früher fast immer mit großer Leistungsreserve geplant wurden, also überdimensioniert waren und daher umso öfter im ungünstigen Teillastbereich (siehe Grafik) arbeiten müssen. Jahres-Nutzungsgrade von deutlich unterhalb von 70 Prozent sind bei solchen Heizsystemen keine Seltenheit.

Der Niedertemperaturkessel ist heute die gängigste, aber noch nicht die beste Heizungstechnik

Anders als der Konstanttemperaturkessel arbeitet der Niedertemperaturkessel mit niedrigeren Kesseltemperaturen. Er wird entsprechend der

Außentemperatur geregelt und liegt zwischen 75 Grad Celsius (kälteste Tage) und 45 Grad Celsius (kühle/milde Tage). Nachts kann der Kessel abgeschaltet werden. Dies reduziert die Bereitschaftsverluste und somit auch die Betriebskosten.



Nicht nur Abgasverlust, der vom Schornsteinfeger gemessen wird, ist für die Beurteilung des Kessels von Bedeutung. Deshalb ist der Austausch eines Konstanttemperaturkessels auch dann sinnvoll, wenn im Schornsteinfegerprotokoll beispielsweise nur ein Abgasverlust von weniger als zehn Prozent vermerkt ist.

Der Niedertemperaturkessel kann dauerhaft mit Rücklauftemperaturen von 35 bis 40 Grad Celsius betrieben werden, ohne dass Korrosionsschäden durch eventuell ausfallendes Kondensat entstehen. Außerdem ist die Temperatur der Abgase geringer. So werden weniger Schadstoffe freigesetzt als bei einem Konstanttemperaturkessel, und es geht weniger Wärme verloren. Dadurch sind Jahres-Nutzungsgrade von bis zu 94 Prozent erreichbar. Das bedeutet, dass bis zu 94 Prozent des eingesetzten Öls oder Gases übers Jahr gesehen in nutzbare Wärme verwandelt werden.

Der Niedertemperaturkessel ist, insbesondere bei Mehrfamilienhäusern, die derzeit übliche und geeignete Technik. Vor allem in Ein- und Zweifamilienhäusern wird er allerdings zunehmend vom Brennwertkessel verdrängt.

Foto: Buderus Heiztechnik GmbH



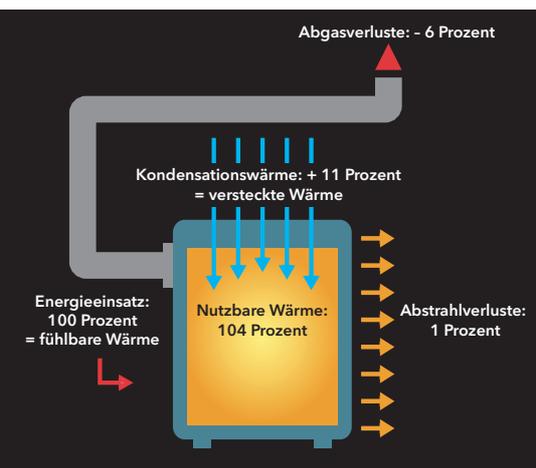
Heute noch eine der am häufigsten eingesetzten Technologien: der Niedertemperaturkessel



Wärme durch Verfeuerung fossiler Brennstoffe: Der Brennwertkessel

Der Brennwertkessel nutzt den eingesetzten Brennstoff am effektivsten

Die Technologie des Brennwertkessels geht hinsichtlich der Abkühlung der Abgase noch deutlich weiter als die Niedertemperaturtechnik. Damit wird nicht nur die Wärmemenge abgesenkt, die mit den Abgasen verloren geht, sondern es wird zu-



So schafft ein Ergas-Brennwertkessel mehr als 100 Prozent.

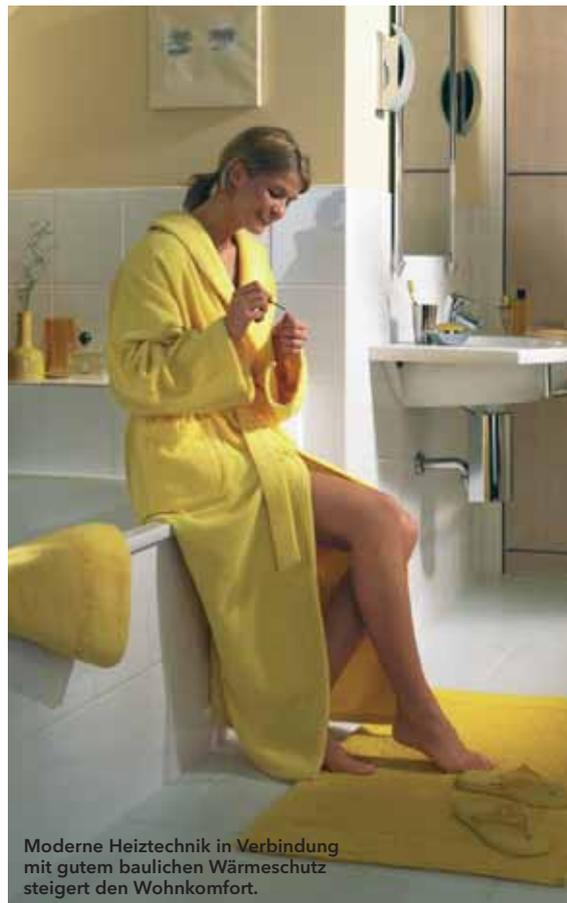
sätzlich der „Brennwerteffekt“, dem diese Technologie den Namen verdankt, ermöglicht. Wenn nämlich Wasserdampf zu Wasser kondensiert, wird eine relativ große Energiemenge als „latente Wärme“ frei. Im Brennwertkessel werden die heißen Abgase in einem speziellen Wärmetauscher so weit abgekühlt, dass das im Abgas enthaltene Wasser kondensiert. Die hierdurch gewonnene Wärme wird auf das Rücklaufwasser übertragen und wärmt dieses vor. Voraussetzung für die Nutzung des Brennwerteffekts ist somit eine Rücklauftemperatur, die unterhalb des Taupunktes von Wasserdampf liegt. Dieser kann abhängig von dem CO₂-Gehalt des Abgases zwischen 45 und 57 Grad Celsius liegen.

Mit der Brennwerttechnik lassen sich sehr gute Kesselwirkungsgrade erzielen. Sie können bei dem Brennstoff Gas bei bis zu 110 Prozent des Heizwertes liegen, bei Öl sind es nur etwa 106 Prozent, da weniger Wasserdampf im Abgas enthalten ist. Im Gegensatz zu Konstanttemperaturkesseln arbeiten Niedertemperatur- und vor allem Brennwertkessel mit einem höheren Nutzungsgrad im Teillastbereich als mit Vollast. Im praktischen Betrieb wird mit Brennwertgeräten ein Jahres-Nutzungsgrad von fast 100 Prozent erreicht. Als Brennstoff kommt vor allem Gas in Frage, da bei der Verbrennung von Gas deutlich mehr Wasserdampf entsteht als bei der Ölverbrennung. Da die Abgase bei der Ölverbrennung früher Schwefeldioxyd enthielten, bestand die Gefahr der Säurebildung im Kondensat, ein Problem, das durch den Einsatz schwefelarmen Heizöls inzwischen ausgeräumt ist.

Der Einsatz von Brennwerttechnik stellt den heute aktuellen Stand der Technik dar

Die Abgase verlassen den Brennwertkessel mit so niedrigen Temperaturen, dass der thermische Auftrieb in der Abgasanlage durch ein Gebläse unterstützt werden muss. Die Abgasleitung muss aus gasdichten kondensatbeständigen Baustoffen bestehen. Hierfür eignen sich Edelstahl, Glas

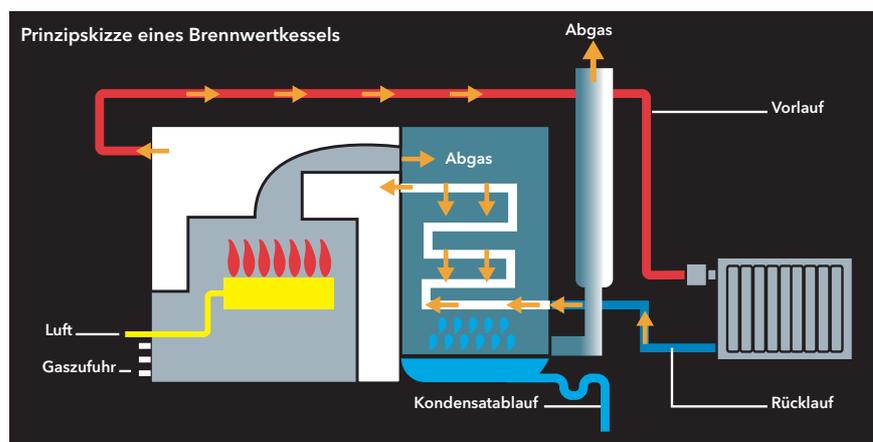
Foto: Viessmann



Moderne Heiztechnik in Verbindung mit gutem baulichen Wärmeschutz steigert den Wohnkomfort.

oder Keramik. Auch Abgassysteme mit Kunststoffrohren sind bauaufsichtlich zugelassen.

Für den Einfamilienhaussektor sind inzwischen platzsparende, kompakte Geräte auf dem Markt, die an der Wand aufgehängt werden können. Bei kleineren Wohngebäuden kann das Kondensat sogar direkt in das Abwasser geleitet werden. Gute Geräte passen sich dem Leistungsbedarf in einem Gebäude präzise an und können nicht nur in Niedrigenergiehäusern sinnvoll eingesetzt werden. Aber hier kommen natürlich auf Grund der niedrigen Vorlauftemperaturen die Vorteile der Brennwerttechnik besonders gut zur Geltung. Aber auch in Altbauten können Brennwertgeräte spürbare Brenn-





stoff einsparungen gegenüber Nieder-
temperaturkesseln erwirtschaften.

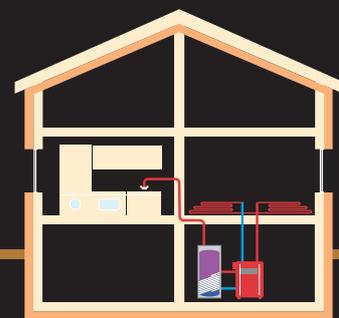
Zieht man nur die effiziente Ver-
wertung des Energieträgers während der
Verbrennung in Betracht, ist die Brenn-
werttechnik nicht zu übertreffen. Mit
Blick auf den kompletten Prozess der
Wärmebereitstellung sind dennoch,
vor allem unter ökologischen Gesichts-
punkten, andere Technologien noch
höher einzuschätzen.

Tatsächlich lässt sich, gegenüber der
auf Seite 35 beschriebenen Anlage, für

das gleiche Beispielgebäude schon eine
deutliche Verbesserung der Brenn-
stoffnutzung erreichen. Durch den Ein-
satz eines Brennwertkessels in Verbin-
dung mit Fußbodenheizung sowie Ver-
legung von Wärmespeicherung und
-verteilung in den beheizten Bereich,
ergibt sich eine Anlagenaufwandszahl
von $e_p = 1,38$ (siehe Systembeschrei-
bung mit erreichter Anlagenaufwands-
zahl). Mit den im Folgenden aufgeführ-
ten Technologien, lassen sich - bezo-
gen auf das Beispielgebäude - sogar
Anlagenaufwandszahlen realisieren,
die kleiner sind als 1. Für den notwen-
digen baulichen Wärmeschutz bedeu-
tet dies häufig, dass er bis an die
unterste zulässige Grenze abgesenkt
werden könnte.

**Brennwertkessel sind deutlich
effektiver als Niedertemperaturkessel,
aber nur wenig teurer**

Doch ist dies in der Regel weder aus
ökologischer noch aus wirtschaftlicher
Sicht empfehlenswert. Es zeigt aller-
dings, wie groß die planerischen Spiel-
räume sind, die durch die Verwendung
innovativer Anlagentechnik gewonnen
werden können.



Bezug: Beispielgebäude Seite 31

Beispiel

Systembeschreibung:

Warmwasserbereitung:

- gebäudezentrale Versorgung
- ohne Zirkulation
- Verteilung innerhalb der
thermischen Hülle
- indirekt beheizter Speicher
- Aufstellung innerhalb der
thermischen Hülle
- Brennwertkessel mit
Erdgas/Heizöl
betrieben.

Lüftung:

- keine mechanische
Lüftungsanlage.

Heizung:

- integrierte Heizflächen
(zum Beispiel Fußbodenheizung)
- Einzelraumregelung mit
Zweipunktregler Schaltdifferenz
 $X_p=2K$; 35/28°C-Auslegung
- zentrales System
- horizontale Verteilung innerhalb
der thermischen Hülle
- Strangleitungen innen liegend
- geregelte Pumpe
- Brennwertkessel (Aufstellung in
der thermischen Hülle)
- mit Erdgas/Heizöl betrieben.

$e_p = 1,38$

Heizwert - Brennwert

Die Begriffe Brennwert (umgangssprachlich auch „oberer Heizwert“ genannt) und Heizwert (umgangssprachlich „unterer Heizwert“) bezeichnen den Energieinhalt eines Brennstoffs. Dabei wird mit dem Heizwert nur das Wärme-
potential angesprochen, das allein durch die Verfeuerung des Brennstoffs freigesetzt wird. In den Abgasen ist aber,
je nach Wasserstoffgehalt des Brennstoffs, mehr oder weniger viel Wasserdampf enthalten. Bei der Kondensation
dieses Wasserdampfes wird Wärme freigesetzt.

Früher konnte dieses Potential in einer Heizungsanlage nicht genutzt werden. Daher bezog man den Wirkungs- und
Nutzungsgrad von Kesseln auf den Heizwert. Mit heutiger Technik ist es allerdings möglich, einen großen Teil dieser
Wärme durch Abkühlung der Abgase als „Brennwerteffekt“ nutzbar zu machen. Die Angaben zu Wirkungs- und
Nutzungsgrad moderner Kessel werden aber weiter auf den Heizwert bezogen und können aus diesem Grunde bei
Brennwertnutzung größer sein als 100 Prozent.



Wärme durch Verfeuerung erneuerbarer Brennstoffe: Die Stückholzheizung

Als Biomasse wird die gesamte durch Pflanzen oder Tiere erzeugte organische Substanz bezeichnet. Beim Einsatz von Biomasse zu energetischen Zwecken – also zur Strom-, Wärme- oder Treibstoffherzeugung ist zwischen nachwachsenden Rohstoffen oder Energiepflanzen und organischem Abfall zu unterscheiden.

Das Heizen mit Biomasse galt lange als rückständig und umweltbelastend.

Das lag nicht nur daran, dass man sich nicht deutlich machte, in der Biomasse, insbesondere Holz, einen heimischen, regenerativen und krisensicheren Brennstoff mit neutraler CO₂-Bilanz zur Verfügung zu haben.

Denn über CO₂-Bilanzen macht man sich erst in jüngerer Zeit Gedanken.

Viel mehr fiel ins Gewicht, dass der Wirkungsgrad alter Holzöfen meist gering war. Wenn dann noch schlecht abgelagertes, feuchtes Holz verfeuert wurde, entstanden Abgase mit hohen Schadstoffanteilen. Die damit verbundene Geruchsbelastung hat man bis vor ein paar Jahren fast ausschließlich in der Landwirtschaft oder dünn besiedelten Gebieten toleriert. Insbesondere in den Städten wandte man sich den „modernen“ Energieträgern Öl und Gas zu, für die eine „saubere Verbrennung“ technisch leichter zu realisieren war. Diese Einschätzung hat sich sehr geändert und

inzwischen hat der Einsatz von Biomasse zu Heizzwecken auch im städtischen Wohnhausbereich Eingang gefunden.

Die Nutzung von Biomasse als Energieträger ist CO₂-neutral

CO₂-neutral bedeutet, dass bei der Verbrennung nicht mehr CO₂ ausgestoßen wird, als der Atmosphäre zuvor während des Wachstums der Biomasse entzogen wurde. Die Verbrennung von Biomasse ist insofern Klima schonend, vorausgesetzt natürlich, dass die Biomasse nachhaltig erzeugt, also kein

Raubbau betrieben wird. Insbesondere bei der mengenmäßig wichtigsten Biomasse, dem Holz, ist dies in Deutschland sichergestellt, denn derzeit wächst deutlich mehr Holz nach (je nach Bundesland bis zu 50 Prozent) als verbraucht wird.

Auch die Anlagentechnik ist in den vergangenen Jahren erheblich weiterentwickelt worden und nicht mehr zu vergleichen mit den ineffizienten Holzöfen früherer Zeiten.

Vor diesem Hintergrund erfährt die Stückholzheizung derzeit geradezu eine Renaissance, wenn auch noch in den meisten Fällen als Ergänzung zum konventionellen Heizungssystem. Das beruhigende Flammenbild eines Kaminofens oder die angenehme Strahlungswärme eines Kachelofens sind dabei wesentliche Argumente. Aber auch die gewonnene relative Unabhängig-

Schnitt durch einen Stückholzkessel.



Foto: Buderus Heiztechnik GmbH

Hinweise zu Holz als Brennstoff

Holz ist der wichtigste CO₂-neutrale Brennstoff, das heißt, es wird bei der Verbrennung nicht mehr Kohlendioxid freigesetzt, als zuvor während des Holzwachstums der Atmosphäre entzogen wurde.

Holz ist außerdem einer der schwefelärmsten Brennstoffe. Seine Verbrennung setzt also fast kein Schwefeldioxid frei, das als hauptverantwortlich für den so genannten sauren Regen gemacht wird.

Damit die ökologischen Vorzüge des Brennstoffs möglichst uneingeschränkt zum Tragen kommen können, sollte der Nutzer Folgendes berücksichtigen:

Brennholz sollte bei der Verbrennung mindestens zwei Jahre getrocknet sein, damit nicht unnötig viel Wärme durch die Verdampfung des im Holz gespeicherten Wassers verloren geht. Auch lässt sich so der Ausstoß Umwelt belastender Abgase verringern.

Häufig steht Holz, insbesondere als Scheitholz und als Holzhackschnitzel, aber auch in Form von Pellets in näherer Umgebung zur Verfügung. Indem das regionale Angebot genutzt wird, lassen sich Kosten und Umweltverschmutzungen vermeiden, die mit langen Transportwegen einhergehen. Allerdings ist auch der Energieverbrauch für längere Transportwege niedriger als der Heizwert des Materials.

Insbesondere bei Verwendung von Pellets ist die Materialqualität für einen reibungslosen Betrieb von großer Bedeutung.

Vergleich der Holzzentralheizsysteme für ein Wohngebäude

	Stückholzfeuerung	teilweise Hackschnitzelfeuerung	Pelletfeuerung
Brennstoffraumbedarf (relativ)	hoch	sehr hoch	relativ gering
Brennstoffkosten (relativ)	gering	mittel	hoch
Bedienungsaufwand	hoch	gering	sehr gering
Automatisierungsgrad	Lagerhaltung, 1- bis 3-mal täglich nachlegen	1- bis 2-mal jährlich befüllen, vollautomatischer Betrieb	Befüllung und Heizbetrieb vollautomatisch
Entaschung	manuell	vollautomatisch (auf Wunsch möglich), halbautomatisch (1- bis 2-mal/Woche)	vollautomatisch (auf Wunsch möglich), halbautomatisch (1- bis 2-mal/Woche)
Wartung/Reinigung/Schorn- steinfeger/Instandhaltung	mäßiger Wartungsaufwand	mäßiger Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand

Quelle: „Heizen mit Holz“ Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.) Güstrow 2001

keit von den fossilen Energieträgern spielt zunehmend eine Rolle.

Die Stückholzheizung erlebt derzeit als Heizungssystem eine Renaissance

Natürlich lässt sich eine Stückholzheizung auch als alleiniges Heizungssystem betreiben, das wie eine Öl- oder Gasheizung auch über einen Wasserkreislauf die Wärme an die verschiedenen Wohnräume überträgt. Die Anlagen sind überwiegend zur Aufstellung im Heizraum konzipiert. Es gibt jedoch auch Systeme, die in einen Kachelofen integriert oder direkt im Wohnbereich aufgestellt werden können. Der Verbrennungsvorgang erzeugt hohe Heizleistungen, die in einen Pufferspeicher geleitet werden müssen. Eine richtige Dimensionierung der Heizung und des Pufferspeichers für ein Gebäude müssen von einem Fachmann berechnet werden. Einzu-

planen sind Sicherheitsvorkehrungen, da die Beheizung nicht kurzfristig abgeschaltet werden kann.

Bei der Stückholzheizung empfiehlt sich als Ergänzung für die Warmwasserbereitung in den Sommermonaten und in der Übergangszeit eine Solaranlage.

Eine etwas andere moderne Variante des Heizens mit Biomasse ist der Einsatz von Hackschnitzeln, zu Schnipseln zerkleinertes Holz, das zum Beispiel bei der Walddurchforstung anfällt.

Insbesondere größere Gebäudeeinheiten und Wohnanlagen können mit Hackschnitzelfeuerungsanlagen sehr gut beheizt werden. Der Brennstoff wird in einem Lagerraum/Speicher zwischengelagert. Die Hackschnitzel werden über ein Rührwerk in Verbindung mit einer För-

derschnecke in den Brenner transportiert. Es gibt inzwischen auch Versionen, die für das Einfamilienhaus ausgelegt sind. Eine Zuführung der Hackschnitzel erfolgt aus dem Lagerraum

Holzheizungen für private Wohngebäude		
Zusatzheizungen	Zentralheizungen für Ein- und Zweifamilienhäuser	Holzheizungen für Mehrfamilienhäuser
<ul style="list-style-type: none"> ■ Geschlossener Kamin ■ Kaminofen ■ Warmluftkachelofen ■ Pelleteinzelofen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Scheitholz-zentralheizung ■ Pellet-zentralheizung ■ Kombikessel (z.B. Scheitholz- und Pellets) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hackschnitzelfeuerung * Auch Pelletheizkessel bis zu einer Größe von bis zu 400 kW und Scheitholz-kessel bis zu 250 kW werden angeboten

Quelle: BINE Informationsdienst

Überblick über verschiedene Systeme der Holzheizung für private Wohngebäude.

heraus, für den ausreichend Platz eingeplant werden muss, denn für den gleichen Energiegehalt benötigen Hackschnitzel etwa den dreifachen Lagerraum wie Öl.

Es gibt eine Vielzahl von Verbrennungstechniken, die auf Grund stark divergierender Wirkungsgrade erheblichen Einfluss auf die Ökobilanz des Brennstoffes Holz haben. Ein Vergleich der Brennerwirkungsgrade (nicht der feuerungstechnischen Wirkungsgrade) gibt die notwendige Auskunft über die Qualität von Kessel oder Ofen.

Die Abgasanlage muss für den jeweiligen Zweck geeignet und bemessen sein. Natürlich sollte dem Abgas möglichst viel Wärme entzogen werden, allerdings muss dabei ausge-

schlossen werden können, dass durch Unterschreitung der Taupunkttemperatur keine Versottung im Schornstein auftritt.

Bei der Abgasführung sind - wie bei allen brennstoffbetriebenen Systemen - brandschutztechnische Belange, zum Beispiel bei der Durchdringung von Bauteilen zu beachten (sprechen Sie mit Ihrem zuständigen Bezirksschornsteinfeger).

Die Holzasche enthält eine Vielzahl von Mineralstoffen, die als Gartendünger dem Kreislauf der Natur zurückgegeben werden können.

Abhängig von dem Trocknungszustand variiert der Heizwert von Holz. Auch gut getrocknetes Scheitholz hat eine Restfeuchte von etwa 20 Prozent. Ein Kubikmeter Holz hat dann einen Heizwert wie etwa 200 Liter Heizöl oder 200 Kubikmeter Erdgas. Pellets wird im Herstellungsprozess weitere Feuchtigkeit entzogen. Da das feine Material auch dichter geschüttet werden kann, liegt hier der Heizwert eines Kubikmeters um etwa 60 Prozent höher.



Wärme durch Verfeuerung erneuerbarer Brennstoffe: Die Pelletheizung

■ Eine noch recht neue Art der Biomasseverfeuerung, die rapide Marktanteile gewinnt, ist die Pelletverbrennung.

Pellets sind kleine Presslinge, die unter hohem Druck aus reinem Holzmehl ohne Zugabe von Bindemitteln erzeugt werden. Durch die hohe Pressung entsteht ein homogenes Brennmaterial mit sehr geringem Wasseranteil. Dadurch ergeben sich nicht nur Vorteile beim Transport und der Lagerung des Materials, sondern vor allem eine hohe Energiedichte. Der Heizwert von Pellets liegt bei 4,9 bis 5,0 kW/kg, das entspricht etwa dem eines halben Liter Öl. Nach Größe und Gewicht genormt stellen sie eine Alternative zu den Brennstoffen Gas und Öl dar.

Pellets werden in Säcken oder lose vom Tankwagen geliefert. Sie können in Einzelöfen oder Kesseln verfeuert werden. Bei den Pelletkesseln gibt es

halbautomatische Anlagen, die über einen per Hand zu befüllenden Vorratsbehälter verfügen, sowie vollautomatische Modelle, bei denen per elektrisch betriebener Förderschnecke oder Saugleitung der Kessel aus einem Tank, Silo oder Lagerraum versorgt wird. Die Kessel verfügen über eine elektrische Zündung sowie eine Steuerung der Zuführung der Holzpellets und der Verbrennungsluft.

Der Komfort von Pelletheizungen entspricht annähernd dem einer Ölheizung

Lediglich die Aschebeseitigung stellt eine gewisse Einschränkung dar. Die Ascheentleerung ist aber nur in größeren Zeitabständen erforderlich (oft nur einmal im Jahr), da auf Grund der extrem guten Verbrennung nur wenig Asche entsteht und diese dann kom-

primiert wird. Die Entsorgung der Asche stellt meist kein Problem dar. Sie kann als Gartendünger fast überall sinnvoll untergebracht werden.

Der Heizungskessel kann im Keller aufgestellt werden. Preiswerte Geräte kleiner Leistung gibt es auch für eine Aufstellung im Wohnraum (wenn das Feuer sichtbar sein soll). Diese Geräte können insbesondere in Niedrigener-

Grafik: Viessmann

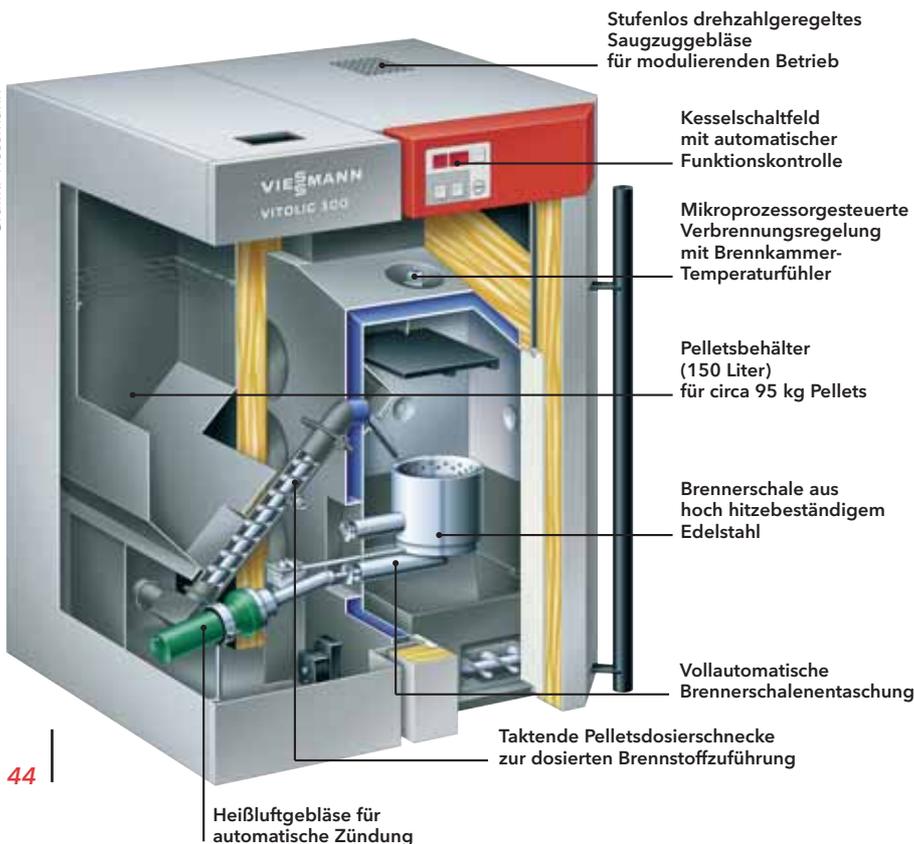


Foto: Buderus Heiztechnik GmbH





Foto: Viessmann

gie- oder Passivhäusern als alleinige Wärmeerzeuger eingesetzt werden.

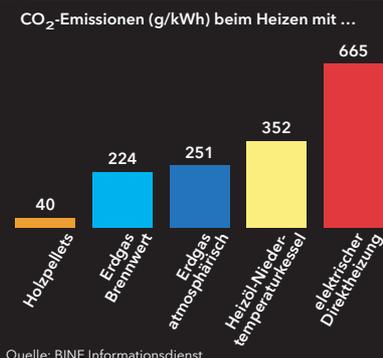
Im Ofen sind dann Wassertaschen eingebaut, so dass ein Teil (bis zu 80 Prozent) der entstehenden Wärme an einen Wärmeträger (Wasser) abgegeben und so dem Heizungssystem zugeführt wird. Da 20 Prozent der Wärme direkt in den Raum abgestrahlt werden, stellt die Erzeugung von

Warmwasserwärme außerhalb der Heizperiode ein gewisses Problem dar. Die Kombination mit einer Solaranlage bietet hier eine gute Lösung.

Beim Einsatz einer kontrollierten Wohnlüftung ist darauf zu achten, dass der Pelletkessel raumluftunabhängig betrieben wird.

Teurer als diese Technik sind die leistungsstärkeren Pellet-Zentralheizungsgeräte, die in der Regel im Keller aufgestellt werden. Sie kosten in etwa das Doppelte einer Ölheizung. Betrachtet man aber die zu erwartende mittelfristige Preisentwicklung bei den fossilen Brennstoffen Öl und Gas, erscheinen Pelletheizungen durchaus als attraktive Alternative. Die Pelletproduktion wird derzeit erheblich ausgeweitet, so dass mit kurzen Transportwegen und relativ günstigen Preisen gerechnet werden kann. Pro Tonne kosten die „Holzwürmer“ derzeit etwa 170 Euro.

Bezogen auf den Heizwert sind sie also etwa gleich teuer wie Heizöl. Auch die Gesamtenergiebilanz ist herausragend. Der Primärenergiefaktor wurde zwar nicht, wie von vielen gefordert, auf null festgelegt, da immerhin fünf bis acht Prozent des Energiegehaltes von Pellets für Transport und Herstellung aufgewendet werden müssen. Der Primärenergiefaktor von 0,2 erlaubt allerdings so günstige Anlagenaufwandszahlen, dass ein Primärenergienachweis nach EnEV in der Regel leicht geführt werden kann und auch verschärfte Anforderungen, die beispielsweise im Rahmen von Förderprogrammen formuliert sind, recht einfach erfüllt werden können. Weitere Fördergelder, die derzeit gewährt werden, verbessern darüber hinaus die Wirtschaftlichkeit (siehe Serviceteil/Förderprogramme, Seiten 68 und 69).



Anzeige

Pellet-Primärofen-Technik

Die Zukunftswärme

wodtke



www.wodtke.com

wodtke GmbH • 72070 Tübingen • Tel 07071/7003-0 • info@wodtke.com





Wärme durch Verfeuerung erneuerbarer Brennstoffe: Organische Reststoffe und Biogas

Biomasse als Energieträger bietet auch der heimischen Landwirtschaft neue Möglichkeiten

Das Heizen mit so genannten organischen Reststoffen umfasst eine Vielzahl von Brennstoffen. Neben Großkraftwerken, die mit Strohballen befeuert werden, gibt es auch die Möglichkeit, aus Laub, Gras, Dung, Klärschlamm und organischem Hausmüll Heizenergie zu gewinnen.

Gestützt durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz wird allerdings meist

nicht Heizenergie, sondern elektrische Energie aus Biomasse gewonnen. Heizkraftwerke auf Basis der Strohverbrennung gibt es bereits in Skandinavien häufiger, in Deutschland haben sie noch Modellcharakter. Für den Aufbau eines neuen Produktionszweigs in der Landwirtschaft sind bei der Energieerzeugung noch große Potentiale bislang ungenutzt.

Biogas

Das gilt auch für die energetische Verwertung von Biogas, das insbesondere in der landwirtschaftlichen Tierhaltung in großen Mengen anfällt und bisher weitgehend ungenutzt und zu Lasten des Klimas in die Atmosphäre entweicht. Teilweise wird Biogas bereits in größeren landwirtschaftlichen Betrieben in elektrische Energie umgewandelt (Förderung durch das EEG, siehe rechts). Dabei ist eine sinnvolle Nutzung der Abwärme nur bedingt möglich. Eine weitere Verwertung könnte bei steigenden Preisen für Erdgas darin bestehen, Biogas in das Erdgasnetz einzuspeisen und mit dem fossilen Gas zu mischen. Ein solches Modell, in größerem Umfang umgesetzt, hätte ein Absenken des Primärenergiefaktors für Gas zur Folge.

Biogas entsteht durch den bakteriellen Abbau organischer Substanzen, wie zum Beispiel tierische Exkrememente, Pflanzenfasern oder Speise- und Schlachtabfälle, in einem licht- und luftdurchlässigen Faulbehälter. Die Dauer des Zersetzungsprozesses variiert je nach eingebrachten Materialien. Bei richtiger Steuerung des Prozesses, werden gut brennbare Gase, vor allem Methan (CH₄), gewonnen. Die Biogasproduktion bietet landwirtschaftlichen und Gartenbaubetrieben - auch wirtschaftlich - interessante Möglichkeiten, zumal als Abfallprodukt des Prozesses hochwertige Dünger anfallen. Das erzeugte Biogas wird meist über ein Blockheizkraftwerk im Betrieb direkt in elektrische Energie umgewandelt, wobei ein großer Teil der anfallenden Wärme den Zersetzungsprozess unterstützt. Biogas kann ins Gasnetz eingespeist und dem dort transportierten Erdgas beigemischt und so auch für den Wohnungsbau nutzbar gemacht werden.

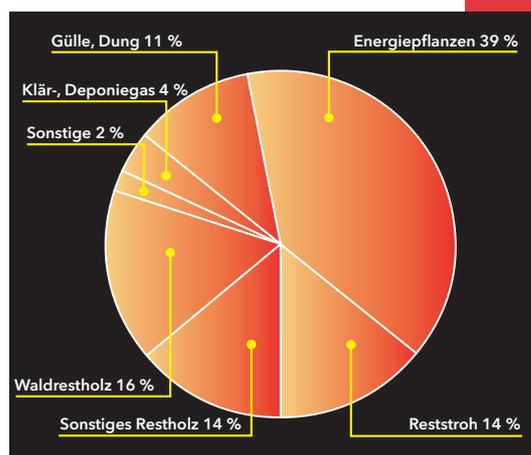
Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien, bekannter als Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), trat im Jahre 2000 in Kraft. Es soll dazu beitragen, den Anteil erneuerbarer Energie an der Stromversorgung in Deutschland bis zum Jahre 2020 auf mindestens 20 Prozent zu erhöhen. Auf diese Weise soll ein Beitrag geleistet werden, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu fördern. Eine solche Entwicklung ist nicht nur im Interesse des Klima-, Natur- und Umweltschutzes; sie hat auch positive volkswirtschaftliche Effekte, indem sie Risiken und Kosten von Energieimporten reduziert, die Entwicklung neuer Technologien vorantreibt und damit auch die Entstehung zukunftssicherer Arbeitsplätze ermöglicht. Die Förderung der Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern kann ebenfalls dazu beitragen, zukünftige Konflikte um die fossilen Energieressourcen zu vermeiden.

Wesentliches, durch das Gesetz bereitgestelltes Förderinstrument ist die Verpflichtung der Stromversorgungsbetriebe, beziehungsweise der Betreiber der jeweils regional vorhandenen Stromnetze, Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vorrangig ans Netz anzuschließen und die dort erzeugte elektrische Energie zu vergüten. Die Höhe der gesetzlich

regelten Vergütung ist sehr unterschiedlich, je nachdem, ob der Strom aus Wasserkraft, Deponie-, Klär- oder Grubengas, aus Biomasse, Wind oder geothermisch gewonnen wird. Die höchsten Vergütungssätze hat der Gesetzgeber für elektrische Energie aus solarer Strahlungsenergie festgelegt, da hier die notwendigen Investitionskosten derzeit noch besonders hoch sind.

Am 2. April 2004 wurde eine Neufassung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Bundestag verabschiedet.



Potential biogener Brenn- und Kraftstoffe in Deutschland (Primärenergie). Insgesamt circa 202 Milliarden kWh.

Holen Sie mehr aus Ihrem Dach: saubere Energie, schönes Aussehen, bares Geld.



Profitieren Sie von modernsten Indachlösungen mit der InDaX® Serie von RWE SCHOTT Solar:

- Saubere Energie, schönes Design, sicheres Dach, ausgezeichnete Rendite
- Ersetzen der Dachpfannen und umweltfreundliche Stromproduktion
- Effizientere und umweltfreundlichere Wärmepumpen durch Solarstrom

InDaX® von RWE SCHOTT Solar: So schön, so sicher, solar.



InDaX®-100



InDaX®-250

RWE SCHOTT Solar GmbH
Carl-Zeiss-Straße 4, 63755 Alzenau

T +49 (0)60 23 91-17 12
F +49 (0)60 23 91-17 00

sales@rweschottsolar.com
www.rweschottsolar.com



SCHOTT / SOLAR



Für leistungsstarke Solarsysteme braucht man nicht viel Sonne.
Nur besonders viel Know-how.

Nutzen Sie die Sonne zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung. Mit dem Vakuumröhrenkollektor ETC16 von SCHOTT – ein Technologie- und Qualitätsführer in der Solarthermie.

- Sehr hohe Effizienz – selbst bei wenig Sonne
- Leistungsstark – hoher Ertrag bei geringer Fläche
- Langlebiger Einsatz – praktisch keine Alterung oder Verschmutzung
- Einfache Montage
- Elegantes Design

Für Informationen und Bezugsquellen
wenden Sie sich einfach an:
info.solarthermie@schott.com

SCHOTT ROHRGLAS GmbH
Geschäftsfeld Solarthermie
Erich-Schott-Straße 14 95666 Mitterteich
Tel.: +49 (0)96 33/802 91 Fax: +49 (0)96 33/807 57
www.schott.com/solarthermie

SCHOTT
glass made of ideas



Effiziente Brennstoffnutzung durch Kraft-Wärme-Kopplung

Ein Verfahren, mit hoher Effizienz Wärme für Wohngebäude zu gewinnen, ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Sie trägt „als gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Elektrizität ... zur Senkung der Energiekosten beim Anwender bei, verringert aber auch die spezifischen klimarelevanten Emissionen und schont die Energieressourcen“.

Hintergrund dieser Einschätzung der Enquetekommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages ist die geringe Effizienz der Stromerzeugung in den gängigen thermischen Großkraftwerken.

In den gängigen thermischen Großkraftwerken werden nur circa 40 Prozent der Brennstoffenergie in elektrische Energie umgewandelt. Die anderen 60 Prozent werden entweder über das Kühlwasser in ein Gewässer geleitet oder über Kühltürme abgekühlt.

So werden nutzlos und umweltschädlich Gewässer und Atmosphäre aufgeheizt; vor allem aber bleiben große Mengen wertvoller Primärenergie ungenutzt. Bezieht man den Energiebedarf für die Bereitstellung des Brennstoffs und die Transportverluste mit ein, kann sogar nur etwa ein Drittel der eingesetzten Primärenergie als elektrische Energie genutzt werden. Hier liegt der Grund für den hohen Primärenergiefaktor 3, den der „vor Ort“ saubere Energieträger Strom gemäß EnEV mit sich schleppt. Neue Technologien lassen zwar auch eine Verbesserung des Wirkungsgrades in den Kraftwerken erhoffen, beheben aber nicht das grundsätzliche Problem großer Mengen von „Wärmeabfall“, der nur mit gigantischem Aufwand – etwa für die Gebäudeheizung – nutzbar gemacht werden kann.

Dezentrale Stromerzeugung bietet ein immenses Potential zur CO₂-Einsparung

Die Idee bei der Kraft-Wärme-Kopplung besteht vor diesem Hintergrund darin, die elektrische Energie dezentral, also dort zu erzeugen, wo auch die anfallende Wärme gebraucht wird. Statt eines Großkraftwerkes arbeiten bei der Kraft-Wärme-Kopplung kleine oder kleinste „Kraftwerke“.



Einbindung einer Blockheizkraftwerk-Anlage in einem kleinen Wohngebäude.

Das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKModG)

Ähnlich wie mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (siehe Seite 46) fördert der Gesetzgeber über das so genannte KWK-Gesetz eine Technologie, mit der die Umweltbelastung durch Stromerzeugung verringert werden können. Die Effizienz der gekoppelten Erzeugung von Strom (Kraft) und Wärme wurde und wird insbesondere in kleineren Anlagen in kommunaler Trägerschaft (Stadtwerke) genutzt, wo nur kurze Leitungswege erforderlich sind, öffentliche und private Gebäude mit dem anfallenden „Wärmeabfall“ zu versorgen. Durch die Liberalisierung des Strommarktes gerieten diese relativ kleinen Anlagen in Konkurrenz zu den Großkraftwerken der überregionalen Stromanbieter. Insbesondere vor dem Hintergrund des hohen Investitionsbedarfs für die Modernisierung bestehender Strom- und Wärmenetze wurden viele dieser Anlagen unrentabel. Auch das immense, noch ungenutzte Potential zur CO₂-Einsparung, das dezentrale Kleinstanlagen in Wohngebäuden und Handwerksbetrieben bieten, kann unter diesen Bedingungen nicht wirtschaftlich erschlossen werden. Daher sollen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen über einen befristeten Zeitraum geschützt, die Modernisierung bestehender Anlagen und der Ausbau kleiner und kleinster Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gefördert werden.

Nach dem KWK-Gesetz sind die Betreiber der Stromversorgungsnetze verpflichtet, förderfähige Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ans Netz anzuschließen und die eingespeiste Energie zu vergüten. Je nach Alter und Größe der Anlagen staffelt sich die Höhe der gesetzlich garantierten Einspeisevergütung. Zusätzlich gefördert werden Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung dadurch, dass sie von der so genannten Ökosteuer befreit sind.

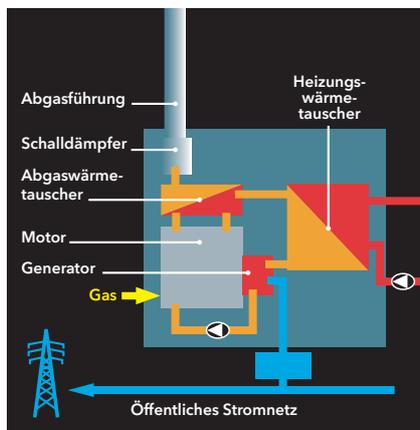
Das KWK-Gesetz wurde wie das EEG am 2. April 2004 in einer Neufassung vom Bundestag verabschiedet.



Effiziente Brennstoffnutzung durch Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungsmotoren

In den meisten Fällen besteht das Herzstück einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage aus einem Verbrennungsmotor, der einen Generator antreibt. Bei dieser Technologie entsteht neben Strom auch Wärme. Diese Abwärme wird zur Gebäudeheizung oder zur Warmwasserbereitung (zum Beispiel Schwimmbad) genutzt.

Kleinere Anlagen, die auch in Wohngebäuden eingesetzt werden können, nennt man Blockheizkraftwerke. Auch hier erzeugt ein Generator, der in der Regel durch einen gas- oder dieselbetriebenen Motor angetrieben wird, elektrische Energie.



Aus dem Brennstoff werden Strom und Wärme gleichzeitig gewonnen.

Die gute Brennstoffausnutzung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gegenüber Großkraftwerken fließt in den Primärenergiefaktor in der Weise ein, dass der ersetzte, unökologisch erzeugte Strom der Großkraftwerke, quasi gutgeschrieben wird. So lassen sich die günstigen Primärenergiefaktoren von 0,7 bei Verwendung fossiler und 0,0 bei Verwendung erneuerbarer Brennstoffe erklären.

Kleinstblockheizkraftwerke sind – entgegen stromgeführten Groß- und Industrieanlagen – fast ausschließlich wärmegeführt, das heißt, sie arbeiten nur dann, wenn die Nutzung der anfal-

lenden Wärme gewährleistet ist. Andererseits ist eine möglichst lange Laufzeit entscheidend für die ökonomische Rentabilität der Anlagen. Nur dann machen sich die Vorteile der günstigen Stromproduktion bezahlt. Deshalb werden möglichst große Pufferspeicher vorgesehen, denen die erzeugte Wärme zugeführt werden kann. Auf diese Weise können lange Laufzeiten und eine bessere Anpassung an den aktuellen Strombedarf erzielt werden.

Die gesetzlich fixierte Einspeisevergütung für den erzeugten Strom trägt zur Rentabilität der Anlage entscheidend bei.

Das Blockheizkraftwerk ist eine ökonomisch und ökologisch sehr sinnvolle Technik, die besonders in größeren Gebäudekomplexen wirtschaftlich betrieben werden kann.

Heute gibt es bereits Anlagen mit etwa 10 kW thermischer Leistung, die auf die Verwendung in Wohngebäuden zugeschnitten sind und selbst in Einfamilienhäusern sinnvoll eingesetzt werden können. Bei diesem Einsatzgebiet wirkt sich allerdings nachteilig aus, dass die Wärmeerzeuger in der Regel wegen der Geräuschbelastung nicht innerhalb der beheizten Gebäudehülle untergebracht werden können. Wenn man aber ansonsten die Optimierungsmöglichkeiten bei der Trinkwassererwärmung und Wärmeverteilung nutzt, können Anlagenaufwandszahlen unterhalb 1 erreicht werden.

Noch besser fällt die ökologische Bilanz der Kraft-Wärme-Kopplung aus, wenn statt der fossilen Energieträger erneuerbare Brennstoffe verfeuert werden. Dann kommt der Primärenergiefaktor von 0 zum Tragen, mit der Folge, dass in die Anla-

genaufwandszahl nur der Hilfsstrombedarf Eingang findet. Eine solche Kombination der oben genannten Strategien „effiziente Wärmeerzeugung“ und „sinnvoller Einsatz regenerativer Energien“ ergibt somit eine Anlagenaufwandszahl zwischen 0 und 0,2 und zeigt sich – nach den Kriterien der DIN V 4701-10 – als eine optimale Anlagentechnik.

Allerdings stellt die Verwendung regenerativer Energieträger die Motortechnik der „klassischen Kraft-Wärme-Kopplungsanlage“ durchaus vor Probleme. Das gilt natürlich nicht für reines Biogas, das sich ganz ähnlich verbrennen lässt wie Erdgas. Alle Arten von Biomasse aber können auf diesem Wege nicht genutzt werden. Und all diese Stoffe zu vergasen, scheitert meist an technischen und vor allem an wirtschaftlichen Hindernissen.

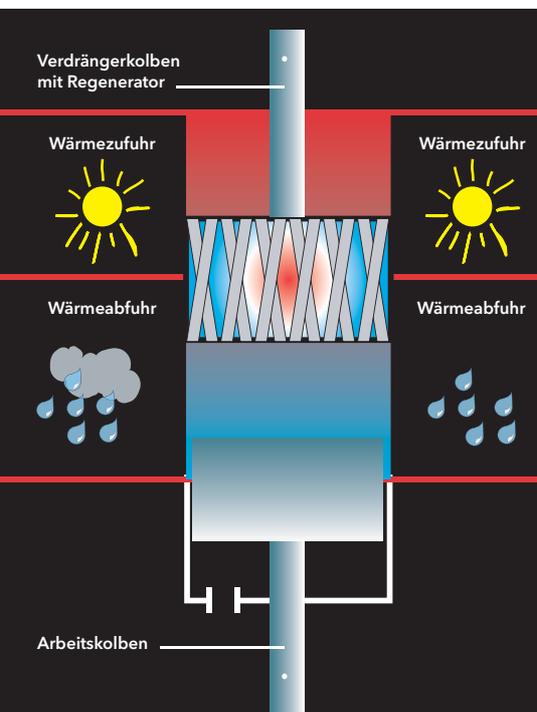




Effiziente Brennstoffnutzung durch Kraft-Wärme-Kopplung mit Stirlingmotor und Brennstoffzelle

Der Stirlingmotor, die Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie von morgen

Mit Blick auf eine Nutzung von Biomasse in dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung könnten sich Stirlingmotoren zu einer alternativen Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie entwi-



Funktionsschema eines Stirlingmotors.

ckeln. In einem Stirlingmotor wird ein Arbeitsgas von zwei Kolben hin- und hergeschoben und so abwechselnd erhitzt und gekühlt. Auf diese Weise wird Wärme in mechanische Energie umgesetzt. Der elektrische oder mechanische Wirkungsgrad von 25 bis 35 Prozent ist dem anderer Motoren vergleichbar. Der wesentliche praktische Unterschied gegenüber konventionellen Verbrennungsmotoren besteht darin, dass die benötigte Wärme außerhalb des Zylinders erzeugt wird. Daraus ergibt sich der Vorteil eines konti-

nuierlichen Verbrennungsprozesses, der nicht durch die Gaswechsel der Motorentakte beeinträchtigt wird. Verbesserte Regelbarkeit, keine Verbrennungsrückstände im Bereich der beweglichen Teile des Motors, dadurch geringe Wartungsintensität und eine deutliche Verringerung der Schadstoffemissionen sind die Folgen. Hinzu kommen geringe Schallemissionen von teilweise weniger als 50 dB(A), die eine gute Voraussetzung für eine mögliche Verwendung von Stirlingmotoren im Wohnbereich darstellen. Ihren größten Vorteil aber hat diese Technologie in ihrer großen Flexibilität bei der Brennstoffauswahl. Grundsätzlich kann ein Stirlingmotor mit allen Brennstoffmaterialien betrieben werden. Auch Sonnenwärme lässt sich auf diesem Wege in elektrische Energie umwandeln. So genannte „Dish-Stirlings“ gelten derzeit sogar als effizienteste Technologie zur Solarstromgewinnung.

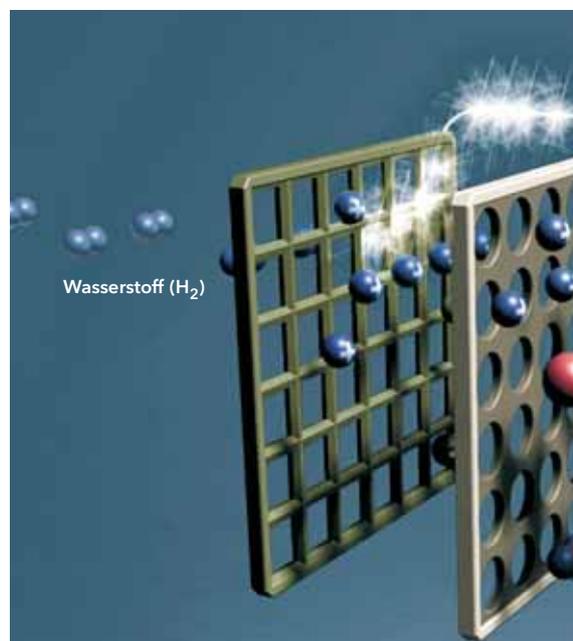
Auf der anderen Seite stehen Materialprobleme, die bisher den Durchbruch auf dem Markt verhinderten. So ist es bisher nur unter Schwierigkeiten und mit hohen Kosten möglich, die Motoren im Bereich der Erhitzerköpfe hinreichend beständig gegenüber den hohen Temperaturen von bis zu 900 Grad Celsius herzustellen. Zugleich muss die Dichtheit des Arbeitsvolumens gewährleistet werden, zumal die höchsten elektrischen Wirkungsgrade bei Verwendung leicht flüchtiger Edelgase als Arbeitsgas erzielt werden.

Eine wichtige Rolle spielen Stirlings bereits in der Kälteerzeugung und als Antriebsaggregate von Unterseebooten. Auch ein mit Gas betriebenes Stirling-Blockheizkraftwerk, das im Wohnungsbau eingesetzt werden kann, ist bereits verfügbar. Weitere Aggregate, insbesondere auch zur Verbrennung von Pellets geeignet, sollen in Kürze angeboten werden.

Der Einsatz von Brennstoffzellen im Rahmen der Haustechnik ist noch Zukunftsmusik

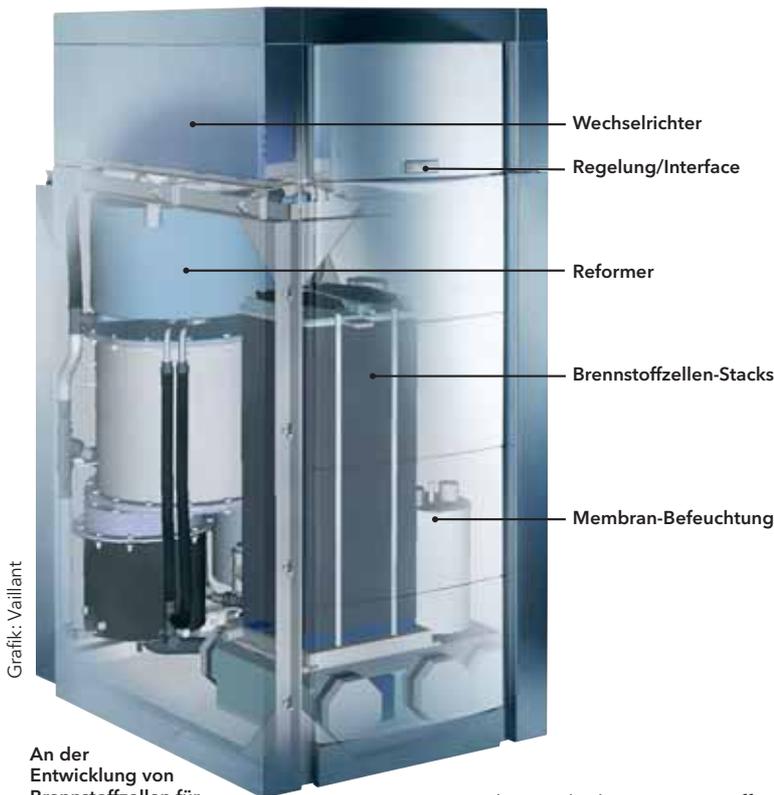
Auch die Brennstoffzellentechnik ermöglicht die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie. Im Gegensatz zu Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die von Otto- oder Dieselmotoren angetrieben werden, arbeitet die Brennstoffzelle ohne Lärmerzeugung und, wichtiger noch, ohne CO₂-Emissionen. Sie wird aus diesem Grunde und wegen ihres hohen elektrischen Wirkungsgrades von vielen als die Zukunftstechnologie zur Energieerzeugung angesehen, vor allem für alle energieintensiven Bereiche in der Industrie und dem Automobilbereich.

Brennstoffzellen sind elektrochemische Systeme, die die chemische Energie von Oxydationsprozessen direkt in elektrische Energie umsetzen. Die Brennstoffzelle kehrt den Prozess der Elektrolyse um. Bei der Elektrolyse wird Wasser mit Hilfe von elektrischer Energie in die gasförmigen Bestand-



Wasserstoff (H₂)

Elektronenaustausch in einer Brennstoffzelle.



Grafik: Vaillant

An der Entwicklung von Brennstoffzellen für Wohngebäude wird intensiv gearbeitet.

teile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. In der Brennstoffzelle treffen diese beiden Stoffe aufeinander und verwandeln sich durch die chemische Reaktion wieder in Wasser. Hierbei werden Elektronen ausgetauscht. Es entstehen gleichzeitig elektrische Energie und nutzbare Wärme.

Brennstoffzellen sind einfach aufgebaut und bestehen aus drei Schichten: Anode (Pluspol) und Kathode (Minuspol) und einem dazwischen angeordneten Elektrolyt. Letzterer verhindert,

dass sich der Wasserstoff auf der Anodenseite mit dem Luftsauerstoff auf der Kathodenseite vermischt, ermöglicht jedoch das Passieren von Ionen. Brennstoffzellenelemente können in Reihe geschaltet und zu Stapeln (Stacks) zusammengefasst werden.

Für den Bereich der Haustechnik und hier der Heizungstechnik werden hauptsächlich PEM (Polymer-Elektrolyt-Membran)-Brennstoffzellen eingesetzt. Sie sind leicht und leistungsstark und eignen sich für den mobilen Einsatz und die dezentrale Energieversorgung. PKW und Busse können ebenso betrieb-

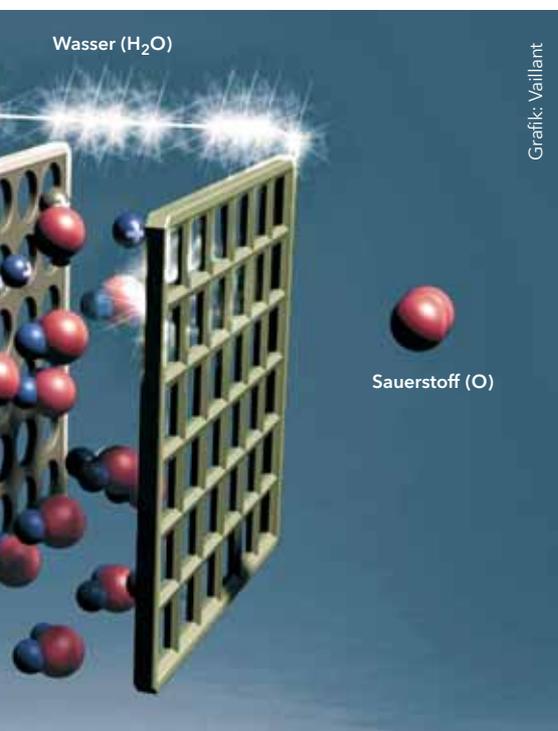
ben werden wie Blockheizkraftwerke für Einfamilienhäuser und größere Wohnanlagen. Die Brennstoffzelle benötigt keinen reinen Sauerstoff sondern nur Luftsauerstoff als Reaktionsgas.

Bei aller Euphorie angesichts der emissionsfreien Wasserstoffverbrennung in Brennstoffzellen werden verschiedene Probleme dieser Technologie häufig zu wenig beachtet.

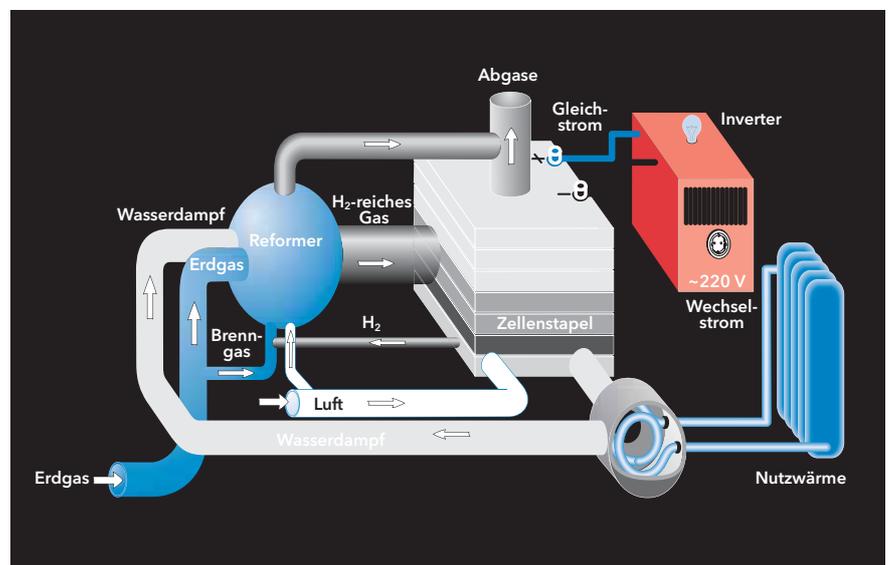
So ist zum Beispiel die Frage der Lagerung leicht flüchtigen Wasserstoffes ist noch nicht abschließend gelöst. Zusätzlich muss bedacht werden, dass der Brennstoff „Wasserstoff“ in der Natur ausschließlich in gebundener Form vorkommt und daher erst aus seinen Verbindungen gelöst, also erzeugt werden muss.

Wasserstoff wird heute überwiegend aus Erdgas gewonnen. Alternativ kommen auch Kohle-, Klär-, Biogas und Methanol in Betracht.

Mit einem kommerziellen Einsatz von Brennstoffzellen wird allgemein innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre gerechnet.



Grafik: Vaillant



Aufbau einer erdgasbetriebenen Brennstoffzellenanlage.



Nutzung von Umweltwärme: Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Solaranlagen sind auch in Deutschland inzwischen zu einer gängigen Technik geworden. Noch finden sie vor allem in Neubauten Anwendung, doch die Zahl der Nachrüstungen im Gebäudebestand wächst kontinuierlich.

Die Sonne gibt als kurzwellige elektromagnetische Strahlung (Licht) pro Jahr etwa 1.360 Watt/m² auf die Erdatmosphäre ab. In Mitteleuropa liegt die jährlich eingestrahelte Energiemenge durchschnittlich bei 900 bis 1000 kWh. Das nutzbare solare Strahlungsangebot beträgt während der Heizperiode je nach Region zwischen 300 und 400 kWh pro m² und Jahr (bei horizontaler Fläche). In eigens erstellten so genannten Solaratlanten kann jeder das Einstrahlungsangebot für den eigenen Wohnort nachschlagen.

Die Sonneneinstrahlung ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Geographische Lage: Die mittlere jährliche Einstrahlung ist am Äquator am größten und nimmt zu den Polen hin ab.
- Jahreszeit: Auf den europäischen Breitengraden werden drei Viertel der Jahresenergie im Sommer eingestrahlt.
- Tageszeit: Die Strahlungsintensität ist mittags am größten.
- Wetter: Bei dichter Bewölkung trifft nur die diffuse Sonnenstrahlung (maximal circa 100 W/m²) auf die Erdoberfläche.

Bei der thermischen Nutzung der Sonnenenergie wird mit Solarkollektoren ein Wärmeträger (meist Wasser) erwärmt. Die aufgenommene Wärme kann direkt oder über den Wärmetauscher zur Trinkwassererwärmung, zur Gebäudeheizung oder zur Schwimmbadbeheizung genutzt oder in einem Speicher zwischengespeichert werden.

Kollektoren gewinnen erst ab einem bestimmten Schwellenwert nutzbare Energie. Anders als bei der passiven Solarenergienutzung durch Fenster ist ein Sonnenkollektor meist nicht in der Lage, bei bedecktem Himmel die diffuse Einstrahlung in nutzbare Wärme umzusetzen.

Solare Trinkwassererwärmung ist eine ausgereifte Technik, die öffentlich gefördert wird und damit häufig auch wirtschaftlich sinnvoll ist.

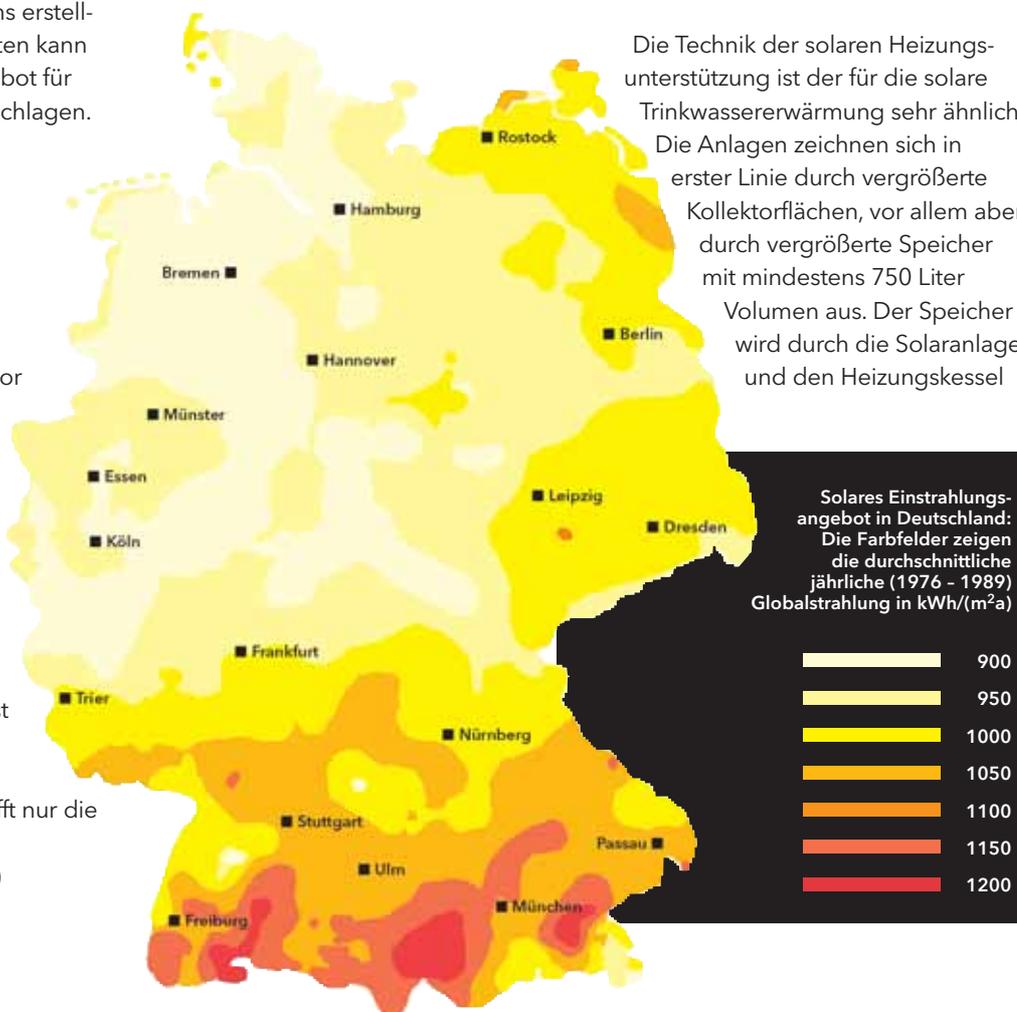
Solaranlagen werden in den meisten Fällen zur Trinkwassererwärmung eingesetzt und decken in der Regel 50 bis 60 Prozent des Jahresbedarfs. Standardmäßig kommt dabei ein bivalenter Speicher, also ein Speicher mit zwei Wärmetauschern, für die Bevorratung des warmen Trinkwassers zum Einsatz. Die Solaranlage bedient dann den unteren, die Nachheizung den oberen Wärmetauscher.

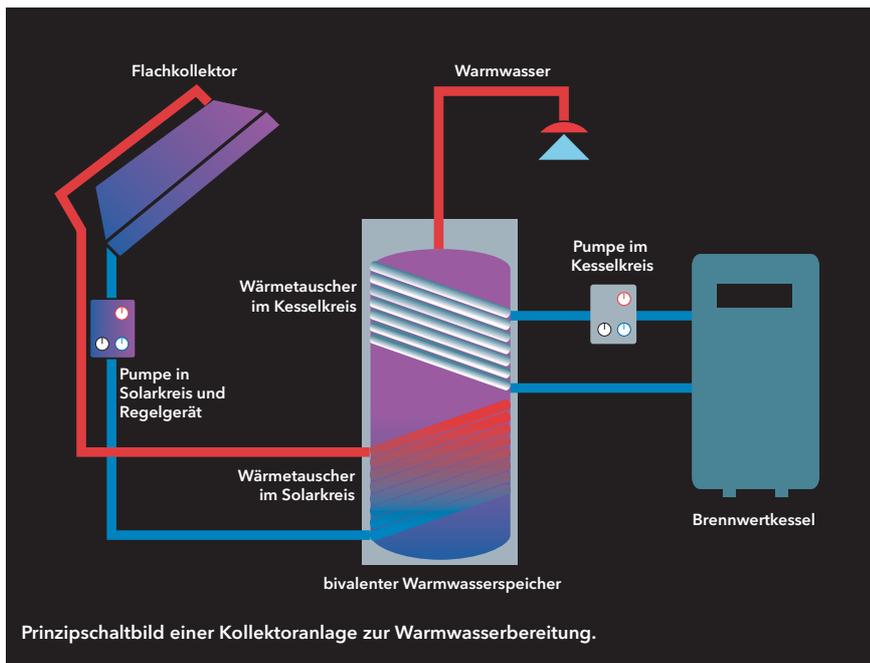
Die solare Heizungsunterstützung ist die konsequente Weiterentwicklung der solaren Trinkwassererwärmung

Die Technik der solaren Heizungsunterstützung ist der für die solare Trinkwassererwärmung sehr ähnlich.

Die Anlagen zeichnen sich in erster Linie durch vergrößerte Kollektorflächen, vor allem aber durch vergrößerte Speicher mit mindestens 750 Liter

Volumen aus. Der Speicher wird durch die Solaranlage und den Heizungskessel





in einer Weise beladen, dass eine möglichst stabile Temperaturschichtung im Speicher entsteht. Diese

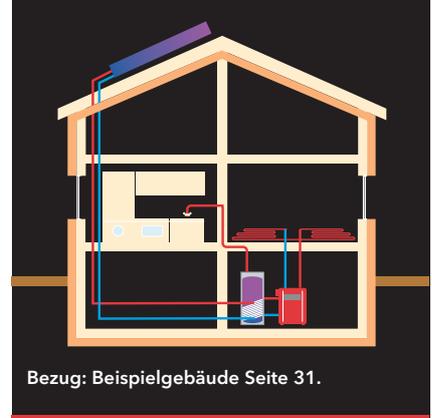
„Schichtenspeicher“ sind das zentrale Element der Heizungsanlage. Die Wärme für den Heizungsvorlauf wird aus dem oberen Drittel des Speichers entnommen, der Rücklaufwärme fließt in der passenden Höhe in den Speicher zurück. Die Trinkwassererwärmung ist in dieses System integriert, natürlich ohne dass sich das Trinkwasser und das Wasser des Heizungskreislaufs miteinander vermischen können. Um die hygienisch notwendige Trennung von dem Heizungskreislauf zu gewährleisten, kann ein eigener kleiner Behälter vorgesehen werden, der im oberen Drittel des Schichtenspeichers untergebracht ist, um mit möglichst geringen Verlusten Warmwasser bereitzuhalten. Der Schichtenspeicher kann aber auch als eine Art „Durchlauferhitzer“ genutzt werden, indem das Trinkwasser durch einen Wärmetauscher den Speicher von den kühleren unteren bis zu den oberen Schichten mit höherer Temperatur durchfließt. Diese Systeme bieten den Vorteil, dass keine größeren Trinkwassermengen mit gebrauchsfertiger Temperatur über längere Zeit vorgehalten werden müssen, die Gefahr der Entstehung gesundheitsgefährdender Legionellen also sehr gering ist. Einschränkungen im Komfort müssen aber gegebenenfalls in Kauf genommen werden, wenn innerhalb sehr kurzer Zeit große Mengen warmen Wassers benötigt werden.

Auslegung einer thermischen Solaranlage zur Trinkwassererwärmung:

In privaten Haushalten werden pro Kopf täglich etwa 50 Liter warmes Wasser benötigt. Bei einem Vierpersonenhaushalt ergibt sich daraus (einschließlich aller Wärmeverluste) ein Bedarf von 3650 kWh im Jahr.

Üblicherweise werden Solaranlagen auf einen Deckungsgrad von 60 Prozent ausgelegt. Bei optimaler Ausrichtung der Kollektoren (je nach Region etwa 1000 kWh pro m²), die als Flachkollektoren etwa 40 Prozent Jahres-Nutzungsgrad aufweisen, ergäbe dies einen Flächenbedarf von 5,5 m² (0,6 x 3650/1000/0,4).

Passend dazu wäre ein Speicher mit etwa 300 Liter Inhalt. Die Investitionskosten für eine solche Anlage betragen zwischen 3500 und 6000 Euro, lassen sich aber durch Eigenleistungen noch erheblich senken.



Bezug: Beispielgebäude Seite 31.

Beispiel

Systembeschreibung:

Durch die Einbindung der Solaranlage verbessert sich die Anlageneffizienzwahl für das Beispielgebäude (vergleiche Seiten 31, 41, 53, 57 und 63).

Warmwasserbereitung:

- gebäudezentrale Versorgung
- ohne Zirkulation
- Verteilung innerhalb der thermischen Hülle
- bivalenter Solarspeicher;
- Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle
- Brennwert-Kessel mit Erdgas/Heizöl betrieben
- mit solarer Warmwasserbereitung.

Lüftung:

- keine mechanische Lüftungsanlage.

Heizung:

- integrierte Heizflächen (zum Beispiel Fußbodenheizung)
- Einzelraumregelung mit Zweipunktregler Schaltdifferenz $X_p=2K; 35/28^{\circ}C$ -Auslegung
- zentrales System
- horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle
- Strangleitungen innenliegend
- geregelte Pumpe
- Brennwertkessel (Aufstellung in der thermischen Hülle)
- mit Erdgas/Heizöl betrieben.

Eine andere Möglichkeit, besonders hygienisch warmes Trinkwasser zu erzeugen, bietet ein Durchlaufplattenwärmetauscher, der von der heißesten Stelle des Speichers bedient wird. Damit wird praktisch kein warmes Wasser vorgehalten, sondern immer nur bei Bedarf erzeugt.

Die ausschließlich solare Gebäudeheizung

Bei einer ausschließlich solaren Gebäudeheizung fangen die Kollektoren im Sommer die Solarenergie auf, die in großvolumigen, saisonalen Speichern zwischengelagert wird, da im Winter die solare Energieausbeute für die direkte Beheizung von Gebäuden zu gering ist. Der Beitrag, den die Sonne über solche Anlagenkonzepte für die Gebäudeheizung erbringen kann, sollte nicht überschätzt werden. Denn die

Sonne bietet leider im Winter, zur Zeit des größten Bedarfs, nur eine sehr geringe nutzbare Leistung. Der Wunsch nach einer echten solaren Gebäudeheizung lässt sich nur mit sehr aufwändigen und teuren Anlagenkonzepten verwirklichen.

Insbesondere die Speicher zur saisonalen Wärmebevorratung sind kostentreibend.

Eine ausschließlich solare Wärmeversorgung ist aus diesem Grunde derzeit noch nicht wirtschaftlich.

Zwei verschiedene Kollektortypen sind auf dem Markt. Neben dem Flachkollektor findet der Vakuumröhrenkollektor Einsatz.

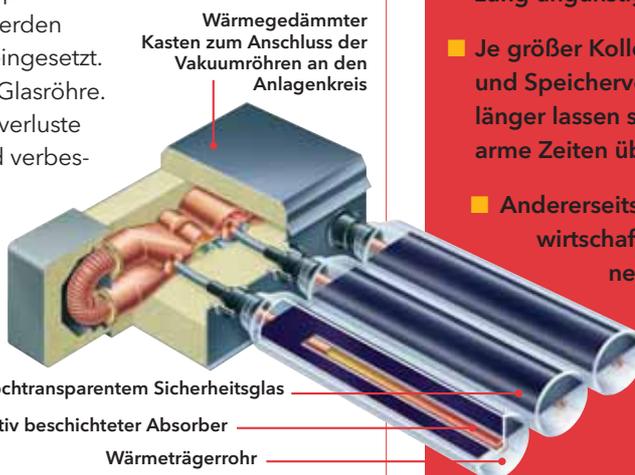


Der am meisten verbreitete Kollektortyp ist der Flachkollektor, der vor allem bei Anlagen zur reinen Trinkwassererwärmung besonders wirtschaftlich ist.

Verschiedene Beschichtungen ermöglichen bei den modernen Flachkollektoren gute Wirkungsgrade. Ein hochtransparentes, hagelfestes Sicherheitsglas schützt den meist aus Kupfer oder Aluminium gefertigten Absorber vor Beschädigung. Die Wärmeverluste steigen in etwa linear zur Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Außenluft an. Je höher das geforderte Temperaturniveau und je niedriger die herrschende Außentemperatur, umso geringer ist der Wirkungsgrad des Kollektors.

Bei niedrigen Außentemperaturen – so wie in unseren Breiten – werden auch die teureren Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt. Hier steckt der Absorber in einer evakuierten Glasröhre.

Dadurch werden Konvektions- und Wärmeleitverluste deutlich reduziert, und der Wirkungsgrad wird verbessert. Selbst im Winter können mit dieser Technik gute Erträge erwirtschaftet werden. Dadurch sind Röhrenkollektoren insbesondere bei Anlagen zur Heizungsunterstützung interessant. Ein anderer wichtiger Vorteil gegenüber Flachkollektoren ist der deutlich geringere Flächenbedarf.



Integration von Solaranlagen

■ Die Integration thermischer Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung ist grundsätzlich in allen Neubauten und vielen Altbauten möglich.

■ Je niedriger der Heizwärmebedarf, umso leichter lassen sich Solarenergiegewinne während der Übergangszeit zur Beheizung nutzen (wenig größer dimensionierte Kollektorfläche).

■ Großflächige Solarkollektoren, die einen wesentlichen Beitrag zur Beheizung von Gebäuden leisten sollen, führen im Sommer zu erheblichen (nicht nutzbaren) Wärmeüberschüssen.

■ Bei Passivhäusern beschränkt sich der Heizwärmebedarf auf die Kernzeit des Winters, so dass die Voraussetzungen zur aktiven solaren Beheizung ungünstig sind.

■ Je größer Kollektorfläche und Speichervolumen, umso länger lassen sich sonnenarme Zeiten überbrücken.

■ Andererseits gilt, dass aus wirtschaftlicher Sicht kleinere Anlagen in der Regel günstiger sind als große.

[Luft]

[Wasser]

[Erde]

[Buderus]

Das ganze Programm aus einer Hand

Bei Buderus bekommen Sie Heizsysteme und Dienstleistungen aus einer Hand. Wir bieten Komplettpakete für zukunftsweisendes Heizen. Und einen eigenen Großhandel, der Sie kompetent berät. Weil alle Komponenten optimal aufeinander eingespielt sind und alles für die reibungslose Montage fertig vorbereitet ist, haben Sie mit Buderus leichtes Spiel.

Unsere Niederlassungen vor Ort beraten Sie gerne.



Wärme ist unser Element

Buderus
HEIZTECHNIK



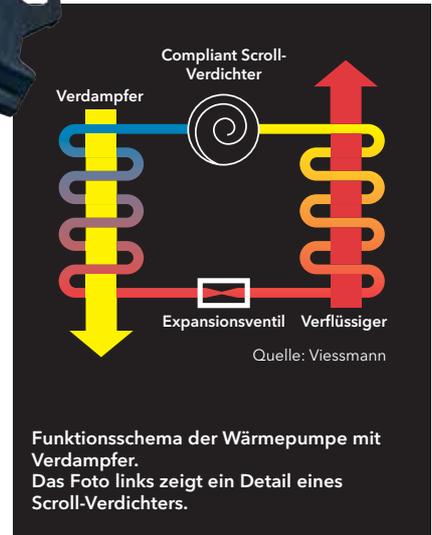
Nutzung von Umweltwärme: Die Wärmepumpe



Eine andere Technik zur Nutzung von Umweltwärme für die Gebäudeheizung ist der Einsatz von Wärmepumpen. Einer Wärmequelle mit möglichst hohem und konstantem Temperaturniveau wird die Wärme entzogen und für die Erwärmung des Heizungswassers genutzt.

dann als Wärmespeicher. Verflüssigt sich das Gas durch Druckerhöhung wieder, dann wird die zuvor gespeicherte Wärme wieder abgegeben. Der Kompressor der Wärmepumpe benötigt Antriebsenergie, das ist bei kleineren Anlagen in der Regel elektrische Energie. Bei Elektrowärmepumpen sollte die Jahresarbeitszahl (siehe Seite 57) größer als drei sein.

Große Wärmepumpen arbeiten auch mit Gas- oder Dieselverbrennungsmotoren. Sie werden allerdings kaum für den Einfamilienhausbau eingesetzt. Wärmepumpen lassen sich am wirksamsten nutzen, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabnehmer möglichst ge-

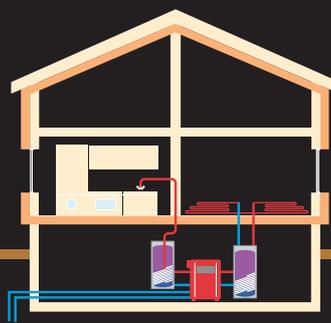


ring ist. Daher eignen sich Niedertemperaturheizungen mit großen Wärmeübergabeflächen, also zum Beispiel Fußbodenheizungen.

Das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe sieht wie folgt aus. Wenn ein Stoff durch Druckabfall vom flüssigen in einen gasförmigen Zustand wechselt, dann wird Verdampfungswärme benötigt, die der Umgebung entzogen wird. Das Gas dient

Nutzbare Wärmequellen für Wärmepumpen		
Wärmequelle	Vorteile	Nachteile
Luft	überall ausreichend verfügbar	extreme Temperaturschwankungen zwischen Sommer und Winter
Wasser	bei Grundwasser gleich bleibende Temperatur	Korrosion, da offenes System, nicht überall erschließbar, hohe Kosten für Wärmequellenanlage und -erschließung
Erdreich (Horizontalkollektoren, Erdsonden und erdberührte Betonteile)	konstante Temperatur, geschlossenes System	hohe Kosten für Erschließung





Bezug: Beispielgebäude Seite 35.

Beispiel

Systembeschreibung:

Mit gut abgestimmten Komponenten lassen sich mit einer Wärmepumpe für ein Einfamilienhaus Anlagenaufwandszahlen < 1 erzielen (vergleiche Seiten 31, 41, 53).

Warmwasserbereitung:

- gebäudezentrale Versorgung;
- ohne Zirkulation
- Verteilung außerhalb der thermischen Hülle
- indirekt beheizter Speicher
- Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle
- Heizungs-Wärmepumpe Wasser/Wasser mit Strom betrieben.

Lüftung:

- keine mechanische Lüftungsanlage.

Heizung:

- integrierte Heizflächen (zum Beispiel Fußbodenheizung)
- Einzelraumregelung mit Zweipunktregler Schaltdifferenz $X_p=2K$; 35/28°C-Auslegung
- zentrales System
- horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle
- Strangleitungen innen liegend
- geregelte Pumpe
- Pufferspeicher vorhanden
- Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle
- Elektrowärmepumpe Wasser/Wasser.

mequelle gerade bei hohem Energiebedarf im Haus besonders kalt ist. Wärmepumpen mit Luft als Wärmequelle weisen daher einerseits eine recht ungünstige Jahresarbeitszahl auf, erfordern andererseits aber relativ niedrige Investitionskosten.

Grundsätzlich gilt, dass Grundwasser als Wärmequelle bevorzugt werden sollte, da Grundwasser/Wasser-Wärmepumpen die höchste Effizienz erreichen. Mit einer Förderpumpe wird der Grundwasserströmung über einen Saugbrunnen Wasser entnommen. Das Wasser gibt bis zu 5 Grad seiner Temperatur an das Kühlmittel ab, dann wird es über einen Schluckbrunnen dem Grundwasser wieder zugeführt.

Wegen der möglichen Wassergefährdung durch das Wärmeträgermedium unterliegt die Nutzung des Grundwassers der wasserrechtlichen Erlaubnis.

Eine Alternative zum Grundwasser ist das Erdreich als Wärmequelle. Die im Erdreich gespeicherte Wärme wird über horizontal verlegte Wärmetauscher (Erdkollektoren) oder über Erdsonden aufgenommen. Der Kollektor wird etwa 20 Zentimeter unter der örtlichen Frostgrenze verlegt. Die Fläche über dem Kollektor kann normal bepflanzt und genutzt werden. Ideal sind lehmige, feuchte Böden, ungünstig dagegen Kiesböden.

Im Prinzip kann auch die Außenluft als Wärmequelle genutzt werden. Nachteilig dabei ist, dass diese Wär-

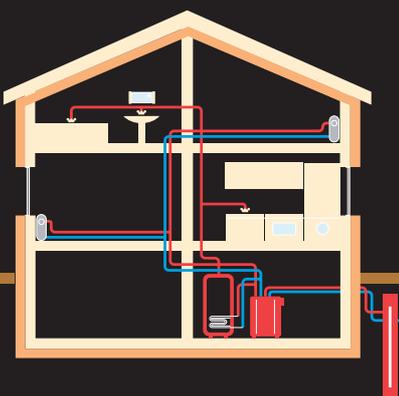
Die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen

Die Jahresarbeitszahl gibt das Verhältnis der Menge an nutzbarer Energie zur Menge der aufgewendeten Antriebsenergie – meistens elektrische Energie – an. Je höher die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist, umso effektiver arbeitet sie. Die Jahresarbeitszahl hängt stark von der Temperaturdifferenz zwischen erforderlicher Nutzwärme und der verfügbaren Umweltwärme ab. Sie sollte möglichst gering sein und kann durch den Einsatz von Niedertemperatursystemen (zum Beispiel Fußbodenheizungen) bei gutem baulichen Wärmeschutz verbessert werden. Wichtig ist auch die Wärmequelle: Mit erdgekoppelten oder mit Grundwasser-Wärmepumpen sind hohe Jahresarbeitszahlen, bei allerdings höheren Investitionskosten, deutlich einfacher zu realisieren, als wenn die Außenluft als Wärmequelle herangezogen wird.

In den vergangenen Jahren sind die Arbeitszahlen von Wärmepumpenanlagen kontinuierlich verbessert worden. Ein gutes Verhältnis von nutzbarer Wärme zu der eingesetzten elektrischen Energie ist aber auch erforderlich, da bei der Stromerzeugung schon viel Energie verloren gegangen ist. Gegenüber Heizungsanlagen mit Öl- oder Gas-Brennwertkesseln lassen sich durch den Einsatz von Wärmepumpen Schadstoffemissionen im Bereich Raumheizung und Warmwasserbereitung nur bei Jahresarbeitszahlen > 4 reduzieren.

Interessanter sind daher mit Gas betriebene Wärmepumpen, die derzeit entwickelt werden. Jahresarbeitszahlen von $> 1,5$ sind für diese Geräten bereits ein gutes ökologisches Zeugnis.

Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonde



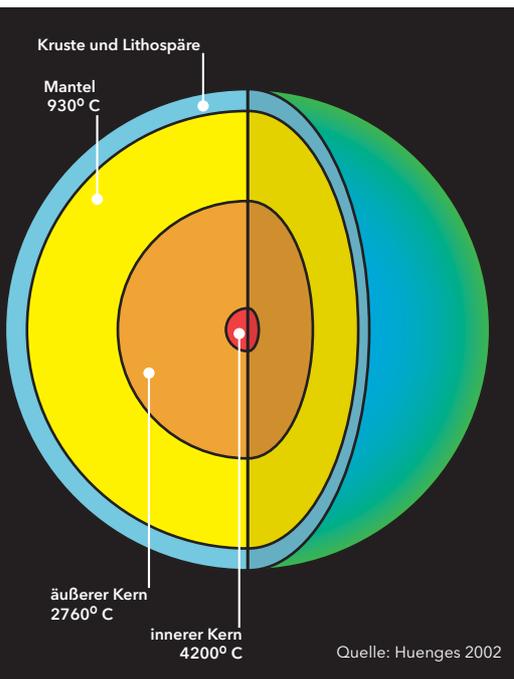
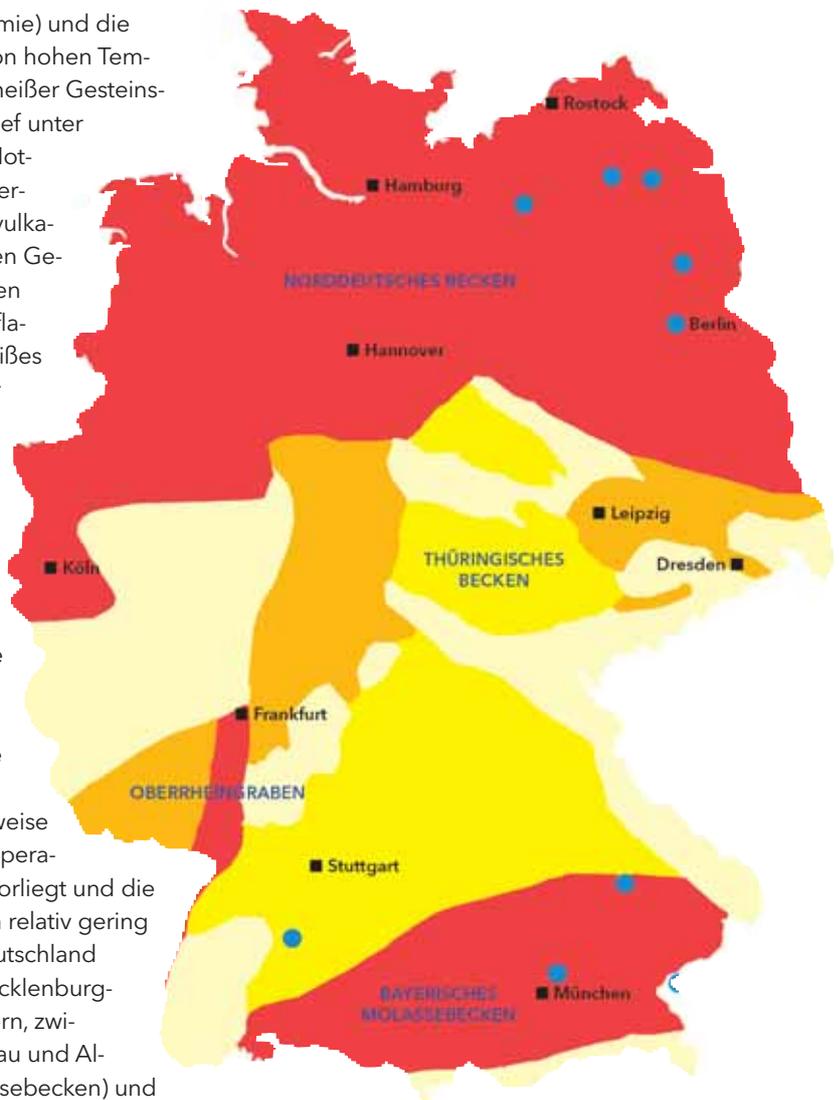


Nutzung von Umweltwärme: Geothermie

Wie Geysire und Vulkane zeigen, ist das Innere der Erde heiß. Je tiefer man in die Erde kommt, umso wärmer ist es. Berechnungen zufolge soll der Kern der Erde 4.000 bis 5.000 Grad heiß sein. Die Erdwärme kann mit unterschiedlichen Verfahren genutzt werden. Geothermie gehört weltweit zu den ergiebigsten erneuerbaren Energiequellen.

In Deutschland wird diese Energiequelle noch nicht in großem Stil kommerziell genutzt. Die beiden aussichtsreichen Verfahren sind: Das Anzapfen von heißen Wasservorkommen in großer Tiefe (hydrotherma-

le Geothermie) und die Nutzung von hohen Temperaturen heißer Gesteinsschichten tief unter der Erde (Hot-Dry-Rock-Verfahren). In vulkanisch aktiven Gebieten lassen sich Dampfzylinder und heißes Gestein zur Wärmeergänzung nutzen, das ist wirtschaftlich interessant, da die Wärme hier in geringerer Tiefe auf einem vergleichsweise hohen Temperaturniveau vorliegt und die Bohrkosten relativ gering sind. In Deutschland kann in Mecklenburg-Vorpommern, zwischen Donau und Alpen (Molassebecken) und im Oberrheingraben hydrothermale Geothermie genutzt werden. Es gibt 25 größere Anlagen mit einer Gesamtleistung von 66 Megawatt. Weltweit stehen insgesamt 17.000 Megawatt Leistung in Anlagen zur Wärmeergänzung und 8.000 Megawatt in Elektrizitätswerken zur Verfügung. Bei der hydrothermalen Geothermie wird heißes Wasser aus der Tiefe der Erde gefördert, über einen Wärmetauscher geleitet und die gewonnene Wärme in ein Fernwärmenetz eingespeist. Salzhaltige Thermalwässer werden anschließend durch ein weiteres Bohr-



Der Schnitt durch den Erdkörper zeigt den Aufbau und den physikalischen Zustand der Erde.

loch wieder in die wasserführende Schicht zurückgepumpt.

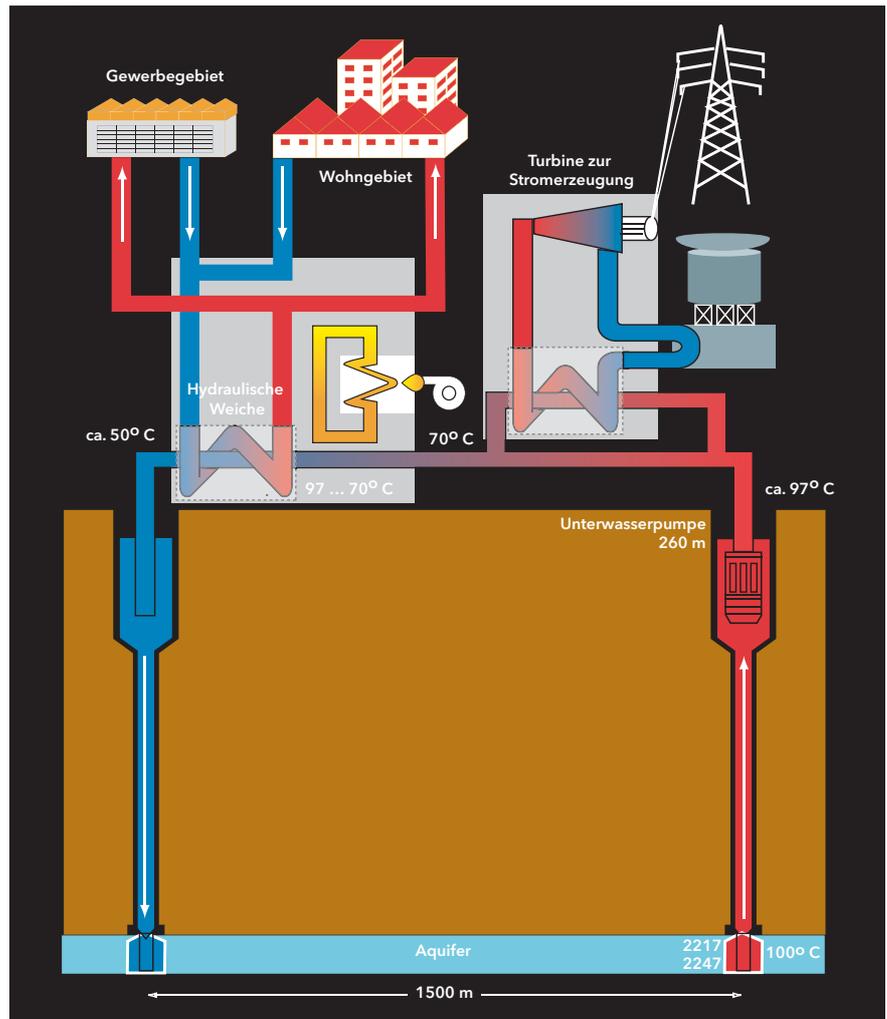
Beim Hot-Dry-Rock- (HDR) Verfahren nutzt man die in kristallinem Gestein enthaltene Wärme. Bei einer HDR-Anlage wird durch zwei Bohrungen zunächst Wasser mit hohem Druck (bis 150 bar) in die Gesteinsschicht gedrückt. So werden Risse geweitet, die sich im Gestein befinden und neue Risse bilden sich. Es entsteht ein System von circa 1 Millimeter großen Rissen, das wie ein unterirdischer, geothermischer Wärmetauscher funktioniert, durch das ein Gemisch aus natürlichen Tiefenwässern und eingepresstem Wasser zirkuliert. Das erwärmte Wasser wird dann an die Erdoberfläche gepumpt und genutzt.

Heizung und Kühlung der Parlamentsbauten in Berlin

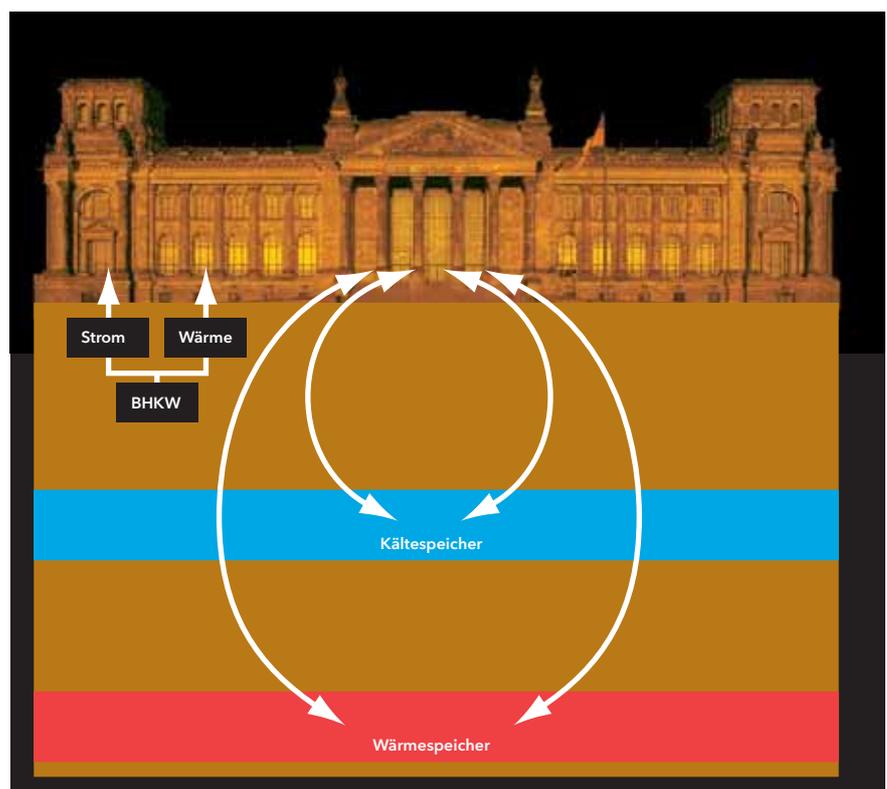
Wie geothermische Systeme in moderne Energieversorgungen integriert werden können, zeigen die Parlamentsbauten im Spreebogen in Berlin.

Für das Reichstagsgebäude und die umliegenden Büros und Dienstleistungseinrichtungen des Parlaments wurde ein Konzept entwickelt, das die gekoppelte Produktion von Strom, Wärme und Kälte in den Mittelpunkt stellt.

Zwei Aquifer-Speicher sind darin integriert. Der erste nimmt im Sommer die überschüssige Abwärme der Strom geführten Blockheizkraftwerke (3.200 kWel) auf und dient im Winter der Versorgung von umfangreich installierten Niedertemperaturheiznetzen 45/30 Grad Celsius. Das geschieht im direkten Wärmeübergang und mit Unterstützung von Absorptions-Wärmepumpen. Insgesamt werden 100 m³/h Speicherwasser umgewälzt.



Systemskizze zur Versorgung eines Gewerbe- und eines Wohngebietes mit geothermischer Energie.



Systemskizze der Heizung und Kühlung der Parlamentsbauten in Berlin.

Quelle: geothermie.de



Lüftungsbedarf in Wohnräumen

Die Lüftung von Gebäuden sollte kontrolliert und regelmäßig stattfinden.

Die Rahmenbedingungen im Niedrigenergiehaus mit luftdichter Gebäudehülle sind dabei ganz andere als im Gebäudebestand.

Aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen ist es erforderlich, die mit Gerüchen, Wasserdampf und Kohlendioxid belastete Innenraumluft regelmäßig auszutauschen.

Andererseits kann nicht unberücksichtigt bleiben, dass über die Lüftung im Winter viel Energie verloren geht und daher der Luftwechsel auf das hygienisch notwendige Maß beschränkt werden sollte.

Die meisten Menschen halten sich zwar den größten Teil des Tages in geschlossenen Räumen auf, zu den Belastungen, denen man dabei ausgesetzt ist, sind jedoch erst in den letzten Jahren Untersuchungen durchgeführt worden.

Im Gegensatz zur Belastung der Außenluft, für die der Gesetzgeber Grenzwerte für verschiedene Arten der Verschmutzung formuliert hat, gibt es solche verbindlichen Grenzwerte für die Luft von Innenräumen von Wohngebäuden bisher nicht.

Die Raumluftqualität wird durch etliche Faktoren beeinflusst. Die Anzahl der Personen, ihre Ausdünstungen (durch Rauchen oder Sport), die Emissionen aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen, Lacken und Farben, die Luftfeuchtigkeit, Gase und Stäube, Bakterien, Viren und Pilzsporen sind zu bewerten. Ein Richtwert, der häufig als geeignet angesehen wird, eine gesundheitliche Beeinträchtigung

des Menschen auszuschließen und ein behagliches Raumklima zu schaffen, liegt bei ca. 30 m²/h pro Person und mittlerer Aktivität. Als „Daumenwert“ ergibt sich daraus eine notwendige stündliche Luftwechselrate bei Wohnungen von 0,3 bis 0,8 und bei Büros von 1 bis 2. Ein Mindestluftwechsel von 0,3 pro Stunde ist in der DIN 1946-6 vorgeschrieben. Viele Fachleute halten allerdings deutlich höhere Luftwechsel-

raten für erforderlich. Das gilt insbesondere bei erhöhtem Schadstoffeintrag, beispielsweise durch Rauchen im Wohnbereich. Gerade dann ist es nicht einfach, den hygienisch erforderlichen Luftwechsel und Belange der Energieeinsparung verantwortungsvoll gegeneinander abzuwägen.

Passive und aktive natürliche Lüftung

Unter natürlicher Lüftung wird nicht nur die Fensterlüftung (aktive Lüftung) verstanden, sondern auch die „passive Lüftung“ über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, beziehungsweise über zusätzliche Öffnungen im Gebäude.

Diese Undichtheiten treten zum Beispiel bei Fensterfugen, schlecht ausgeführten Bauteilanschlüssen, Rollladenkästen, offenen Kaminen, Schächten, Zuluftöffnungen für Küchen und Speisekammern sowie Dachluken auf. Der natürliche Luftwechsel wird durch Druckdifferenzen zwischen dem Gebäudeinneren und der Umgebung infolge von Wind und Temperaturunterschieden verursacht. Er ist somit witterungsbedingten Schwankungen unterworfen.

Es liegt auf der Hand, dass diese Art der „passiven natürlichen Lüftung“ keinen effektiven Beitrag zur Regulierung der Raumluftfeuchte und der Frischluftversorgung leisten kann. Entweder sind die Undichtheiten so groß, dass ein erheblicher ständiger Wärmeverlust erfolgt und darüber hinaus der Wohnkomfort durch Zugerscheinungen beeinträchtigt wird, oder dieser passive Luftwechsel ist aus hygienischer Sicht absolut unzureichend. Als dritte Möglichkeit bleibt, dass sich diese Missstände je nach witterungsbedingten Druckdifferenzen abwechseln (siehe Seite 64). An einem kalkulierbaren Luftwechsel führt also kein Weg vorbei. Die Sicherstellung einer dich-

Foto: WERU AG



Luftwechselrate, das heißt, die stündliche Erneuerung der Raumluft bei Fensterlüftung.

Fensterstellung	Luftwechsel je Stunde
Fenster und Tür geschlossen	0,1 bis 0,3
Fenster gekippt, Rollläden geschlossen	0,3 bis 1,5
Fenster gekippt, Rollläden geöffnet	0,8 bis 4,0
Fenster halb geöffnet	5,0 bis 10,0
Fenster ganz geöffnet	9,0 bis 15,0
Querlüftung: gegenüberliegende Fenster und Zwischentüren geöffnet	10 bis 40

Quelle: RWE 98

ten Gebäudehülle ist deshalb unbedingt anzustreben, damit die „passive“ natürliche Lüftung möglichst niedrig gehalten und unkalkulierbare Luftwechsel vermieden werden.

Bei der Fensterlüftung (aktive natürliche Lüftung) ist die ausgetauschte Luftmenge stark von den Wetterverhältnissen abhängig, vor allem aber vom Lüftungsverhalten der Bewohner.

In der Praxis zeigt sich, dass ein Lüftungsverhalten, das gut genugdosiert ist, um unnötige Wärmeverluste zu vermeiden, und trotzdem den notwendigen Luftaustausch sicherzustellen, ein ausgeprägtes Problembewusstsein und ein hohes Maß an Disziplin voraussetzt. Nur dann kann eine Fensterlüftung bedarfsgerechte und effektive Frischluftversorgung sicherstellen.

Lüftungsanlagen versorgen zuverlässig mit dem Lebensmittel Luft und bieten ein hohes Maß an Komfort

Lüftungsanlagen können demgegenüber häufig weniger flexibel auf aktuelle Situationsänderungen reagieren. Sie bieten aber neben einer zuverlässigen Grundversorgung für die meisten Fälle die „richtigen“ Programme und somit ein hohes Maß an Komfort für die Wohnungsnutzer.

Aus diesem Grunde spielen auch im Bereich von Wohngebäuden technische Anlagen zur Sicherstellung des erforderlichen Luftwechsels eine immer größere Rolle. Im Vordergrund stehen dabei hygienische Aspekte. Dass sich über Lüftungsanlagen hinaus auch spürbare Energieeinsparungen realisieren lassen, ist natürlich ein willkommener Nebeneffekt. Niedrigstenergiehäuser und vor allem Passivhäuser lassen sich sogar ohne raumlufttechnische Anlagen nicht realisieren.

Gebäudedichtheit und Schimmelpilzbildung:

Mangelhafte Lüftung ist nicht nur ein Problem für den unmittelbaren Frischluftbedarf des Menschen, sondern birgt – vor allem im Altbau – das Risiko der Schimmelpilzbildung. Denn bei schlecht gedämmten Außenbauteilen und somit kalten Oberflächentemperaturen stellen sich leicht hohe Werte relativer Luftfeuchte ein, insbesondere im Bereich von Wärmebrücken. Wenn sich nun über einen längeren Zeitraum in der Nähe von Bauteiloberflächen mehr als 80 Prozent Luftfeuchtigkeit einstellen, ist die Basis für Schimmelpilzbildung geschaffen.

Tatsächlich haben aus diesem Grunde schon zahlreiche Altbaubewohner schlechte Erfahrung mit der energetischen Verbesserung ihres Wohnraums machen müssen. So stellte sich nach Austausch alter undichter Fenster gegen Fenster mit verbessertem Wärmeschutz, nicht selten auf der Innenseite der Bauteiloberflächen Schimmelpilz ein. Es wird nach der Sanierung also zu wenig der im Gebäude anfallenden Feuchtigkeit – immerhin „produziert“ jeder Mensch etwa 1,5 Liter Feuchtigkeit pro Tag – durch Lüftung abtransportiert.

Bauliche Sanierungsmaßnahmen und insbesondere auch die Forderung nach einer möglichst guten Gebäudedichtheit, stoßen daher verständlicherweise häufig auf Skepsis. So selbstverständlich die Beachtung der Raumlufthygiene im Zuge von Sanierungsmaßnahmen sein sollte – undichte Gebäudehüllen sind nur scheinbar eine Lösung. Besser wäre es schon, durch eine gleichzeitige Dämmung der Außenbauteile die inneren Oberflächentemperaturen so weit anzuheben, dass die relative Luftfeuchtigkeit keine kritischen Auswirkungen annehmen kann. Vor allem aber sollte man sich verdeutlichen, dass Schimmelpilzbildung meist nur der drastischste, da sichtbare Hinweis auf eine mangelhafte Luftqualität ist. Gute Luft sollte man nicht dem Zufall, also schlechten Fenstern oder mangelhaften Bauteilanschlüssen überlassen. Nur verantwortungsvolles Lüftungsverhalten sichert die Qualität des Lebensmittels Luft, gegebenenfalls mit Unterstützung von raumlufttechnischen Anlagen. Für deren Funktionsfähigkeit ist wiederum eine luftdichte Gebäudehülle unverzichtbare Voraussetzung.

Beispiele für durchschnittliche tägliche Wasserdampfabgabe (Feuchtelast) in Drei-Personen-Haushalten

Raum	Quellen	Wassermenge in g/d	
		Beispiel 1	Beispiel 2
Küche	Kochen und Feuchtreinigung	3.000	800
Bad/WC-Raum	Waschmaschinenlauf	150	0
	Duschbad	650	800
	Wäschetrocknen	nicht untersucht	1.250
Andere Räume	ruhende Person	960	2.550
	aktive Person	2.430	
	Topfpflanzen	3.600	720
	Sonstiges, z. B. nasse Kleidung	200	700
	freie Wasserflächen	480	
Wohnung	alle	11.470	6.820

Quelle: Heinz, E. (2000): Kontrollierte Wohnungslüftung, Verlag Bauwesen, Berlin



Lüftung über raumluftechnische Anlagen

Beim energiebewussten Bauen ist die eingesetzte Lüftungstechnik ein zentraler Aspekt.

Um die hygienischen und energetischen Anforderungen an eine gute Lüftung zu erfüllen, haben sich folgende Anlagen bewährt.

Zentrale Abluftanlagen mit dezentraler Zuluft

Bei diesen Anlagen wird die Luft aus Räumen mit hoher Schadstoffbelastung und Feuchtigkeit (Bad, Küche, WC) abgesaugt und nach außen abgeführt. Über regelbare Ventile in der Außenfassade oder über Ventile in Fenstern beziehungsweise Rollladenkästen strömt frische Luft nach und wird den Aufenthaltsräumen (Wohnen, Schlafen) zugfrei zugeführt. Bei dieser Variante entsteht nur ein geringer Installationsaufwand, die Kosten sind niedrig und Wartung und Kontrolle sind unkompliziert. Gute Abluftventilatoren haben geringe Schallemissionen und weisen meist einen niedrigen Stromverbrauch auf.

Die zentrale Abluftanlage wird im Niedrigenergiehausbereich häufig mit einer Wärmerückgewinnungsanlage kombiniert. Dabei wird mit einer Ab-

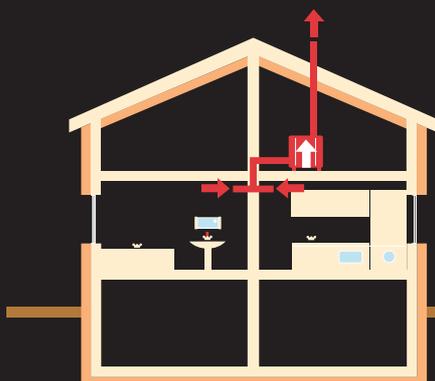
luftwärmepumpe der Abluft Wärme entzogen und einem Wasserspeicher zugeführt, der die Wärme für die Warmwasserbereitung und/oder die Raumheizung zur Verfügung stellt.

Lüftungsanlagen mit zentraler Zu- und Abluft

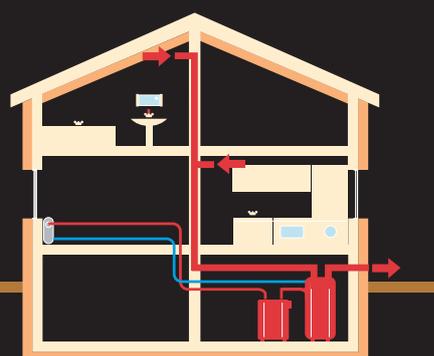
Hierbei werden Zu- und Abluft über ein jeweils eigenes Leitungsnetz transportiert. Die Aufteilung des Gebäudes in Zu- und Abluftzonen, die durch Überstromzonen verbunden werden, besteht auch hier. Das Verfahren ist im Vergleich zu den zentralen Abluftanlagen mit dezentraler Zuluft aufwändiger, hat jedoch folgende Vorteile: Es besteht die Möglichkeit der Luft-Luft-Wärmerückgewinnung zur Energiegewinnung, im Vorwärmen der Frischluft, in dem dadurch reduzierten Heizleistungsbedarf des Gebäudes, in der geringeren Zahl der Öffnungen der Haus-

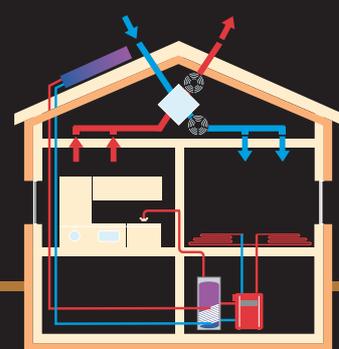
wand (eine Öffnung für Abluft, eine für Zuluft), in der zentralen und somit einfach zu kontrollierenden Filtertechnik und nicht zuletzt in der Möglichkeit des Einsatzes eines Erdreichwärmetauschers zum Vorwärmen der frischen Außenluft. Aus diesen Gründen werden Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft fast ausschließlich in Verbindung mit einem Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung konzipiert. Dabei werden der Abluft 70 bis über 90 Prozent der Abluftwärme entzogen und zur Erwärmung der Zuluft eingesetzt. Damit dieses energetisch interessante System auch primärenergetisch effektiv ist, sollte auf einen guten elektrischen Wirkungsgrad der Ventilatorenantriebe geachtet werden. Gute Ventilatoren verbrauchen in Abluftanlagen weniger als 30 Watt (Jahresstrombedarf 120 bis 200 kWh) und in Anlagen mit Wärmerückgewinnung weniger als 100 Watt (Jahresstrombedarf 300 bis 450 kWh). Für jede verbrauchte kWh Strom für die Ventilatoren müssen Lüftungsanlagen mindestens 5 kWh Wärme gewinnen. Gute Anlagen schaffen ein Verhältnis von 8 bis 14 kWh Wärme je eingesetzter Kilowattstunde Strom und tragen damit zum Einsparen von Primärenergie bei.

Zentrale Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung



Zentrale Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung über Elektrowärmepumpe





Bezug: Beispielgebäude Seite 31.

Beispiel

Systembeschreibung:

Lüftungsanlagen können auch die Effizienz der Wärmeversorgung verbessern (vergleiche die Seiten 31, 41, 53, 57).

Warmwasserbereitung:

- gebäudezentrale Versorgung;
- ohne Zirkulation
- Verteilung innerhalb der thermischen Hülle
- bivalenter Solarspeicher;
- Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle
- Brennwert-Kessel mit Erdgas/Heizöl betrieben
- mit solarer Trinkwassererwärmung.

Lüftung:

- zentrale Zu-/Abluftanlage mit Verlegung der Verteilungen innerhalb der thermischen Hülle
- Anlagenluftwechsel $n=0,4 \text{ h}^{-1}$
- Gleichstromventilator (DC)
- mit Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager (Wärmebereitstellungsgrad 80 Prozent).

Heizung:

- integrierte Heizflächen (zum Beispiel Fußbodenheizung)
- Einzelraumregelung mit Zweipunktregler Schaltdifferenz $X_p=2\text{K}$; $35/28^\circ\text{C}$ -Auslegung;
- zentrales System
- horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle
- Strangleitungen innen liegend
- geregelte Pumpe
- Brennwertkessel (Aufstellung in der thermischen Hülle) mit Erdgas/Heizöl betrieben.

Im Sommer bietet es sich bei höheren Außentemperaturen an, durch eine Bypasslösung den Wärmetauscher zu umgehen. In vielen Fällen empfiehlt es sich allerdings auch, im Sommer auf den Betrieb der Lüftungsanlage gänzlich zu verzichten, um die Antriebsenergie und damit wertvolle Primärenergie einzusparen.

Auf folgende Qualitätsmerkmale ist bei Lüftungssystemen unbedingt zu achten:

- fachkundige Projektierung der nötigen Luftvolumenströme, Schalldämpfer und Filtertüten (besonders bei Allergikern)
- Kanalnetz mit ausreichenden Querschnitten, um Geräusche und hohen Stromverbrauch zu vermeiden
- Verwendung von geeigneten Materialien für das Kanalnetz (zum Beispiel Wickelfalzrohre aus verzinktem Stahl)
- Einsatz von Strom sparenden Zentralgeräten
- Einmessen der Anlage nach den projektierten Werten
- regelmäßige Wartung der Anlage, insbesondere Wechsel der eingesetzten Filter
- Reinigungsmöglichkeiten für das Kanalnetz vorsehen
- eine Lüftungsanlage ist kein Ersatz für eine Dunstabzugshaube, die im Umluftverfahren betrieben werden sollte.

Auch im Gebäudebestand können Lüftungsanlagen eingesetzt werden

Der Einbau von reinen Abluftanlagen ist auch im Gebäudebestand meist recht unkompliziert. Gegebenfalls können die vorhandenen Ablftschächte der Bäder und Küchen genutzt werden.

Sollten bei Modernisierungsmaßnahmen auch die Fenster erneuert werden, dann bietet es sich an, Außenluftöffnungen in die Fensteröffnungen zu integrieren, Durchbrüche in der Außenwand sind dann nicht erforderlich.

Der Einbau von Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ist dagegen etwas aufwändiger. Zu Problemen kann einerseits der Platzbedarf des Zentralaggregates führen, vor allem aber ist die Unterbringung der für die Zuluft erforderlichen Rohre in der Praxis häufig mit Schwierigkeiten verbunden. Die Zonierung und Abstimmung der Zu- und Abluftbereiche mit den entsprechenden Überströmzonen erfordert ebenfalls erhöhten Planungsaufwand, zumal die Sicherstellung des gewünschten Schallschutzes häufig nicht unproblematisch ist.

Dezentrale Lüftungsgeräte weisen inzwischen einen gute Energiebilanz auf und sind recht preiswert in Anschaffung und Montage

Wenn im Gebäudebestand Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung zur Anwendung kommen sollen, sind dezentrale Systeme häufig eine gute Alternative. Die Geräte werden einfach innenseitig auf der Außenwand montiert. Dezentrale Lüftungsgeräte gewährleisten für jeweils einen Raum den notwendigen Luftwechsel. Auch diese Geräte weisen inzwischen einen gute Energiebilanz auf und sind recht preiswert in Anschaffung und Montage, zumal sich ihr Einsatz gegebenenfalls nur auf einzelne problematische Räume beschränkt. Allerdings sollte insbesondere bei einer Verwendung in Schlafräumen bedacht werden, dass von den Geräten gewisse Geräuschemissionen ausgehen.

$\eta_{op} = 1,04$



Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Zusatzheizung

Zentrale Lüftungsanlagen haben über die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung hinaus einen weiteren Vorteil, welcher im Zentrum der Passivhausidee steht. Da zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste in Niedrigstenergiehäusern auf eine Lüftungsanlage ohnehin nicht verzichtet werden kann und da eine zentrale Lüftungsanlage geeignet ist, die im Wärmetauscher der Abluft entzogene Wärme wieder den Räumen zuzuführen, liegt der Gedanke nahe, über dieses Gerät auch die Verteilung der zusätzlich benötigten Heizwärme vorzunehmen. Dann könnte auf eine konventionelle Heizung vollständig verzichtet werden und die eingesparten Kosten könnten dem Wärmeschutz zugute kommen. Dem Passivhauskonzept liegt also eine wirtschaftliche Grundidee zugrunde.



Interessant ist eine Luftheizung noch aus anderen Gründen: Sie weist zum Beispiel nicht die technischen Risiken eines Heizungssystems mit Wasser als Wärmeträger auf. Leckagen sind weniger problematisch, Korrosionsschäden sind ebenso wenig zu befürchten wie Schäden durch Ablagerungen in den Rohren. Decken und Wände können ohne Heizungsrohre einfacher aufgebaut sein und Heizkörper stören nicht bei der Einrichtung der Räumlichkeiten. Bei einer solchen Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erwärmung der Zuluft han-

delt es sich nicht um eine Umluftheizung oder eine Klimaanlage. Es wird als Zuluft ausschließlich Außenluft zur Verfügung gestellt, die lediglich auf die gewünschte Temperatur aufgeheizt wird. Daher wird in diesem Zusammenhang häufig auch von „Frischluftheizung“ gesprochen. Allerdings hat Luft als Wärmeträger einen erheblichen Nachteil: Gegenüber Wasser kann Luft erheblich weniger Wärme aufnehmen ($0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$) gegenüber $1163 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$. Um unangenehm hohe Luftgeschwindigkeiten und eine zu große Temperaturerhöhung der Zuluft zu vermeiden, die

nicht nur unangenehm, sondern wegen der möglichen Verschmelzung von Staubpartikeln auch hygienisch problematisch ist, setzt diese Art der Luftheizung einen extrem niedrigen Heizleistungsbedarf voraus. Das bedeutet, dass die Räume eines extrem guten Wärmeschutzes bedürfen, damit eine sehr geringe Leistung zur Beheizung ausreicht. Die Heizleistung in Passivhäusern beträgt maximal $10 \text{ W}/\text{m}^2$, die zu dem für Passivhäuser typischen Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh pro Quadratmeter und Jahr führen. Die Einsparungen bei der Heizungsanlage müssen daher vollständig

Luftdichtheit:

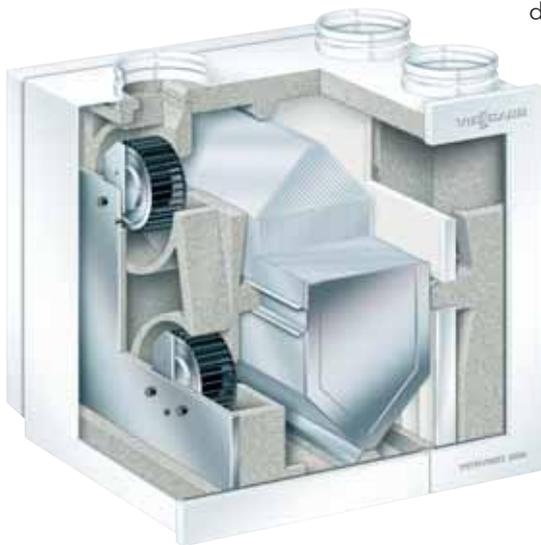
Eine höhere Gebäudedichtheit führt zu geringeren Lüftungswärmeverlusten. Die EnEV schreibt vor, dass alle Gebäude „luftdicht“ zu bauen sind. Dafür wurden konkrete, messbare Werte festgelegt. Bei einem Luftdichtheitstest (bekannt ist der so genannte „Blower-Door-Test“) wird ein künstliches Druckgefälle zwischen einem Gebäude und seiner Umgebung von 50 Pascal erzeugt. Unter diesen Bedingungen darf bei einem Wohngebäude ein dreifacher Luftwechsel pro Stunde ($n < 3,0 \text{ h}^{-1}$) nicht überschritten werden. Für Gebäude, die den Blower-Door-Test bestehen, kann beim Primärenergie-nachweis nach EnEV ein Bonus angesetzt werden. Bei einem gängigen Einfamilienhaus führt dies zu einer Reduktion des angesetzten Primärenergiebedarfs von etwa 5 bis $7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Bei der Verwendung einer Wohnungslüftungsanlage ist der Blower-Door-Test sogar verpflichtend. Um die Energieeinsparung einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung ansetzen zu können, darf ein 1,5facher Luftwechsel bei 50 Pascal Druckdifferenz (n_{50} -Wert $n = 1,5 \text{ h}^{-1}$) nicht überschritten werden.



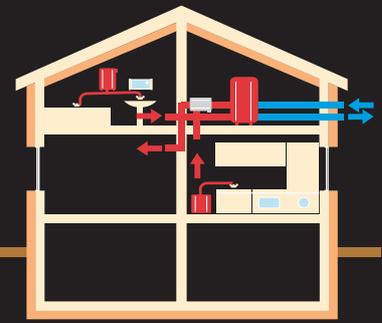
Auch wenn eine Lüftungsanlage zum Einsatz kommt, bedarf es einer Dunstabzugshaube, um die Kochdünste und insbesondere Fett aus der Luft herauszufiltern.

der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes zufließen. In der Praxis sind Passivhäuser aufgrund der notwendigen hohen baulichen Standards (einschließlich der extremen Luftdichtheit) geringfügig teurer (etwa fünf bis zehn Prozent) als vergleichbare Gebäude mit EnEV-Standard. Allerdings bestehen angesichts steigender Energiekosten gute Aussichten, dass sich diese Mehrinvestitionen während der Betriebszeit des Gebäudes amortisieren. Umso mehr sollte aus ökologischer Sicht Sorgfalt bei der Auswahl der Anlagentechnik für die

Das Herzstück einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist der Wärmetauscher



Trinkwassererwärmung und die Restheizwärme aufgebracht werden. Viele der gängigen Wärmeerzeuger, die natürlich auch im Passivhaus eingesetzt werden können sind - vor allem im Einfamilienhausbereich - überdimensioniert. Die verlockende Möglichkeit, es bei preiswerten elektrischen Wärmeerzeugern zu belassen, kann - primärenenergetisch betrachtet - das Gesamtkonzept erheblich beeinträchtigen. Umgekehrt wirken die hohen Investitionen für regenerative Heizsysteme wie Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Pelletöfen angesichts des geringen Energiebedarfs von Passivhäusern unverhältnismäßig. Die wirtschaftliche Pointe des Konzeptes ist dann nicht mehr gegeben und auch der ökologische Vorteil gegenüber Niedrigenergiehäusern, die mit der gleichen Anlagentechnik versorgt werden können, schwindet. Ansatzpunkte zur Lösung dieses Problem gibt es aber: Die so genannten Kompaktaggregate mit integrierten Kleinstwärmepumpen weisen bereits gute Effizienzwerte auf. Die Entwicklung kleiner gasbefeuerter Wärmeerzeu-



Passivhäuser

- Auf Grund des niedrigen Heizwärmebedarfs kann in der Regel auf ein wassergeführtes Heizsystem verzichtet werden.
- Die Lüftung erfolgt über eine zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung.
- Der Restwärmebedarf wird über die Lüftungsanlage abgedeckt (zentrale Zulufterwärmung, seltener dezentral, über eine Kleinstwärmepumpe).
- Zuluftführung in Aufenthaltsräumen (Wohn- und Schlaf-räume), Abluft aus Küche und Bädern.
- Warmwasserbereitung zentral über eine Kleinstwärmepumpe, evt. zusätzlich thermische Solaranlage.

Merkmale eines Passivhauses

- Guter Wärmeschutz und Kompaktheit
- Südorientierung und Verschattungsfreiheit
- Superverglasung und Superfensterrahmen
- Luftdichtheit des Gebäudes
- Passive Vorerwärmung der Frischluft
- Hochwirksame Rückgewinnung der Wärme aus der Abluft
- Erwärmung des Trinkwassers mit teilweise regenerativen Energien.

ger wird vorangetrieben und könnte - zum Beispiel bei Nutzung von Biogas - die Primärenergiebilanz von Passivhäusern bei guter Wirtschaftlichkeit weiter verbessern. Angesichts der vielen Innovationsimpulse, die schon von der Passivhausidee ausgingen, ist hier in Zukunft noch einiges zu erwarten.



Ratschläge für die Umsetzung

Im vorangegangenen Teil der Broschüre wurden Ihnen vielfältige Beispiele vorgestellt, die belegen, dass sich durch eine gute Planung Gebäude realisieren lassen, die die Umwelt nur wenig belasten und zugleich wirtschaftlich vernünftig sind.

Das gilt für Neubauten wie für Gebäude aus dem Bestand.

Es wurde eine Vielzahl von Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Wärmeversorgung von Wohngebäuden in unscheinbaren Details verbessert werden kann und welche Möglichkeiten der Wärmeerzeugung für Wohngebäude grundsätzlich gegeben sind.

Sie haben aber auch feststellen können, dass mit der Energieeinsparverordnung als der wesentlichen gesetzlichen Grundlage für den energetischen Gebäudeentwurf

hohe Anforderungen an eine verantwortungsvolle integrale Planung gestellt sind.

Deshalb sollten Sie bei der Sanierung von Altgebäuden oder dem Bau eines neuen Hauses folgende Ratschläge und Vorgehensweise beachten:

Geeignete Ansprechpartner

- Wählen Sie Ihren Ansprechpartner sorgfältig aus, holen Sie Referenzen ein!
- Nutzen Sie auch die zum Teil regional vorhandenen, neutralen Beratungsangebote von Städten und Kommunen.

Kompetente Planung

Die Kompetenz und Bereitschaft Ihres Planungspartners, die Entwicklung eines Energiekonzeptes schon in einem frühen Stadium als wesentlichen Planungsaspekt im Auge zu haben, kann eine erhebliche Kostenersparnis bewirken.

Oftmals werden bei Altbaumodernisierung nicht alle Modernisierungsmaßnahmen zeitgleich umgesetzt. Eine umfassende und detaillierte Beratung und die Erstellung eines Gesamtkonzeptes mit der Planung der zeitlichen Umsetzung einzelner Maßnahmen sind in diesem Falle von besonderer Bedeutung. Wichtig ist zum Beispiel, dass Instandsetzungszyklen beachtet werden und spätere Maßnahmen problemlos und ohne Zusatzkosten umgesetzt werden können.

Energiepass

Wichtige Informationen und Entscheidungshilfen für die Gebäudemodernisierung bietet Ihnen der Energiepass Hessen. Dieser Service wird gegen eine geringe Gebühr vom IMPULS-Programm Hessen angeboten. Mit Hilfe eines Fragebogens, den Sie unter www.hessische-energiespar-aktion.de aus dem Internet herunterladen können, lassen sich die Einsparmöglichkeiten in Ihrem Haus ermitteln. Die benötigten Daten Ihres Gebäudes tragen Sie selbst ein. Das Ausfüllen des Fragebogens dauert etwa ein bis zwei Stunden, eine Eigenleistung, die sich lohnt, denn der „Energiepass Hessen“ ist ei-

ne gute und verlässliche Entscheidungsgrundlage für Ihre anstehende Gebäudemodernisierung.

Der „Energiepass Hessen“ beantwortet folgende Fragen:

- Welche Energiespartechniken sind für mein Haus geeignet?
- Wie hoch könnte die Einsparung bei meinem Haus sein?
- Welche Kosten würden durch die Maßnahmen entstehen?
- Wie hoch könnte mein wirtschaftlicher Nutzen sein?
- Welche Förderungen gibt es für mich?

Vor-Ort-Energieberatung

Von noch höherer Qualität als der Energiepass Hessen ist eine „Vor-Ort-Energieberatung“. Die „Vor-Ort-Energieberatung“ durch qualifizierte Fachleute führt zu einer differenzierten Bestandsaufnahme des Gebäudes, liefert wertvolle Hinweise über gesetzliche Grundlagen, über bauphysikalische Notwendigkeiten und über wirtschaftliche Auswirkungen der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen. Die „Vor-Ort-Energieberatung“ wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA, siehe Adressenliste, Seite 68) gefördert.

Fördergelder beantragen

Das Ergebnis der vom BAFA geförderten „Vor-Ort-Energieberatung“ zeigt zusätzlich auch Fördermöglichkeiten auf und dient häufig als Grundlage der Beantragung von Fördermitteln, zum Beispiel Förderkredite der KfW Förderbank.

Es existieren zahlreiche Förderprogramme für energetische Modernisierungen. In der Regel wird die Förderung aber nur gewährt, wenn mit dem Vorhaben noch nicht begonnen wurde. Deshalb sollten Sie frühzeitig prü-

fen, ob Fördermittel in Anspruch genommen werden können. Eine Zusammenstellung der Bundes- und Landesprogramme (Stand Juni 2004) zeigt die Tabelle auf den Seiten 68 und 69. Eine regelmäßig aktualisierte Übersicht finden Sie im Internet unter den Adressen www.hessenENERGIE.de sowie www.energiefoerderung.info.

Der Bürgerinformationsdienst BINE im Fachinformationszentrum Karlsruhe bietet eine Förderdatenbank mit Namen FISKUS als CD-ROM an. Zum Teil gewähren auch die Kommunen oder die örtlichen beziehungsweise regionalen Energieversorgungsunternehmen Fördermittel. Erkundigen Sie sich nach solchen Programmen bei Ihrer Kommune.

Planungsinstrumente nutzen

Noch immer erfolgen Entwurfsplanung und die Entwicklung eines Wärmeversorgungs-konzeptes für einen Neubau viel zu oft unabhängig von einander, oder der EnEV-Nachweis wird als lästige Pflicht „im Vorübergehen erledigt“. Ein solcher „konventioneller“ Planungsablauf geht auf Ihre Kosten, lässt große Möglichkeiten zur Einsparungen unge-nutzt bei den Investitionen selbst, aber natürlich auch bei den Folgekosten. Ein besonders energiesparendes Ge-bäude wie das KfW 60-Haus (Infos hierzu bei der dena) muss beispiels-weise keineswegs mehr kosten als ein Gebäude nach EnEV-Standard; es kann – bei intelligenter Planung – sogar weniger kosten, und es lässt sich deutlich günstiger finanzieren und senkt die Betriebskosten.

Checklisten

Bevor Sie kompetente Fachleute hinzu-ziehen, können Sie selbst in einem ers-ten Schritt ermitteln, wie Sie Ihr Sanie-

Literatur zum Thema

Zu den Themen Wärmeversorgung und energetische Modernisierung stehen Ihnen zahlreiche Broschüren und Bücher zur Verfügung. Im Folgenden sollen einige Informationsquellen genannt werden. Diese Liste stellt selbstverständlich nur eine sehr kleine Auswahl dar.

Informationsblätter und Bücher zum Thema Wärmeversorgung, wie „Blockheizkraftwerke“, „Solare Wärme“, „Energieeffiziente Wohngebäude“
Hrsg.: Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Informationen mbH
(BINE-Informationsdienst)
Telefon: 02 28 - 92 37 90
Download unter: www.bine.info

Energiesparinformationen des Landes Hessen – Broschürenreihe
Hrsg.: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und
Landesentwicklung
Telefon: 06 11 - 815-26 08
Download unter:
www.wirtschaft.hessen.de/ministerium/energie/projekte.html

„Ratgeber zur energetischen Gebäudemodernisierung“
Hrsg.: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und
Landesentwicklung
Telefon: 06 11 - 815-29 54
Download unter:
www.wirtschaft.hessen.de siehe Veröffentlichungen/Broschüren

Broschüren wie Ratgeber: „Wärmeversorgung im Neubau“, „Energieverbrauch und CO₂-Emmission: Heizsysteme im Niedrigenergiehaus“, „Kostenvergleich Warmwasserbereitung“
Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE), Kaiserslautern
Telefon: 06 31 - 3 60 90 70
Download unter: www.asue.de

Broschüren wie „Gesundes Wohnen durch richtiges Lüften und Heizen“ oder „Modernisierungsratgeber Energie“
Hrsg.: Deutsche Energie Agentur GmbH (dena), Berlin
Telefon: 0 30 - 72 61 65 60
Download unter: www.deutsche-energie-agentur.de

rungs- oder Neubauvorhaben energie-tisch aufwerten und insbesondere ein ökologisch hochwertiges und wirt-schaftlich günstiges Anlagenkonzept verwirklichen können. Die beiliegenden Checklisten ermög-lichen Ihnen festzustellen, was für Ihr Projekt gesetzlich vorgeschrieben, technisch erforderlich und energetisch wünschenswert ist.

Informationen nutzen

Bitte machen Sie von den in diesem Rat-geber zusammengetragenen Anschriften Gebrauch, etwa um technische Fragen zu klären oder um Ihre Kenntnisse zu Finanzierung- und Förderungsmög-lichkeiten zu aktualisieren, damit die not-wendigen und wünschenswerten Investi-tionen zur Energieeinsparung auch kostengünstig realisiert werden können.

Wichtige Adressen

Hier finden Sie eine Auswahl von Stellen, über die Sie vielfältige weitergehende Informationen zum Thema Wärmeversorgung und Energieeinsparung erhalten können.

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Telefon: 0 61 96 - 908-400
E-Mail: energiesparberatung@bafa.bund.de
www.bafa.de
- Förderdatenbank FISKUS und Internetübersicht von BINE
www.bine.info
- Hessische Energiespar-Aktion
Telefon: 0 61 51 - 29 04 58
www.hessische-energiesparaktion.de
- KfW Förderbank
Info-Hotline: 0 18 01 - 33 55 77
www.kfw-foerderbank.de
- Bundesweite Energie Hotline der Deutschen Energie Agentur (dena)
kostenfreie Info-Hotline: 0 80 00 - 736-734
www.deutsche-energie-agentur.de

Verbände, Innungen, Informationen

- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE)
www.asue.de
- Bundesverband Erneuerbare Energie e. V., Paderborn
Telefon: 0 52 52 - 93 98 00
www.bee-ev.de
- Handwerk in Hessen
Handwerkersuche unter: www.hessen.handwerk.de
- hessenEnergie GmbH
Ansprechpartner für Blockheizkraftwerke:
Wulf Hohmann
Telefon: 06 11 - 746 23 22
www.hessenENERGIE.de
- Initiative Solarwärme Plus
www.wasserwaermeluft.de/kampagne4
- Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
Telefon: 0 61 51 - 29 04 0
www.iwu.de
- Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen
Telefon: 0 66 22 - 60 63
E-Mail: livhessen@t-online.de
- Verbraucherzentralen Hessen e. V.
Telefon: 0 69 - 97 20 100
www.verbraucher.de
- Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK)
Telefon: 0 22 41 - 92 99 0
www.zentralverband-shk.de
- Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel
Telefon: 05 61 - 804 31 89
www.zub-kassel.de

Förderprogramme für

Zuwendungsgeber/Programm

Förderungen von Komplett- und

KfW Förderbank:
CO₂-Minderungsprogramm
Antrag über Hausbank

KfW Förderbank:
CO₂-Gebäudesanierungsprogramm
Antrag über Hausbank

KfW Förderbank:
Wohnraum-
Modernisierungsprogramm 2003
Antrag über Hausbank

Förderung von Wärmeerzeugern mit

Bundesamt für Wirtschaft
und Ausfuhrkontrolle (BAFA):
Marktanreizprogramm für
erneuerbare Energien
Antrag beim BAFA

Land Hessen
(nur für kommunale und kirchliche Träger)
Antrag bei der LTH

Förderung von Energieberatungen

Bundesamt für Wirtschaft
und Ausfuhrkontrolle (BAFA):
Vor-Ort-Beratung
Antrag beim BAFA

energetische Modernisierungen (Stand Juni 2004)

Geförderte Maßnahmen

Konditionen

Einzelmodernisierungen

unter anderem:

- Wärmeschutzmaßnahmen
- Kesselerneuerung
- Fernwärmeübergabestationen
- solarthermische Anlagen
- Pelletheisanlagen
- Blockheizkraftwerke
- Wärmepumpen.

- Maßnahmenpakete zur CO₂-Minderung und zur Energieeinsparung mit verschiedenen Kombinationen von Heizungserneuerung, Wärmedämmung, Fenstererneuerung und Umstellung des Heizenergieträgers mit Voraussetzung einer CO₂-Einsparung von mindestens 40 kg pro m² Gebäudenutzfläche (bzw. mindestens 35 oder 30 kg bei vermindertem Kredithöchstbetrag)
- Austausch von Einzelöfen, Nachtspeicherheizungen, Standard-Öl- und Gaskesseln durch moderne Heizanlagen gegebenenfalls in Verbindung mit thermischen Solaranlagen

- Bauliche Modernisierungen zur Gebrauchswertverbesserung sowie Instandsetzungsmaßnahmen zur Behebung baulicher Mängel durch Reparatur und Erneuerung (zum Beispiel Heizung, Dach, Fassade, Fenster)

Darlehen bis zu 100 Prozent der Aufwendungen, Auszahlung zu 96 Prozent Laufzeit in der Regel bis zu 20 Jahren, bei größeren Maßnahmen bis zu 30 Jahren mindestens ein, höchstens fünf Jahre tilgungsfrei fester Zinssatz für die ersten zehn Jahre aktueller Zinssatz siehe Faxabruf 069/7431-4214 oder www.kfw-foerderbank.de

Darlehen bis zu 100 Prozent der Investitionskosten, maximal: 250 € pro m² Wohnfläche bei umfassender Sanierung maximal 200 bzw. 150 € pro m² Wohnfläche bei CO₂-Einsparung von mindestens 35 beziehungsweise 30 bis 35 kg pro m² Gebäudenutzfläche max. 80 € pro m² Wohnfläche bei Austausch alter Heizanlagen Auszahlung zu 100 Prozent Laufzeit in der Regel bis zu 20 Jahren, bei größeren Maßnahmen bis zu 30 Jahren mindestens ein, höchstens fünf Jahre tilgungsfrei fester Zinssatz für die ersten 10 Jahre aktueller Zinssatz siehe Faxabruf 069/7431-4214 oder www.kfw-foerderbank.de Teilschulderlass bei Erreichung des Niedrigenergiehaus-Niveaus im Bestand von 20 Prozent des Darlehensbetrags

Darlehen bis zu 100 Prozent der Aufwendungen, maximal 250 € pro m² Wohnfläche Laufzeit in der Regel bis zu 20 Jahren, bei größeren Maßnahmen bis zu 30 Jahren mindestens ein, höchstens fünf Jahre tilgungsfrei fester Zinssatz für die ersten fünf oder zehn Jahre aktueller Zinssatz siehe Faxabruf 069/7431-4214 oder www.kfw-foerderbank.de

Einsatz erneuerbarer Energien

- Solarthermische Anlagen
- Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse

Zuschüsse

- für solarthermische Anlagen 110 € je angefangenem m² installierter Bruttokollektorfläche
- für automatisch beschickte Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse bis 100 kW Nennwärmeleistung: 60 € je kW errichteter installierter Nennwärmeleistung, mindestens 1.700 € bei Anlagen mit einem Kesselwirkungsgrad von mindestens 90 Prozent
- für Scheitholz-Vergaserkessel bis 100 kW Nennwärmeleistung: 50 € je kW errichteter installierter Nennwärmeleistung, mindestens 1.500 € bei Anlagen mit einem Kesselwirkungsgrad von mindestens 90 Prozent

- Solarthermische Absorberanlagen für kommunale Freibäder
- Pelletheisanlagen (bis 31.12.2004)

Zuschüsse

- für solarthermische Absorberanlagen in kommunalen Freibädern: bis zu 30 Prozent der förderfähigen Ausgaben
- für Pelletheisanlagen bis zu 30 Prozent der förderfähigen Ausgaben, maximal 10.000 € pro Anlage

- Energieberatung in Gebäuden, deren Baugenehmigung vor dem 1. 1. 1984 erteilt wurde und die zu über 50 Prozent Wohnzwecken dienen

Zuschuss

- zwischen 300 und 400 € je nach Anzahl der Wohneinheiten



Herausgeber:

**Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung**

Abteilung VI - Bauwesen, Städtebau, Wohnungswesen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
Telefon: 06 11 - 815-20 26
hmvvl@wirtschaft.hessen.de
www.wirtschaft.hessen.de



in Zusammenarbeit mit dem
Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel

Redaktion

Referat VI 2 -
Bautechnik und Bauphysik
Erich Jasch
Gerd Skoruppa
Brigitte Schneider
Telefon: 06 11 - 815-29 54

Text

Dr. Rolf-Michael Lüking,
Zentrum für Umweltbewusstes
Bauen e. V., Kassel

Gestaltung

Diplom-Designerin
Dorota Wojcicki-Wehnert,
Wiesbaden

Fotos und Grafiken

Karl Ernst Ambrosch,
Purgstall/Österreich; Argus,
Bernd Arnold/VISUM; Buderus
Heiztechnik GmbH; Preisträger;
Referat VI 2; SenerTec; Vaillant;
Viessmann Werke GmbH & Co;
WERU AG; Peter Widmann

Druck

A. Bernecker & Co. Druckerei KG,
Melsungen

1. Auflage im Juni 2004

Anmerkungen zur Verwendung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlkampfveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

HESEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Abteilung VI - Bauwesen, Städtebau, Wohnungswesen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
hmvvl@wirtschaft.hessen.de
www.wirtschaft.hessen.de

Der Hessen-Standard:

Das 10-Liter-Haus in Hessen -
aus Altbauten werden
bezügliche Energiesparhäuser.





Checkliste Heizungserneuerung

Damit Sie eine optimale Lösung für Ihre Heizungserneuerung finden, die Ihnen hilft, langfristig Kosten zu sparen, müssen Sie viele Details beachten. Diese Checkliste soll Sie durch die nachfolgenden Fragen auf wichtige Aspekte bei der Planung und Durchführung aufmerksam machen und Ihnen als Merktzettel dienen.

Sie ist auch zur Vorbereitung von Gesprächen mit Ihrem Fachplaner oder Handwerker gedacht und enthält ergänzend zum Ratgeberteil nochmals wichtige Hinweise und eine Zusammenfassung der Nachrüstpflichten.



Wärmeerzeuger

klären

1. Welches Alter hat die vorhandene Heizungsanlage, in welchem Zustand ist sie und erfüllt sie noch die EnEV- oder BImSchV-Anforderungen (siehe Seite 35)? _____
2. Ist eine neue Heizungsanlage oder ein Heizkesselaustausch notwendig und haben Sie die Möglichkeiten der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes ausgeschöpft, um die Anlage beziehungsweise den Kessel kleiner dimensionieren zu können? _____
3. Ist die Erneuerung oder Umrüstung von Komponenten notwendig (siehe Seite 35)? _____
4. Wurde auf stromsparende Umwälzpumpen (richtig ausgelegt, regelbar?), Brenner, Gebläse (Zielwert 2 kWh/m_a) geachtet? _____
5. Kann eine Lüftungsanlage installiert werden? _____
6. Haben Sie schon den Einsatz erneuerbarer Energien (Holzheizung, solare Heizungsunterstützung, Wärmepumpe) oder Brennwerttechnik geprüft? _____
7. Ist die Aufstellung des Kessels im beheizten Bereich des Gebäudes möglich? _____
8. Ist eine Schornsteinmodernisierung notwendig? _____
9. Ist die Heizungsregelung optimal eingestellt (Heizkurve vom Fachmann, Nachtabsenkung und Abschaltung bei Abwesenheit nach den Bewohnerbedürfnissen)? _____



Trinkwassererwärmung

10. Ist die Umstellung von dezentraler auf zentrale Warmwasserbereitung möglich? _____
11. Wie soll der Warmwasserspeicher aufgeheizt werden, über den Wärmeerzeuger der Heizungsanlage oder in Kombination mit einer thermischen Solaranlage (elektrische Nachheizung ist zu vermeiden)? _____
12. Wie alt ist Ihr Warmwasserspeicher, ist er ausreichend dimensioniert (siehe Seite 37) und gedämmt? _____
13. Kann auf eine Warmwasserzirkulation verzichtet werden (wenn nein, dann zeit- oder bedarfsgeführte Steuerung herstellen)? _____



Wärmeübergabe und Verteilung, Regelung

14. Stimmt die Heizkörpergröße (siehe Seite 36)? _____
15. Stimmt der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage? _____
16. Entsprechen die Thermostatventil dem Stand der Technik und wurde schon über elektronische Heizkörperregler nachgedacht? _____
17. Können Verteilleitungen, die warmes Wasser führen, innerhalb der beheizten Gebäudehülle verlegt werden? _____
18. Können nicht mehr benutzte Leitungsteile (Trinkwarmwasser) wegen der Legionellengefahr vom Verteilnetz abgetrennt werden? _____
19. Sind alle Verteilleitungen, die warmes Wasser führen (Heizung und Warmwasser), sowie Armaturen, Pumpen, Schellen und Bögen gedämmt (Dämmstärken siehe Seite 35)? _____
20. Können Waschmaschine und Spülmaschine an die Warmwasserleitung angeschlossen werden (siehe Seite 37)? _____

Anforderungen nach EnEV und 1. BImSchV:

Bitte denken Sie auch an die Anforderungen nach EnEV und 1. Bundes-Immissionsschutzverordnung (1. BImSchV). Hier nochmals für Sie eine Zusammenfassung der wichtigsten Forderungen, die zu beachten sind:

Wärmeerzeuger (§ 9 EnEV)

Wärmeerzeuger für flüssige und gasförmige Brennstoffe, die vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut wurden, müssen bis zum 31. Dezember 2006 außer Betrieb genommen werden.

Fristverlängerung bei Brennernachrüstung nach dem 1. November 1996 um zwei Jahre.

Bei Wohngebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen, von denen eine der Eigentümer bewohnt, sind diese Anforderungen nur bei einem Eigentümerwechsel mit zweijähriger Umsetzungsfrist zu erfüllen (siehe Seite 35). Diese Regelungen gelten nicht für bestehende Niedertemperatur- oder Brennwertkessel und Anlagen, deren Nennleistung weniger als 4 kW oder mehr als 400 kW beträgt.

Wärmeverteilungs- u. Warmwasseranlagen

Zugängliche Leitungen und Armaturen in unbeheizten Räumen müssen entsprechend EnEV Anhang 5 (Beispiel siehe Seite 35) gedämmt werden.

Regelung (§ 12 EnEV)

Zentrale Wärmeerzeuger und Pumpen müssen selbsttätig nach einer geeigneten Führungsgröße und der Zeit gesteuert beziehungsweise geregelt werden. Zusätzlich ist eine raumweise Regelung erforderlich (zum Beispiel Thermostatventile).

Pumpen (§ 12 EnEV)

Umwälzpumpen: Für Kessel mit einer Leistung größer als 25 kW sind geregelte Pumpe erforderlich.
Zirkulationspumpen: müssen selbsttätig ein- und ausschalten (zum Beispiel bedarfsorientierte Zeitschaltuhr oder Zirkulation an Sensoren beziehungsweise Lichtschalter gekoppelt).

Grenzwerte für die Abgasverluste (1. BImSchV)

Nach dem 1. November 2004 dürfen Wärmeerzeuger gemäß 1. BImSchV nur noch folgende Abgasverluste haben.

Überschreiten die Abgasverluste den festgelegten Wert, ist der Kessel zu erneuern.

- Kessel Nennwärmeleistung von 4 bis 25 kW:
q_A maximal 11 Prozent
- Kessel Nennwärmeleistung über 25 bis 50 kW:
q_A maximal 10 Prozent
- Kessel Nennwärmeleistung über 50 kW:
q_A maximal 9 Prozent.

HESSEN



**Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung**

Abteilung VI – Bauwesen, Städtebau, Wohnungswesen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
hmwl@wirtschaft.hessen.de
www.wirtschaft.hessen.de

Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

HESSEN



Kostenvergleich verschiedener Heizsysteme

für ein Einfamilienhaus



Kostenvergleich verschiedener Heizsysteme für ein Einfamilienhaus

Brennstoff	Pellets	Scheitholz
Anlagentyp	Pelletfeuerung, automatisch mit Boiler 500 l	Scheitholzfeuerung, halbautomatisch mit Boiler 500 l
Investitionen		
■ Wärmeerzeuger komplett	8.500 Euro	4.200 Euro
■ Speicher	1.300 Euro	1.300 Euro
■ Lagerung/Tank/Gasanschluss	2.500 Euro	800 Euro
■ Schornstein/ Abgasleitung	1.900 Euro	1.900 Euro
■ Gas/ Elektroinstallationen	600 Euro	600 Euro
■ Hausinterne Verteilung	3.500 Euro	3.500 Euro
Summe	18.300 Euro	12.300 Euro
Förderung Markteinführungsprogramm (maximaler Zuschuss)	- 1.700 Euro	
Summe Investition	16.600 Euro	12.300 Euro
Nutzungsdauer Kesselanlage + Zubehör	15 Jahre	15 Jahre
Jahreswärmebedarf Heizung und Warmwasser Anlagenutzungsgrad	16 MWh 92 Prozent	16 MWh 87 Prozent
Jahresbrennstoffbedarf Jahresbrennstoffbedarf (Weiterrechnungswert)	17,4 MWh_(Heizwert) 17,4 MWh _(Brennwert)	18,4 MWh_(Heizwert) 18,4 MWh _(Brennwert)
Betriebsgebundene Kosten		
Wartung/ Reinigung/ Instandhaltung	240 Euro/Jahr	240 Euro/Jahr
Schornsteinfeger	100 Euro/Jahr	100 Euro/Jahr
Versicherung	0 Euro/Jahr	0 Euro/Jahr
Hilfsenergie	50 Euro/Jahr	20 Euro/Jahr
Summe betriebsgebundene Kosten	390 Euro/Jahr	360 Euro/Jahr
Kapitalgebundene Kosten		
Zinssatz	4 Prozent	4 Prozent
Investitionskosten pro Jahr	1.450 Euro/Jahr	1.074 Euro/Jahr
Summe kapitalgebundene Kosten	1.450 Euro/Jahr	1.074 Euro/Jahr
Verbrauchsgebundene Kosten		
Grundpreis (9 Euro/Monat)		
Arbeitspreis (4,8 Cent/Kilowattstunde)		
Heizöl (4 Cent/Liter)		
Pellets (180 Euro/Tonne)	3,6 Cent/kWh _(Heizwert)	
Scheitholz (45 Euro/Raummeter)		3,3 Cent/kWh _(Heizwert)
Strom (12 Cent/Kilowattstunde)		
Flüssiggas (42 Cent/Liter)		
Summe verbrauchsgebundene Kosten netto	626 Euro/Jahr	607 Euro/Jahr
Summe verbrauchsgebundene Kosten brutto	670 Euro/Jahr	650 Euro/Jahr
Gesamtkosten der Versorgung (netto)	2.466 Euro/Jahr	2.041 Euro/Jahr
Gesamtkosten der Versorgung (inkl. MWSt)	2.805 Euro/Jahr	2.313 Euro/Jahr

Zusammensetzung der jährlich anfallenden Gesamtkosten
 (Annahme: Heizleistung = 10 kW, bei Scheitholzkessel 15 kW Neubau)
 Die angegebenen Preise sind als Richtwerte zu verstehen

Erdgas	Heizöl	Elektro	Flüssiggas
Erdgas EG-Therme mit Boiler 150 l	Heizölkessel mit Boiler 150 l	Elektroheizung mit Boiler 250 l	Flüssiggasheizung mit Boiler 150 l
3.300 Euro	3.700 Euro	0 Euro	3.300 Euro
900 Euro	900 Euro	1.200 Euro	900 Euro
2.00 Euro	2.100 Euro	0 Euro	3.700 Euro
1.100 Euro	1.900 Euro	0 Euro	1.100 Euro
300 Euro	300 Euro	1.100 Euro	300 Euro
3.500 Euro	3.500 Euro	3.500 Euro	3.500 Euro
11.100 Euro	12.400 Euro	5.800 Euro	12.800 Euro
11.100 Euro	12.400 Euro	5.800 Euro	12.800 Euro
15 Jahre	15 Jahre	15 Jahre	15 Jahre
16 MWh 100 Prozent	16 MWh 92 Prozent	16 MWh 100 Prozent	16 MWh 100 Prozent
16,0 MWh _(Heizwert) 17,8 MWh _(Brennwert)	17,4 MWh _(Heizwert) 17,4 MWh _(Brennwert)	16,0 MWh _(Heizwert) 16,0 MWh _(Brennwert)	16,0 MWh _(Heizwert) 16,0 MWh _(Brennwert)
160 Euro/Jahr	190 Euro/Jahr	100 Euro/Jahr	190 Euro/Jahr
50 Euro/Jahr	50 Euro/Jahr	0 Euro/Jahr	50 Euro/Jahr
0 Euro/Jahr	60 Euro/Jahr	0 Euro/Jahr	0 Euro/Jahr
30 Euro/Jahr	30 Euro/Jahr	0 Euro/Jahr	30 Euro/Jahr
240 Euro/Jahr	330 Euro/Jahr	100 Euro/Jahr	270 Euro/Jahr
5 Prozent	5 Prozent	5 Prozent	5 Prozent
1.027 Euro/Jahr	1.147 Euro/Jahr	536 Euro/Jahr	1.184 Euro/Jahr
1.027 Euro/Jahr	1.147 Euro/Jahr	537 Euro/Jahr	1.184 Euro/Jahr
108 Euro/Jahr		108 Euro/Jahr	
4,8 Cent/kWh _(Brennwert)	4 Cent/kWh _(Heizwert)		
		12 Cent/kWh	
			6,5 Cent/kWh _(Heizwert)
962 Euro/Jahr 1.116 Euro/Jahr	696 Euro/Jahr 807 Euro/Jahr	2.028 Euro/Jahr 2.352 Euro/Jahr	1.040 Euro/Jahr 1.206 Euro/Jahr
2.229 Euro/Jahr 2.586 Euro/Jahr	2.173 Euro/Jahr 2.521 Euro/Jahr	2.664 Euro/Jahr 3.090 Euro/Jahr	2.494 Euro/Jahr 2.893 Euro/Jahr

HESSEN



**Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung**

Abteilung VI - Bauwesen, Städtebau, Wohnungswesen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
hmwvl@wirtschaft.hessen.de
www.wirtschaft.hessen.de