

# Heiztechnik für Neubauten

*Fortschrittliche Heiztechnik für Häuser  
mit niedrigem Wärmebedarf*





Für Neubauten mit geringem Wärmebedarf bietet der aktuelle Stand der Heiztechnik eine Vielzahl von Möglichkeiten, Heizwärme und warmes Wasser zu erzeugen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	Seite 4
<b>2</b>	<b>Baustandards und Wärmebedarf</b>	Seite 4
2.1	Sinkender Wärmebedarf im Neubau	
2.2	Niedrigenergiehaus Definition / Merkmale eines Niedrigenergiehauses	
2.3	Passivhaus Definition / Merkmale eines Passivhauses	
<b>3</b>	<b>Energie-Einsparverordnung EnEV</b>	Seite 9
3.1	Zusammenfassung von Anlagentechnik und Bauphysik	
3.2	Die Primärenergie ist entscheidend	
<b>4</b>	<b>Heiztechnik ist Systemtechnik</b> Vitotec: Alles mit System	Seite 11
<b>5</b>	<b>Heizen mit fossilen Brennstoffen</b>	Seite 12
5.1	Die Brennstoffe in der Zukunft	
5.2	Niedertemperaturtechnik	
5.3	Brennwerttechnik Energiegewinn durch Kondensation Wieso Nutzungsgrade über 100%? Brennwerttechnik auch für hohe Heizsystemtemperaturen geeignet	
5.4	Besonderheiten der Öl-Brennwerttechnik Öl-Brennwerttechnik für die Wand: Vitoplus 300 Wartung leicht gemacht	
<b>6</b>	<b>Wärme aus der Natur</b>	Seite 20
6.1	Wärmepumpe: Wirkungsweise / Arbeitszahl / Wärmequellen Compliant-Scroll-Verdichter	
6.2	Pelletsessel für den nachwachsenden Brennstoff Holz Pelletsessel auch für Neubauten	
6.3	Sonnenkollektoren Bauarten: Flachkollektoren / Vakuum-Röhrenkollektoren Regelungen für Solaranlagen Bivalente Speicher-Wassererwärmer Auslegung einer Solaranlage Kollektorgroße Ausrichtung einer Solaranlage Wirtschaftlichkeit und Ökologie	
6.4	Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung Neubauten brauchen eine kontrollierte Wohnungslüftung Wohnungslüftung bringt Vorteile bei der EnEV Wichtig: Lüftungsanlagen bereits bei der Bauplanung berücksichtigen	
<b>7</b>	<b>Komfortable Trinkwassererwärmung</b>	Seite 36
7.1	Durchschnittlicher Warmwasserbedarf	
7.2	Komfortvorteil bei zentraler Trinkwassererwärmung Edelstahl Rostfrei: wartungsfrei und hygienisch Dimensionierung der Warmwasserbereitung	
<b>8</b>	<b>Intelligentes Energiemanagement</b>	Seite 38
8.1	Komfort durch witterungsgeführte Regelungen	
8.2	Thermostatventile	
8.3	Bedienung und Wartung leicht gemacht	
<b>9</b>	<b>Systemvergleich</b>	Seite 41
9.1	Primärenergieverbrauch	
9.2	Kosten	
9.3	Umweltschonung	
<b>10</b>	<b>Förderung</b>	Seite 43

# 1 Einleitung

## 1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Fachreihe ist es, ausgehend von den aktuellen Baustandards verschiedene anlagentechnische Lösungen für Heizung und Trinkwassererwärmung vorzustellen.

Gerade für Neubauten mit geringem Wärmebedarf bietet der aktuelle Stand der Heiztechnik eine Vielzahl von Möglichkeiten, Heizwärme und warmes Wasser zu erzeugen. Dabei rücken neben den fossilen Brennstoffen Gas und Öl immer stärker regenerative Energien wie Holzpellets oder Sonnenwärme in den Vordergrund. Für die Anlagenauswahl und -planung wird es deshalb immer wichtiger, Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Technologien zu bewerten und mit einer ganzheitlichen Planung aller Komponenten für eine abgestimmte und effiziente Systemtechnik in Neubauten zu sorgen.

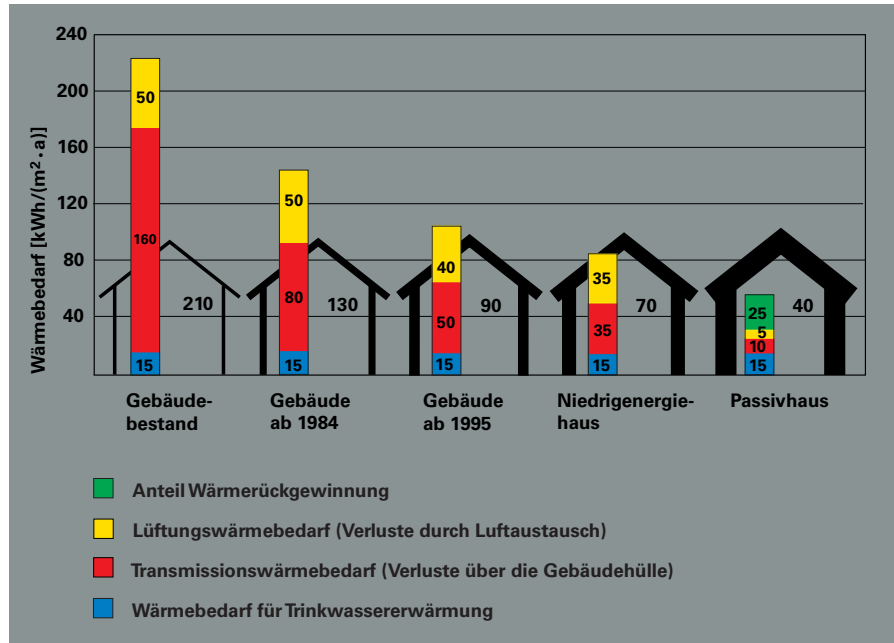


Bild 1: Entwicklung des Heizwärmebedarfs (Einfamilienwohnhaus, 3 bis 4 Personen, 150 m² Nutzfläche, A/V = 0,84) in Abhängigkeit des Baustandards

## 2.1 Sinkender Wärmebedarf im Neubau

Während der letzten Jahre konnten im Wohnungsbau erhebliche Fortschritte zur Reduzierung des Heizwärmebedarfes erreicht werden. So liegt der Jahres-Heizwärmebedarf für ein Einfamilienwohnhaus im Gebäudebestand bei mehr als 200 kWh/(m²·a), während vergleichbare Neubauten, die nach den Anforderungen der Energie-Einlageforderung (EnEV) gebaut werden, nur noch ca. 70 kWh/(m²·a) benötigen.

Der Heizwärmebedarf resultiert aus Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten. Mit immer besserer Wärmedämmung wird der Transmissionswärmebedarf geringer und der Anteil des Lüftungswärmebedarfs gewinnt an Bedeutung.



Bild 2: Einfamilienwohnhaus



Bild 3: Mehrfamilienwohnhäuser – Kronsberg-Siedlung, Expo Hannover



## 2 Baustandards und Wärmebedarf

In Gebäuden, die nach den Vorgaben der Wärmeschutz-Verordnung 1995 (WSchV) errichtet wurden, betrug der Anteil des Lüftungswärmebedarfs am gesamten Heizwärmebedarf bereits 50% – im Niedrigenergiehaus ist der Anteil noch größer (Bild 1).

### 2.2 Niedrigenergiehaus

#### Definition eines Niedrigenergiehauses

Obwohl die Definition eines Niedrigenergiehauses (NEH) auf keiner rechtlichen Grundlage beruht, kann davon ausgegangen werden, dass der nach der WSchV 1995 maximal zulässige Energiebedarf im Niedrigenergiehaus noch einmal um 25 bis 30% unterschritten wird. Der Standard der WSchV 1995 ist über die Nebenanforderung zum Transmissionswärmeverlust ( $H_T'$ ) auch in der EnEV festgeschrieben. Damit hat ein Einfamilien-Niedrigenergiehaus einen Heizwärmebedarf von weniger als 70 kWh/(m<sup>2</sup>·a), ein Mehrfamilien-NEH von unter 55 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Dieser Wert entspricht dem Wärmeinhalt von rund 5,5 Litern Heizöl oder 5,5 m<sup>3</sup> Erdgas.

#### Merkmale eines Niedrigenergiehauses (Bild 4)

- Sehr gute Wärmedämmung, Vermeidung von Wärmebrücken
- Gebäudedichtheit (nachgewiesen durch Blower-door-Test)
- Dem jeweiligen NEH genau angepasste moderne Wärmeerzeuger wie Niedertemperatur- oder Gas-Brennwertkessel, aber auch Wärmepumpen mit hoher Leistungszahl sowie thermische Solaranlagen für die Trinkwassererwärmung
- Wohnungslüftungs-System für die kontrollierte Be- und Entlüftung
- Nutzung solarer Wärmegewinne.

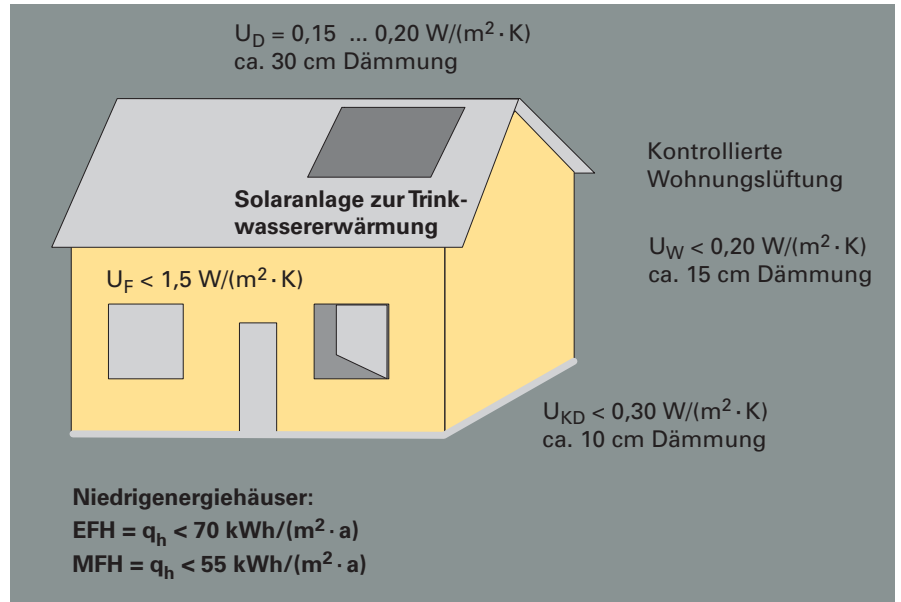


Bild 4: Merkmale eines Niedrigenergiehauses



Bild 5: Niedrigenergiehäuser in Leipzig-Knautheim

# Baustandards und Wärmebedarf

## 2.3 Passivhaus

### Definition des Passivhauses: Der funktionale Ansatz

Die konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehausstandards führt zum Passivhaus. Auch im Passivhaus muss ein Restwärmebedarf gedeckt werden – es ist kein Nullheizenergiehaus. Es reicht aber aus, die Wärme durch eine Nacherwärmung der Zuluft, die ohnehin verteilt werden muss, zuzuführen. So kann die Lüftung gleichzeitig auch für die Heizwärmeverteilung genutzt werden. Der Heizwärmebedarf im Passivhaus liegt unter  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  (Bild 6).

Der Schlüssel hierzu ist eine erheblich verbesserte Energieeffizienz. Verbesserte Energieeffizienz heißt bei Wohngebäuden in Mitteleuropa vor allem sehr guter Wärmeschutz, Luftdichtheit, hocheffiziente Lüftung, Haustechnik mit niedrigen Aufwandszahlen und stromsparende Geräte. Die effiziente Technik verringert nicht nur den Energieverbrauch, sondern erhöht auch die thermische Behaglichkeit und verbessert den Schutz der Bausubstanz.

Ökonomisch können die erhöhten Investitionskosten für die Effizienzverbesserung weitgehend durch Einsparungen in der Heizwärmeverteilung kompensiert werden. Eine aufwändige Verteilung kann entfallen, wenn die Wärmeverteilung über die Zuluft erfolgt. Da aus hygienischen Gründen auf Umluftbetrieb verzichtet werden soll, lässt sich hieraus unmittelbar das funktionale Kriterium für Passivhäuser (unabhängig vom Klima) ableiten: Geht man nach DIN 1946 von  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  Frischluft je Person aus, so ergeben sich bei  $30 \text{ m}^2$  Wohnfläche pro Person für jeden Quadratmeter Wohnfläche Zuluftmengen von mindestens  $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . Die Maximaltemperatur am Nachheizregister muss auf weniger als  $50^\circ\text{C}$  begrenzt werden, um eine Staubverschmelzung zu vermeiden. Daraus ergibt sich eine maximale Heizlast von  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ , die mit der Zuluft gedeckt werden kann.

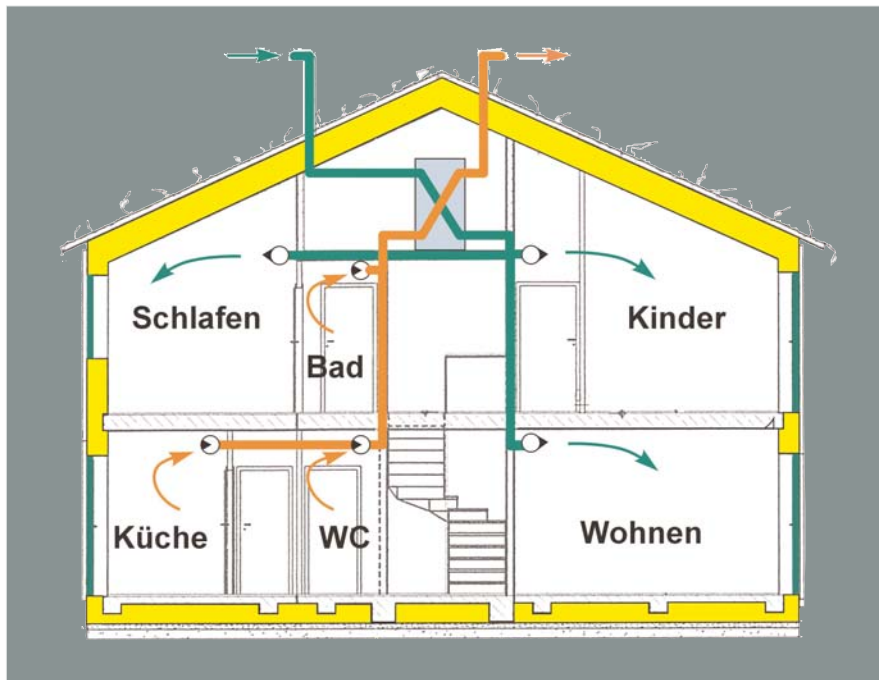


Bild 6: Prinzip des Passivhauses: Hocheffiziente Gebäudehülle und Wärmerückgewinnung

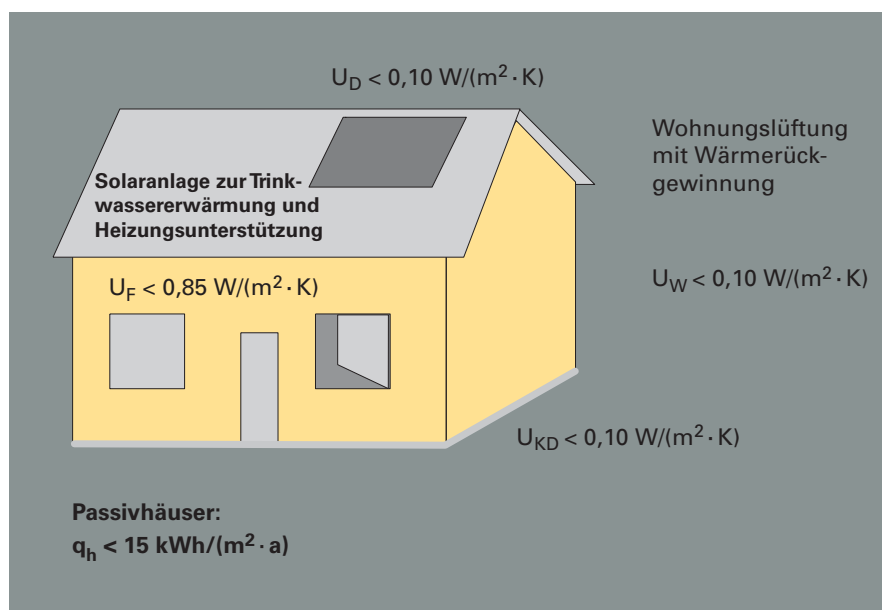


Bild 7: Merkmale eines Passivhauses

# Baustandards und Wärmebedarf

## Merkmale eines Passivhauses (Bild 7)

- Guter Wärmeschutz (U-Wert der Außenwandbauteile  $< 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) und möglichst kompakte Gebäudehülle, wärmebrückenfrei
- Luftdichte Gebäudehülle (Blower-Door-Test  $n_{50} < 0,6 \text{ l/h}$ )
- Hocheffiziente kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad  $> 75\%$ )
- Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung und hochwärmegeämmte Fensterrahmen (U-Wert) im eingebauten Zustand  $< 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , nach Möglichkeit Orientierung der Haupt-Fensterflächen nach Süden mit geringer winterlicher Verschattung
- Geringer gesamter Primärenergieeinsatz ( $< 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  inklusive Haushaltsstrom) durch hocheffiziente Haustechnik, geringe Verteilverluste.

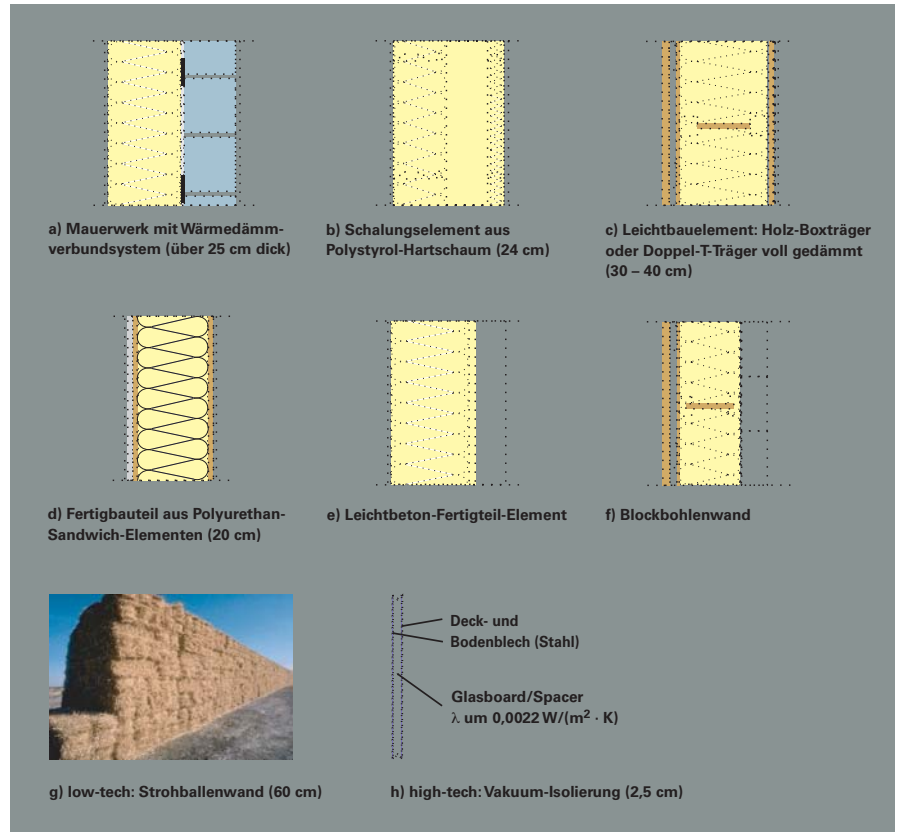


Bild 8: Beispiele für Passivhaus-Außenwandsysteme

Die wesentlichen Elemente sind bereits aus der Entwicklung des Niedrigenergiehauses bekannt, im Passivhauskonzept werden sie konsequent weiterentwickelt und umgesetzt:

Verbesserte Wärmedämmung bedeutet nicht nur reduzierte Wärmeverluste, sondern auch im Winter höhere und im Sommer niedrigere Innenoberflächentemperaturen. Dadurch steigt die Behaglichkeit (Strahlungsklima) und sinkt die Anfälligkeit für Tauwasser an Innenoberflächen.

Alle Bauweisen, egal ob Massiv- oder Leichtbauweise, können prinzipiell mit hochwärmegeämmter Gebäudehülle ausgeführt werden. Wichtig ist dabei eine möglichst kompakte Gebäudehülle um unnötig hohe Außenwandflächen und damit Wärmeverluste zu vermeiden (Bild 8).

Die Vermeidung von Wärmebrücken stellt nach den Erfahrungen im Passivhausbau eine der wirtschaftlichsten Effizienzmaßnahmen dar. Auch hier sind der erreichte Schutz der Bausubstanz und die verbesserte Behaglichkeit offensichtlich. Bei wohnraumüblichen Temperaturen und Feuchtigkeiten gibt es in einem wärmebrückenfrei konstruierten Passivhaus kein Tauwasser an Innenoberflächen mehr.

Auch die Luftdichtheit reduziert die Anfälligkeit für Bauschäden und ist eine wichtige Voraussetzung für die Funktion der kontrollierten Wohnungslüftung. Darüber hinaus werden damit die Lüftungswärmeverluste deutlich reduziert, denn Luft die durch Leckagen ausströmt kann nicht von der Wärmerückgewinnung genutzt werden. Fugenlüftung ist wie die Fensterlüftung nicht bedarfsgerecht, sondern quasi Zufallslüftung, angetrieben von Winddruck und Temperaturdifferenzen.

# Baustandards und Wärmebedarf

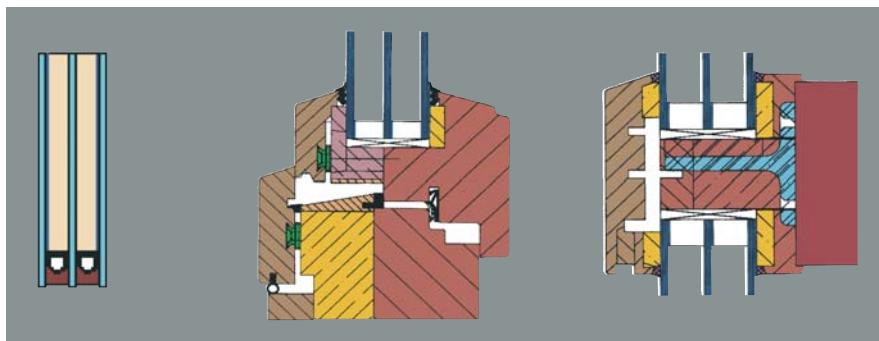
Hochwertige Fenster sind für das Passivhaus eine wichtige Voraussetzung. Um einen Gesamt- $U_w$ -Wert (also inklusive Einbauwärmebrücke) dieser sogenannten „Warmfenster“ von weniger als  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zu erreichen, kommt es nun vor allem auf einen sachgerechten Einbau an (Bild 9).

Gerade das hochwärmedämmende Fenster trägt entscheidend zur besseren Behaglichkeit bei, weil es gelingt, die mittleren Oberflächentemperaturen über  $17^\circ\text{C}$  zu halten. Dadurch wird die Art der Wärmezufuhr im Raum zweitrangig: Es kommt nicht mehr darauf an, wo und wie im Raum die noch erforderliche geringe Heizwärme zugeführt wird. Selbst der Zeitpunkt ist im Passivhaus unkritisch: auch mehrere Stunden Heizungsunterbrechung werden praktisch nicht bemerkt.

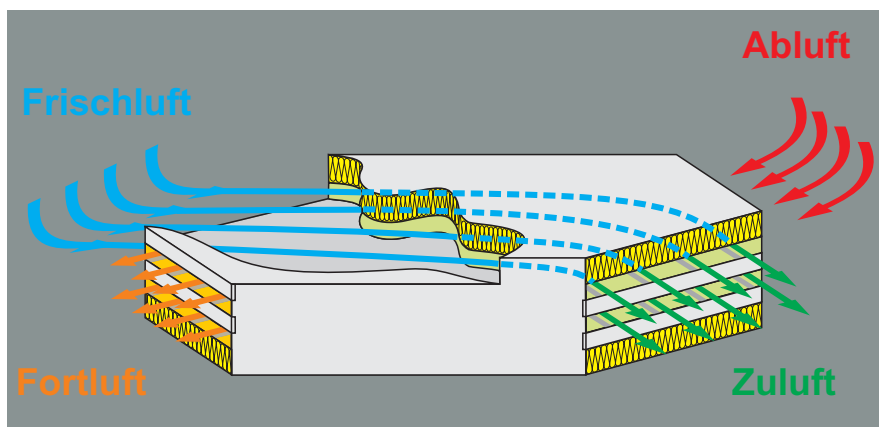
Die Lüfterneuerung für die Bewohner darf über allen Maßnahmen zum Wärmeschutz und zur Luftdichtheit nicht vernachlässigt werden.

Zuverlässig, in genau der richtigen Menge, am gewünschten Ort, pollenfrei und komfortabel ist die Frischluftzufuhr durch eine geregelte Wohnungslüftung möglich. Auch hier stehen Lufthygiene und Behaglichkeit im Vordergrund.

Durch den Einsatz von elektronisch kommutierten Gleichstromventilatoren und hocheffizienten Gegenstrom-Wärmeübertragern ist die Wärmerückgewinnung mit einer entscheidenden Verbesserung der Effizienz verbunden (Bild 10).



**Bild 9:** Passivhausfenster: Dreischieben-Wärmeschutzverglasung und hochwärmedämmte Rahmen – hohe Oberflächentemperaturen und Behaglichkeit auch ohne Heizkörper unter dem Fenster



**Bild 10:** Wärmerückgewinnung aus der Abluft mit hocheffizienten Gegenstrom-Wärmeübertragern



# 3 Energie-Einsparverordnung EnEV

## 3.1 Zusammenfassung von Anlagentechnik und Bauphysik

Mit der Energie-Einsparverordnung (EnEV), die seit 01.01.2002 in Kraft ist, haben die Wärmeschutz-Verordnung und die Heizungsanlagen-Verordnung ausgedient.

Die Energie-Einsparverordnung soll dafür sorgen, dass die selbst auferlegte Verpflichtung Deutschlands, bis zum Jahr 2005 gegenüber dem Stand von 1990 25% CO<sub>2</sub> weniger zu emittieren, auch eingehalten werden kann (Bild 11).

Die Grundidee ist einfach: Bisher waren zwei getrennte Verordnungen für die Auslegung der Wärmeversorgung eines Gebäudes zu beachten. Zum einen die Wärmeschutz-Verordnung von 1995 (WSchV 95), die sich auf den Jahres-Heizwärmebedarf bezog und damit maßgeblich für die Wärmedämmung des Gebäudes ist. Und zum anderen die Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnIV), die bestimmte Anforderungen an die Heizungsanlage beinhaltet und letztlich den Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung vorschrieb.

Beide Regelwerke wurden abgelöst durch die EnEV und die zugehörige DIN V 4701 Teil 10 und DIN V 4108 Teil 6. Beide Normen – die DIN V 4701 Teil 10 für die Anlagentechnik und die DIN V 4108 Teil 6 für die Bauphysik – liegen als Vornormen vor (Bild 12).

Damit ist nicht mehr der maximale Heizwärmebedarf, sondern der Primärenergiebedarf, der für die Gebäudebeheizung und -belüftung sowie für die Trinkwassererwärmung maximal erforderlich sein darf, für Neubauten reglementiert. In diesen Wert fließen sowohl Wärmedämmmaßnahmen als auch anlagentechnische Maßnahmen ein.



Bild 11: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emission in Deutschland (Quelle: DIW Wochenbericht 08/2003)

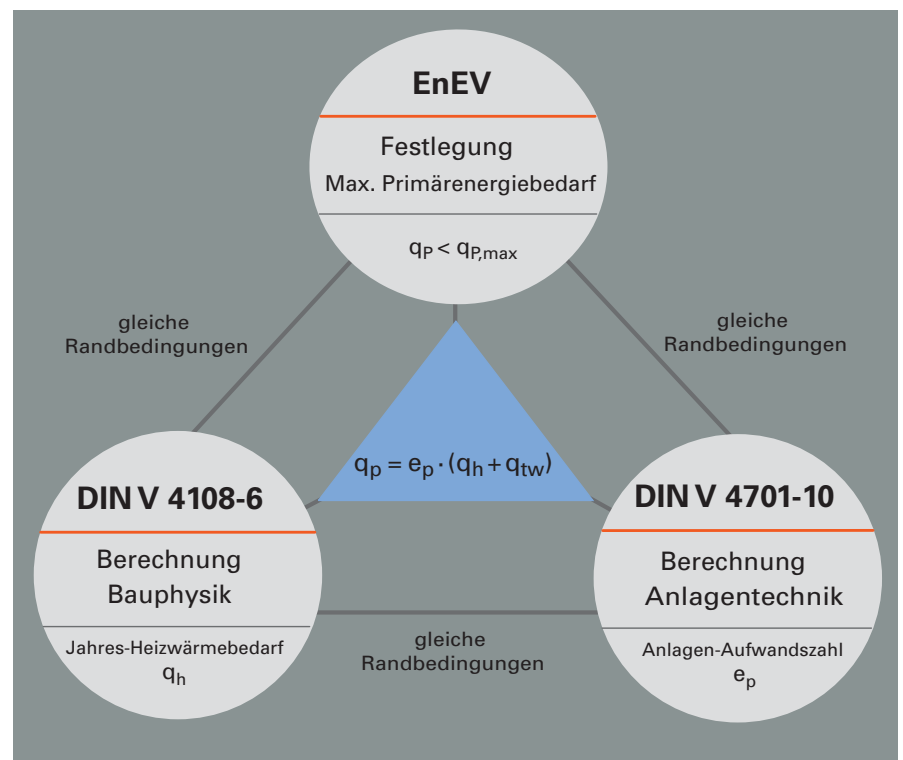


Bild 12: Zusammenspiel von EnEV und begleitenden Normen

# Energie-Einsparverordnung EnEV

Damit bietet die EnEV den neuen Ansatz, Bauphysik und Heizungsanlagentechnik nicht mehr getrennt, sondern gemeinsam zu betrachten: Der Primärenergiebedarf kann auch in einem weniger gut wärmege-dämmten Haus den zulässigen Grenzwert einhalten, wenn eine entsprechend effiziente Heizungsanlagentechnik gewählt wird. Andererseits kann ein sehr gut wärmege-dämmtes Haus mit einer weniger aufwändigen Heiztechnik auskommen, wobei in diesem Fall allerdings die Möglichkeiten der technischen Gebäudeaus-rüstung nur eingeschränkt genutzt werden (Bild 13). Durch die so ge-nannte Nebenanforderung ist zusätz-lich der maximal zulässige Transmis-sionswärmeverlust  $H_T'$  vorgegeben. Das Anforderungsniveau entspricht etwa dem der WSchV 95.

## 3.1 Die Primärenergie ist ent-scheidend

Durch die EnEV wird die Umsetzung von Primärenergie in Endenergie (Verluste bei Förderung, Transport, Veredelung) und die Umwandlung der Endenergie (Heizenergie) in Heiz-wärme (Wirkungsgrad der Heizungs-anlagentechnik) in die Betrachtung einbezogen\*: Während bei der Ver-brennung von Heizöl oder Erdgas die Primärenergie mit nahezu 90% in Heizenergie umgesetzt wird (ein-schließlich der Transport- und Um-wandlungsverluste (Raffinerie)), be-trägt der Primärenergiewirkungsgrad bei Stromheizungen wegen des ge-ringen Kraftwerks-Wirkungsgrades nur 34%.

\* Dieser Sachverhalt wird durch die Anlagen-Aufwandszahl ( $e_p$ ) definiert. Viessmann bietet zur Ermittlung der  $e_p$ -Zahl produktspezifische Grund-daten, die durch den Einsatz von EnEV-Berechnungsprogrammen optimal genutzt werden können.

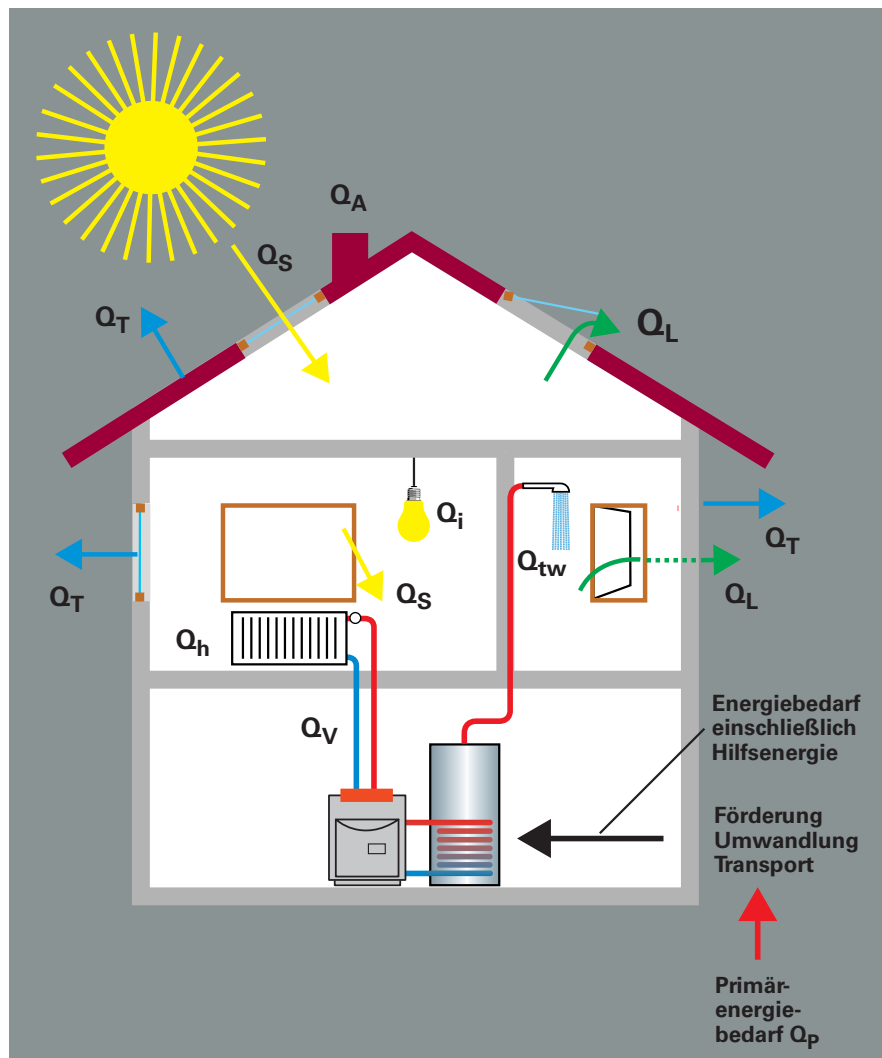


Bild 13: Primärenergiebedarf sowie Wärmegewinne und -verluste eines Einfamilienwohnhauses

### Abkürzungen aus Bild 10:

- $e_p$  = Anlagenaufwand
- $Q_p$  = Primärenergiebedarf
- $Q_h$  = Heizwärmebedarf
- $Q_{tw}$  = Trinkwasserwärmebedarf
- $Q_s$  = Solare Wärmegewinne
- $Q_i$  = Interne Wärmegewinne
- $Q_L$  = Lüftungswärmeverluste
- $Q_T$  = Transmissionswärmeverluste
- $Q_A$  = Abgasverluste
- $Q_V$  = Verteilverluste

### Berechnung des Anlagenaufwands:

$$e_p = \frac{Q_p}{Q_h + Q_{tw}}$$

### Wärmebilanz:

$$Q_h = Q_T + Q_L - (Q_i + Q_s)$$

## 4 Heiztechnik ist Systemtechnik

Der Primärenergiebedarf ist zukünftig die Bezugsgröße, mit deren Hilfe die energetische Qualität eines Gebäudes bewertet wird. Damit hält eine ganzheitliche Betrachtung Einzug: Die Summe aller Einzelkomponenten bestimmt den im Energiebedarfsausweis angegebenen Energiebedarf. Nur perfekt aufeinander abgestimmte Bausteine der Anlagentechnik senken den Primärenergiebedarf auf ein Minimum.

Der beste Wirkungsgrad eines Heizkessels nützt wenig, wenn der Speicher-Wassererwärmer große Bereitschaftswärmeverluste verursacht, weil er nicht auf das Gesamtsystem abgestimmt ist.

Deshalb ist bei der Neubauplanung ein Denken in Systemen unerlässlich: Die Anlagentechnik muss aus abgestimmten und zueinander passenden Komponenten bestehen und zusammen mit der Architektur und der Wärmedämmung des Gebäudes ein schlüssiges Gesamtkonzept bilden.

### **Vitotec: Alles mit System**

Die Viessmann Produktpalette bietet für Fachhandwerk und Bauherren die Möglichkeit, unter verschiedenen Arten der Wärmeerzeugung (von fossilen Brennstoffen über Solarenergie bis zur Umweltwärme) frei auszuwählen. Die Vitotec Systemtechnik garantiert, dass alle Komponenten zueinander passen. So lassen sich Wärmeerzeuger, Sonnenkollektoren, Lüftungsanlage und Speicher-Wassererwärmer problemlos kombinieren, außerdem bietet Viessmann auch das gesamte Zubehör an (Bild 14).



**Bild 14:** Systemtechnik Niedrigenergiehaus

# 5 Heizen mit fossilen Brennstoffen

## 5.1 Die Brennstoffe in der Zukunft

Auch wenn der Energieverbrauch durch bessere Wärmedämmung, eine luftdichte Gebäudehülle und moderne Heiztechnik immer weiter gesenkt werden kann, stellt sich vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele und der Endlichkeit der fossilen Energieressourcen die Frage, welche Energieträger auf lange Sicht für Heizzwecke zum Einsatz kommen.

Bild 15 zeigt, dass der Anteil der regenerativen Energien zukünftig zwar weiter ansteigt, aber auch bis 2020 die 20% nicht überschreiten wird. Etwa drei Viertel der regenerativen Energien entfallen dabei auf Wind- und Wasserkraft. Also werden auch 2020 Gas und Öl die wesentlichen Energieträger für die Gebäudebeheizung sein (Bild 16).

Auch wenn die weltweiten Öl- und Gasreserven, die heute bekannt oder sicher vermutet werden, noch viele Jahre reichen, darf dies kein Grund sein, mit diesen endlichen Ressourcen verschwenderisch umzugehen. Es bleibt unstrittig, dass mit Öl und Gas zukünftig besonders sparsam und umweltschonend umgegangen werden muss.

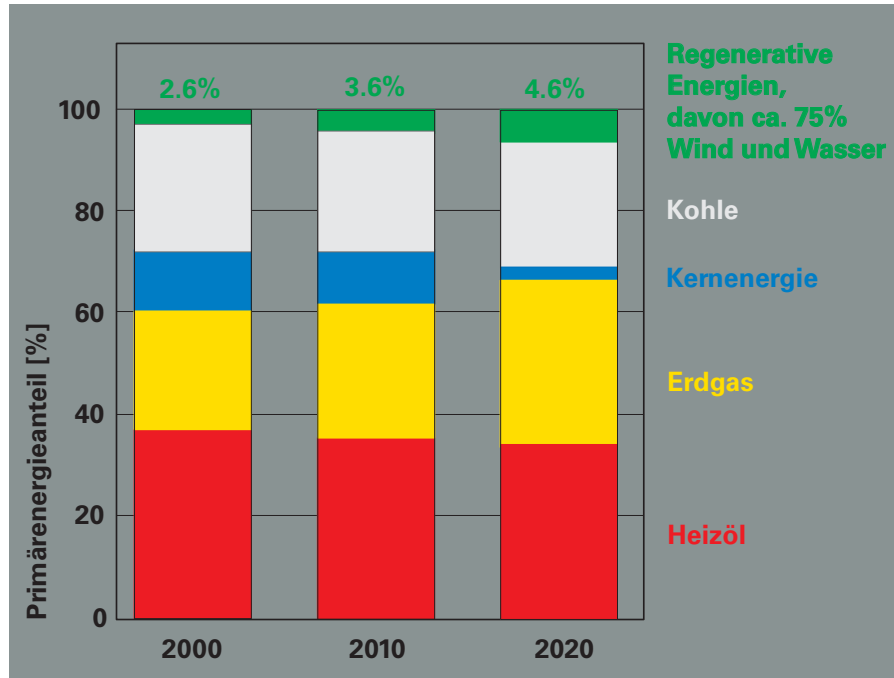


Bild 15: Aufteilung des Primärenergieverbrauches in Deutschland (nach ESO-Energieprognose 2001)

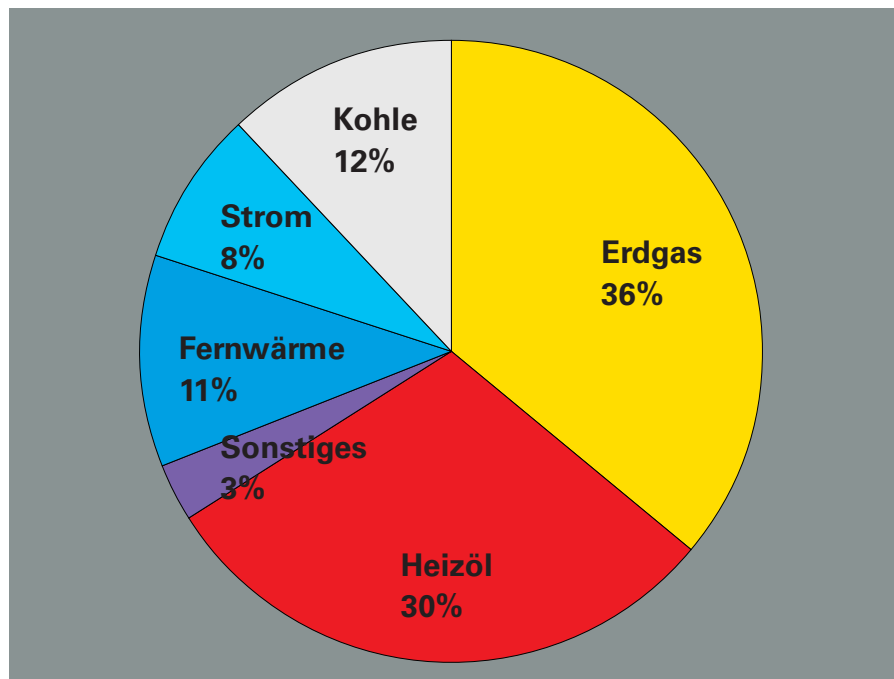


Bild 16: Struktur der Wohnraumbeheizung in Deutschland



# Heizen mit fossilen Brennstoffen

## 5.2 Niedertemperaturtechnik

Moderne Niedertemperatur-Heizkessel werden mit gleitend abgesenkter Kesselwassertemperatur betrieben, die jeweils dem Wärmebedarf des Gebäudes angepasst wird. Die hohen Nutzungsgrade moderner Niedertemperatur-Heizkessel von über 90% werden dadurch erreicht, dass die Oberflächenverluste nur 2 bis 3% betragen. Entscheidend für die geringeren Verluste ist das gleitend abgesenkte Temperaturniveau des Heizkessels, zusätzlich wirkt sich die hochwirksame Verbund-Wärmedämmung moderner Heizkessel positiv aus.

Ein Betrieb mit bedarfsgerecht abgesenkter Kesselwassertemperatur setzt den Einsatz einer modernen Regelung voraus, um den jeweils aktuellen Wärmebedarf zu ermitteln und als Führungsgröße für die Kesselwassertemperatur einzusetzen.

Eine Kondensation des Wasserdampfes ist bei Niedertemperatur-Heizkesseln unerwünscht, da Heizkessel und Schornstein feucht würden. Deshalb ist bei Niedertemperatur-Systemen eine Mindestabgas-temperatur einzuhalten, die oberhalb des Taupunktes liegt (Beginn der Wasserdampfkondensation bei der Verbrennung von Erdgas: 57°C, bei Heizöl 47°C) (Bild 17).

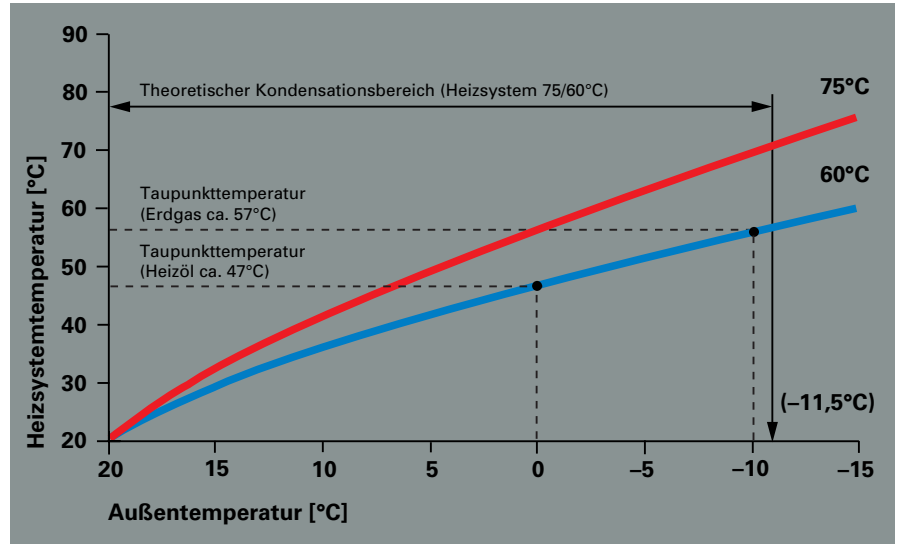


Bild 17: Vorlauf-/Rücklauf-Temperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur, Brennwertnutzen

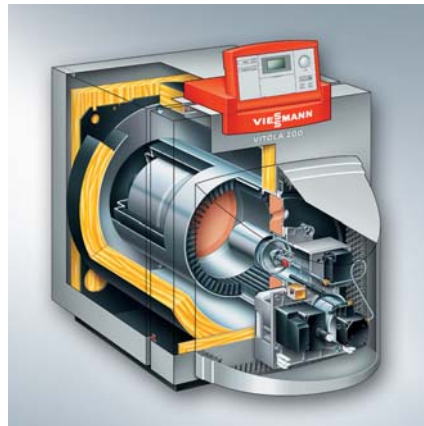


Bild 18: Niedertemperatur-Öl-Heizkessel Vitola 200

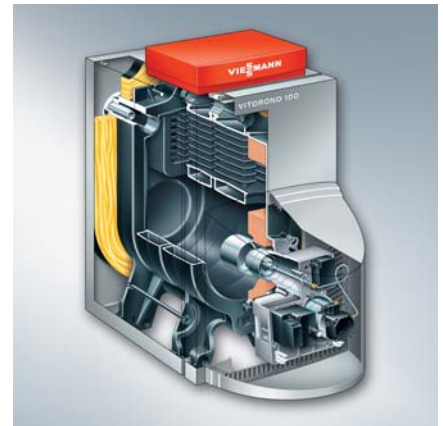


Bild 19: Niedertemperatur-Öl-Gussheizkessel Vitorond 100

# Heizen mit fossilen Brennstoffen

## 5.3 Brennwerttechnik

Einen noch günstigeren Nutzungsgradverlauf weisen Brennwertkessel auf. Bei diesen Wärmeerzeugern steigt der Nutzungsgrad gerade bei geringen Auslastungen nochmals deutlich an (Bild 20). Denn gerade bei geringer Auslastung, also niedrigen Rücklauftemperaturen, ist der Energiegewinn auf Grund des Brennwerteffektes besonders hoch.

### Energiegewinn durch Kondensation

Zur Erklärung: Bei der Verbrennung von Erdgas und Heizöl entsteht Wasser, das bei konventionellen Heizkesseln als Wasserdampf über den Schornstein an die Umgebung abgegeben wird (pro verbranntem m<sup>3</sup> Erdgas entstehen theoretisch ca. 1,6 Liter Wasser, pro Liter Heizöl etwa 0,9 Liter Wasser).

Bei Brennwertgeräten (Bild 21, 22, 24) ist die Kondensation der Heizgase ausdrücklich gewollt, Heizkessel und Schornsteinanlage besitzen spezielle Konstruktionsmerkmale und sind werkstoffseitig angepasst, so dass das Kondenswasser keinen Schaden anrichten kann. Damit besteht die Möglichkeit, die latente Wärme, die im Wasserdampf des Heizgases steckt, durch Kondensation innerhalb des Heizkessels zurückzugewinnen, während sie bei Niedertemperatur-Heizkesseln dem System über den Schornstein verlorengeht.

Außerdem wird bei Brennwertanlagen die Abgastemperatur gegenüber der Niedertemperaturtechnik erheblich gesenkt (bessere Ausnutzung der sensiblen Wärme). Bei Niedertemperatur-Heizkesseln muss ein „Feuchtwerden“ von Heizflächen und Abgassystem durch Abgastemperaturen von über 100°C vermieden werden. Bei der Brennwerttechnik dagegen betragen die Abgastemperaturen nur noch ca. 40°C.

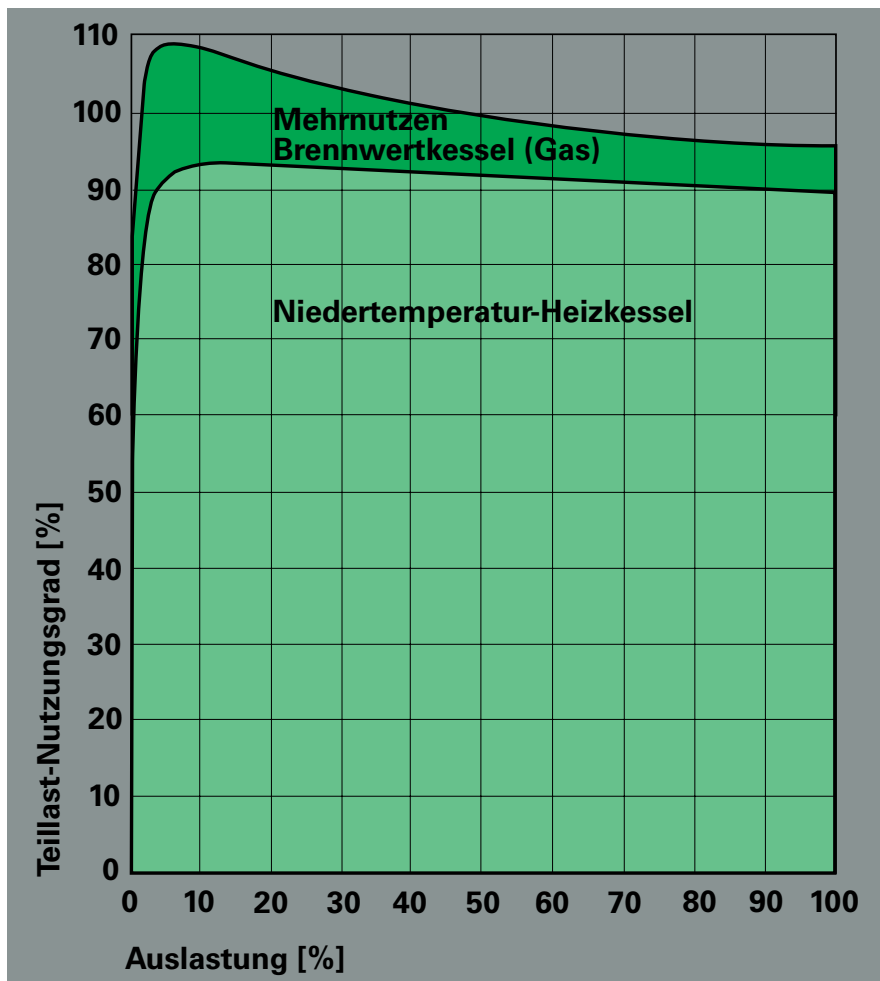


Bild 20: Teillast-Nutzungsgrade in Abhängigkeit der Kesselauslastung für Niedertemperatur- und Brennwertkessel



Bild 21: Gas-Brennwert-Wandkessel Vitodens 200 mit Inox-Radial-Heizflächen und Edelstahl-Zylinderbrenner



Bild 22: Gas-Brennwert-Wandkessel Vitodens 300 mit Inox-Radial-Heizflächen und Matrix-compact-Gasbrenner

# Heizen mit fossilen Brennstoffen

## Wieso Nutzungsgrade über 100%?

Um die verschiedenen Heizsysteme weiterhin vergleichbar zu machen, wird als Bezugsgröße (Vergleichsgröße) der Heizwert  $H_i$  des Brennstoffes beibehalten. Da sich  $H_i$  auf eine vollständige Verbrennung ohne Kondensation bezieht, ergibt sich das Kuriosum, dass Brennwertgeräte einen Nutzungsgrad über 100% erreichen können, da bei ihnen der Brennwert ( $H_s$ ) durch die Kondensation genutzt werden kann (Bild 23).

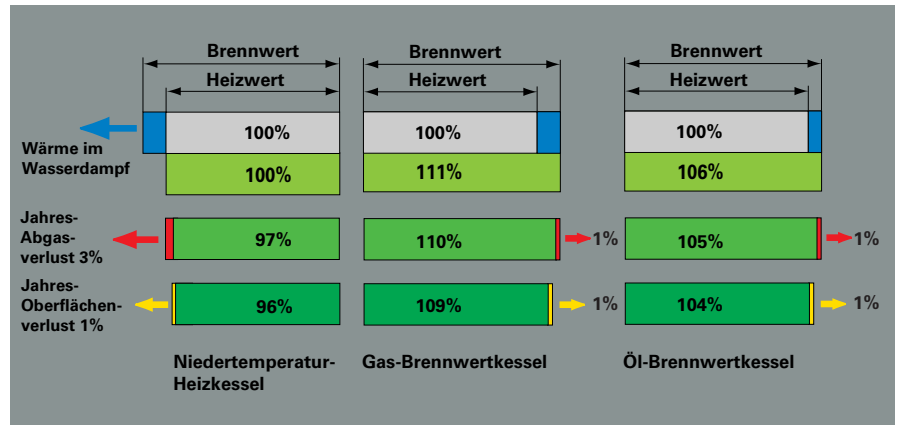


Bild 23: Vergleich der Jahresverluste bei Niedertemperatur- und Brennwerttechnik (Erdgas E, Heizöl-EL)

## Brennwerttechnik auch für hohe Heizsystemtemperaturen geeignet

Es liegt auf der Hand, dass die Kondensation um so besser abläuft, je niedriger die Kesselwassertemperatur ist. Daraus ergibt sich der besonders gute Nutzungsgrad bei geringen Kesselauslastungen bzw. niedrigen Rücklauftemperaturen.

Brennwertgeräte sind sowohl für Radiatoren als auch für Fußbodenheizungen geeignet. Da die Taupunkttemperatur für die Bildung von Kondenswasser bei der Erdgasverbrennung bei ca. 57°C liegt, lässt sich auch für konventionelle Heizsysteme (Auslegung 75/60°C) bei Außentemperaturen bis weit unter den Gefrierpunkt ein Brennwertnutzen erzielen (Bild 17). Damit werden auch für diese Anwendungen Nutzungsgrade deutlich über 100% erzielt.



Bild 24: Vitodens 333 Gas-Brennwertkessel mit MatriX-compact Gasbrenner, Inox-Radial-Heizfläche und integriertem Ladespeicher



Bild 25: MatriX-compact-Gasbrenner

# Heizen mit fossilen Brennstoffen

## 5.4 Besonderheiten der Öl-Brennwerttechnik

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Öl-Brennwertanlagen unterscheiden (Tab. 1):

– Kondensation auf kesselintegrierten oder nachgeschalteten Wärmetauscherflächen und Übertragung der Wärme auf das Heizungswasser

oder

– Kondensation im Abgassystem und Übertragung der Wärme auf die Zuluft (Verbrennungsluftvorwärmung).

### **Kesselintegrierte oder nachgeschaltete Wärmetauscherflächen**

Öl-Brennwertkessel mit integrierter Brennwertnutzung sind so aufgebaut, dass kesselintegriert oder in einem nachgeschalteten Wärmetauscher die erzeugte Kondensationswärme direkt auf das Heizungswasser übertragen wird.

Bei Geräten, die nur einen Wärmetauscher aufweisen, wird die Kondensationswärme direkt im Heizkessel gewonnen. Diese Geräte entsprechen den seit vielen Jahren etablierten Gas-Brennwertkesseln.

Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, einen separaten Wärmetauscher zur Brennwertnutzung nachzuschalten. In diesem Fall besteht der Brennwertkessel aus zwei Wärmetauschern: Im Brennraum wird das Heizgas am ersten Wärmetauscher auf Temperaturen oberhalb der Taupunkttemperatur abgekühlt. Das abgekühlte Heizgas durchströmt dann einen zweiten Wärmetauscher, der auf die Kondensation des Heizgases ausgelegt ist. Beide Wärmetauscher sind in den hydraulischen Heizkreis eingebunden.

	Kesselintegrierter Wärmetauscher	Nachgeschalteter Wärmetauscher	Neutralisations-einrichtung
Standard-Heizöl ( $\leq 2000$ ppm)	problematisch hohe Ablagerungen	zulässig, mäßige Ablagerungen	vorgeschrieben
Schwefelarmes Heizöl ( $\leq 50$ ppm)	zulässig, geringe Ablagerungen	zulässig, keine Ablagerungen	nicht vorgeschrieben

**Tab. 1:** Randbedingungen für Brennwertkessel mit integriertem bzw. nachgeschaltetem Kondensations-Wärmetauscher

Kesselintegrierte Wärmetauscher sind sowohl den hohen Temperaturen der Flamme ausgesetzt als auch durch unvermeidbare Ablagerungen u.a. aufgrund des Schwefelanteils im Heizöl belastet. Deshalb ist es notwendig, diese Wärmetauscher brennwertgerecht zu konstruieren und korrosionsbeständige Werkstoffe wie z. B. Edelstahl zu verwenden (Bild 26).

Im Betrieb sollte schwefelarmes ( $< 50$  ppm) Heizöl EL eingesetzt werden, um so die Ablagerungen zu reduzieren. So sind Langlebigkeit, energetische Qualität und hohe Effizienz auch dann gesichert, wenn nur einmal jährlich eine Reinigung durchgeführt wird. Außerdem entfällt für die Verbrennung von schwefelarmem Heizöl EL ( $< 50$  ppm) auf Basis des ATV-Merkblattes A251 die Neutralisationspflicht.



**Bild 26:** Inox-Radial-Heizfläche aus Edelstahl Rostfrei



# Heizen mit fossilen Brennstoffen

Für nachgeschaltete Kondensations-Wärmetauscher kann auch Standard-Heizöl EL (bis 2.000 ppm) zum Einsatz kommen, da Verbrennung und Kondensation räumlich getrennt voneinander ablaufen. Die entstehenden Verbrennungsrückstände, die auch die Reaktionsprodukte des Schwefels enthalten, lagern sich hauptsächlich an den Wärmetauscherflächen im Brennraum an. Dort entsteht aber aufgrund der angepassten Temperaturführung im Heizkessel kein Kondenswasser.

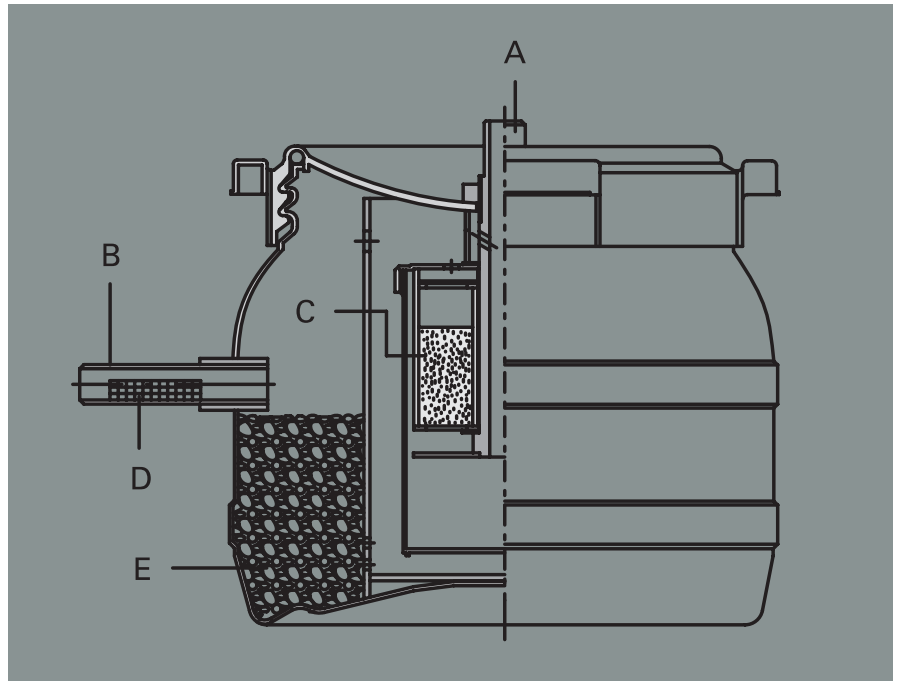
Erst im nachgeschalteten Wärmetauscher findet ein praktisch ablageungsfreier Kondensationsprozess statt, so dass der hohe Schwefelgehalt des Standard-Heizöls keine Korrosionsbelastung mit sich bringt.

Zu beachten ist, dass bei der Verwendung von Standard-Heizöl EL in jedem Fall eine Neutralisationspflicht besteht (Bild 27). Diese entfällt nur bei schwefelarmem Heizöl.

## Verbrennungsluftvorwärmung

Die andere Variante der Öl-Brennwertnutzung beruht darauf, die Kondensationswärme nicht direkt an das Heizungswasser abzugeben, sondern für die Zuluftvorwärmung zu nutzen. Dabei sind Wärmetauscher und Wasserführung im Heizkessel so ausgelegt, dass keine Kondensation auftritt. Bei Eintritt in das Abgassystem besitzen die Abgase deshalb noch eine Temperatur im Bereich von ca. 100°C.

Das Abgas-/Zuluft-System ist bei diesen Anlagen coaxial ausgeführt, so dass das abströmende Abgas seine Wärme auf die im Gegenstrom zuströmende Zuluft übertragen kann. Wird dabei die Taupunkttemperatur unterschritten, so kon-



**Bild 27:** Neutralisationseinrichtung für Öl-Brennwertkessel

Legende:

- A Zulauf (DN 20)
- B Ablauf (DN 20)
- C Aktivkohlefilter
- D Farbindikator
- E Neutralisationsgranulat

densiert das Abgas und kann auch latente Wärme auf die Zuluft übertragen und damit den Brennwert nutzbar machen.

Der Umfang der Brennwertnutzung ist bei diesen Systemen nicht allein vom Heizkessel, sondern auch von den Randbedingungen des Abgas-/Zuluft-Systems abhängig, weshalb richtigerweise von Brennwertsystemen statt von Brennwertkesseln gesprochen werden sollte.

# Heizen mit fossilen Brennstoffen

## **Öl-Brennwerttechnik für die Wand: Vitoplus 300**

Der Vitoplus 300 (Bild 28) erfüllt als kompakter, raumluftunabhängiger Öl-Brennwert-Wandheizkessel alle vorgenannten Voraussetzungen, um der Öl-Brennwerttechnik am Markt einen größeren Stellenwert zu verschaffen. Der Vitoplus 300 ist genauso universell und flexibel einsetzbar, wie dies nur bei Gas-Brennwert-Wandgeräten möglich war.

Der Vitoplus 300 wird mit zwei Leistungen geliefert: 12,9/19,3 kW und 16,1/23,5 kW. Damit bietet der Vitoplus 300 erweiterte Einsatzmöglichkeiten, vor allem in der Modernisierung sowie in größeren Neubauten.

Der zweistufige Compact-Blaubrenner (Bild 29) zeichnet sich aus durch niedrige Schadstoff-Emissionen und zuverlässigen, umweltschonenden Betrieb. Bei Verwendung von schwefelarmem Heizöl ist der Schwefelgehalt im Abgas mit dem Brennstoff Gas vergleichbar. Dadurch ist eine Neutralisation nicht erforderlich.

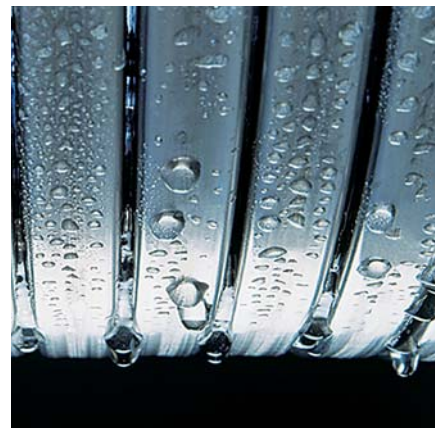
Der Inox-Radial-Federwendel-Wärmetauscher (Bild 30) – aus Edelstahl Rostfrei – ist den besonderen Anforderungen der Verbrennung von schwefelarmem Heizöl angepasst. Die konstruktive Gestaltung verhindert eine Aufkonzentration des Kondenswassers.



**Bild 28:** Öl-Brennwert-Wandkessel Vitoplus 300



**Bild 29:** Zweistufiger Compact-Blaubrenner



**Bild 30:** Inox-Radial-Heizfläche aus korrosionsbeständigem Edelstahl Rostfrei

# Heizen mit fossilen Brennstoffen

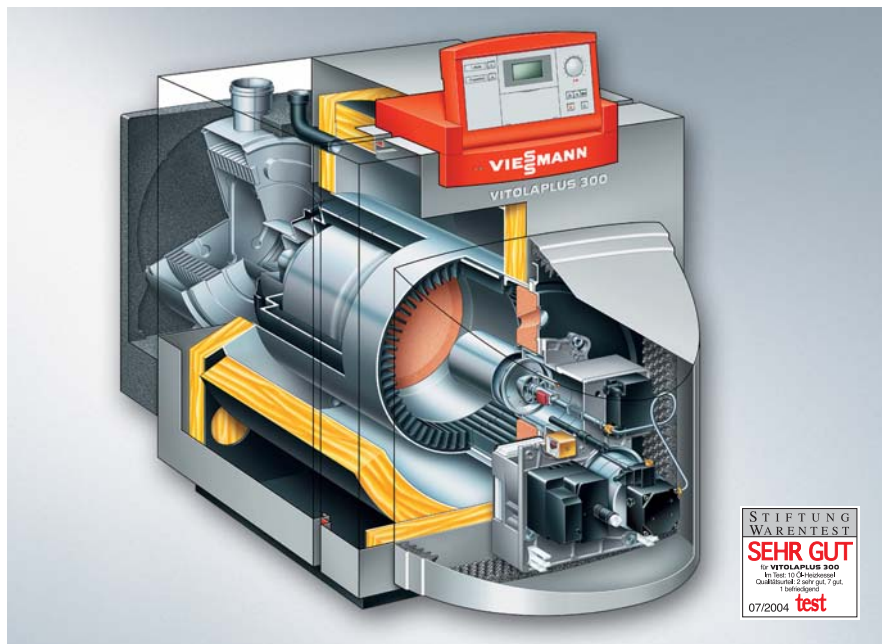
## **Bodenstehender Öl-Brennwertkessel: Vitolaplus 300**

Der Vitolaplus 300 (Bild 31) ist ein bodenstehender Öl-Brennwertkessel mit einem attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnis. Neben der hohen Betriebssicherheit bietet vor allem die kompakte Bauform Vorteile, denn der Vitolaplus 300 findet auch in kleinen Räumen Platz. Im Leistungsbereich 19,4 bis 29,2 kW ist der Vitolaplus 300 deshalb besonders für die Modernisierung die ideale Lösung zur Öl-Brennwertnutzung.

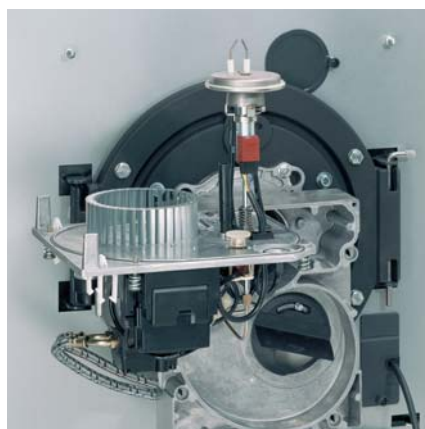
Bei der Vitolaplus 300 Öl-Brennwert-Unit führen drei Komponenten zum Ziel: Der bewährte Vitola 200 mit seiner biferralen Heizfläche zusammen mit dem neuen schadstoffarmen Vitoflame 300 Blaubrenner (Bild 32) und dem nachgeschalteten Inox-Radial-Wärmetauscher ergeben die zuverlässige, sparsame und umweltschonende Öl-Brennwert Unit.

Für die Heizungsmodernisierung ist der Vitolaplus 300 besonders geeignet, da die weiten Wasserwände der Wärmetauscher unempfindlich gegen Verunreinigungen und Verschmutzungen aus alten Heizsystemen sind. Die Kombination aus bewährter biferraler Verbundheizfläche im Brennraum und dem korrosionsbeständigen Inox-Radial-Wärmetauscher in der Kondensationsstufe gewährleistet hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer (Bild 33).

Der Vitolaplus 300 kann mit allen handelsüblichen Heizölsorten betrieben werden.



**Bild 31:** Öl-Brennwert Unit Vitolaplus 300



**Bild 32:** Vitoflame 300 in Wartungsposition



**Bild 33:** Nachgeschalteter Inox-Radial-Wärmetauscher

## 6 Wärme aus der Natur

Der verantwortungsvolle Umgang mit der Umwelt führt zu einer steigenden Nachfrage nach regenerativen Energieformen.

Sonnenwärme lässt sich durch Sonnenkollektoren oder Wärmepumpen erschließen, Abwärme kann durch Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder Abluft-/Wasser-Wärmepumpen nutzbar gemacht werden, die Verbrennung von Biomasse erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral und damit absolut umweltschonend.

### 6.1 Wärmepumpe

Wärmepumpen nutzen die im Erdreich, im Grundwasser oder in der Luft gespeicherte Sonnenwärme mit Hilfe geringer Mengen an Antriebsenergie (in der Regel Strom) für Heizwärme. Moderne Wärmepumpen (Bild 34) sind so effizient, dass sie ganzjährig als Wärmelieferant sowohl für Heizzwecke als auch zur Trinkwassererwärmung eingesetzt werden können.

#### Wirkungsweise

Die Wirkungsweise einer Wärmepumpe beruht darauf, der Umwelt (Erdreich, Grundwasser, Luft) Wärme zu entziehen und diese auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben, so dass sie zur Wohnungsheizung und Trinkwassererwärmung genutzt werden kann.

Als Stand der Technik gelten derzeit Elektro-Wärmepumpen, deren Funktionsweise der eines Kühlschranks entspricht. Bei der Wärmeaufnahme aus der Umwelt befindet sich das flüssige Arbeitsmedium bei geringem Druck auf der Primärseite (kalte Seite) im Verdampfer (Bild 36). Das außen am Verdampfer anstehende Temperaturniveau der Wärmequelle ist höher als die Siedetemperatur des Arbeitsmediums, so dass das Arbeitsmedium verdampft und der Umgebung dabei Wärme entzieht. Das Temperaturniveau kann dabei durchaus unterhalb von 0°C liegen.



Bild 34: Vitocal 300 Wärmepumpen-Anlage

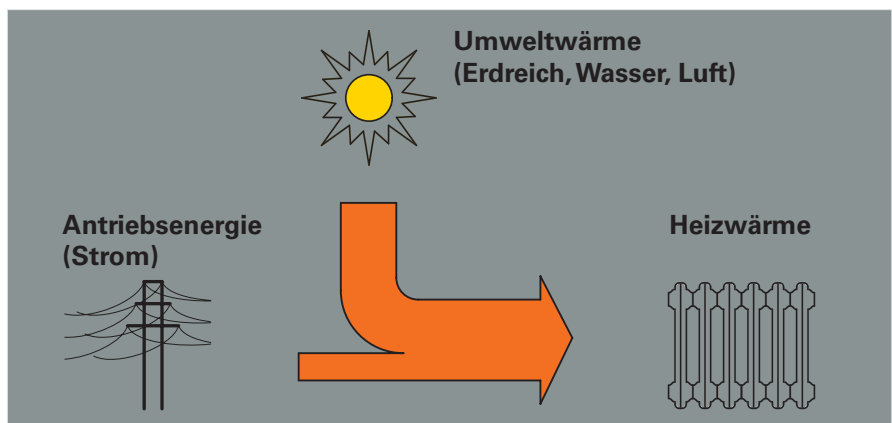


Bild 35: Prinzip der Wärmepumpe



# Wärme aus der Natur

Der Verdichter saugt das verdampfte Arbeitsmedium aus dem Verdampfer ab und verdichtet es, dabei steigt die Temperatur des Dampfes (analog einer Fahrradluftpumpe beim Druckaufbau).

Vom Verdichter gelangt das dampfförmige Arbeitsmedium auf der Sekundärseite (warme Seite) in den Kondensator, der vom Heizwasser umspült ist. Die Temperatur des Heizwassers ist niedriger als die Kondensationstemperatur des Arbeitsmediums, so dass der Dampf abgekühlt und dabei wieder verflüssigt wird.

Die im Verdampfer aufgenommene Wärme sowie die zusätzlich durch das Verdichten zugeführte Energie werden dabei an das Heizwasser abgegeben. Danach wird das Arbeitsmedium über ein Expansionsventil in den Verdampfer zurück geführt. Dabei wird es vom hohen Druck des Kondensators auf den niedrigen Druck des Verdampfers entspannt. Der Kreislauf ist geschlossen.

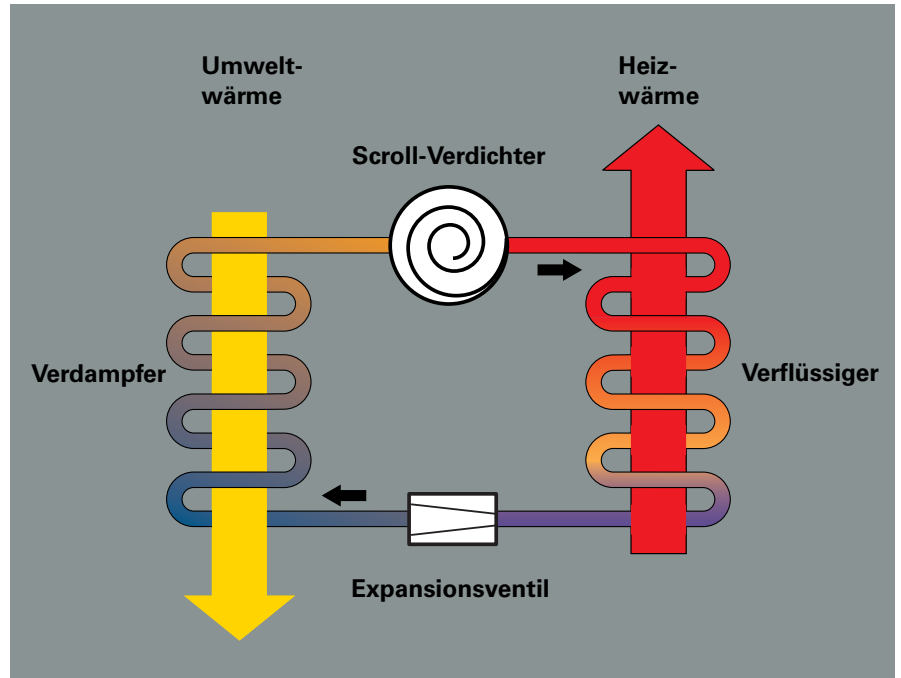


Bild 36: Funktionsschema einer Wärmepumpe

## Leistungszahl

Damit stellt die Wärmepumpe neben der Solartechnik und der Nutzung von Holz als Brennstoff das einzige Heizsystem dar, das eine CO<sub>2</sub>-arme Erzeugung von Wärme ermöglicht.

Moderne mit Strom betriebene Wärmepumpen beziehen etwa drei Viertel der zum Heizen erforderlichen Energie aus der Umwelt, das restliche Viertel wird als Strom für den Antrieb des Verdichters bezogen. Da diese elektrische Energie letztlich auch in Wärme umgewandelt wird, kann sie für Heizzwecke genutzt werden.

Aus dem Verhältnis von abgegebener Heizwärme (einschließlich der aus der Stromzufuhr entstandenen Wärme des Verdichters) zur eingesetzten Energie (Strombezug) ergibt sich die Leistungszahl (in diesem Fall  $(3 + 1) / 1 = 4$ ), die die Effektivität der Wärmepumpe beschreibt (Bild 37).

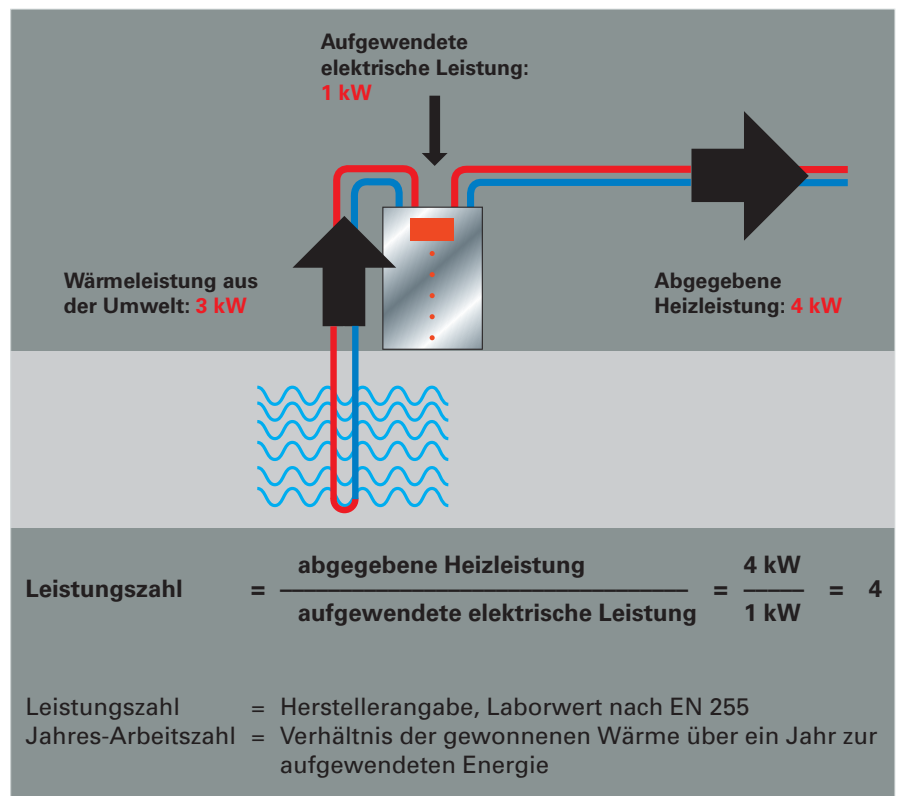


Bild 37: Ableitung der Leistungszahl

# Wärme aus der Natur

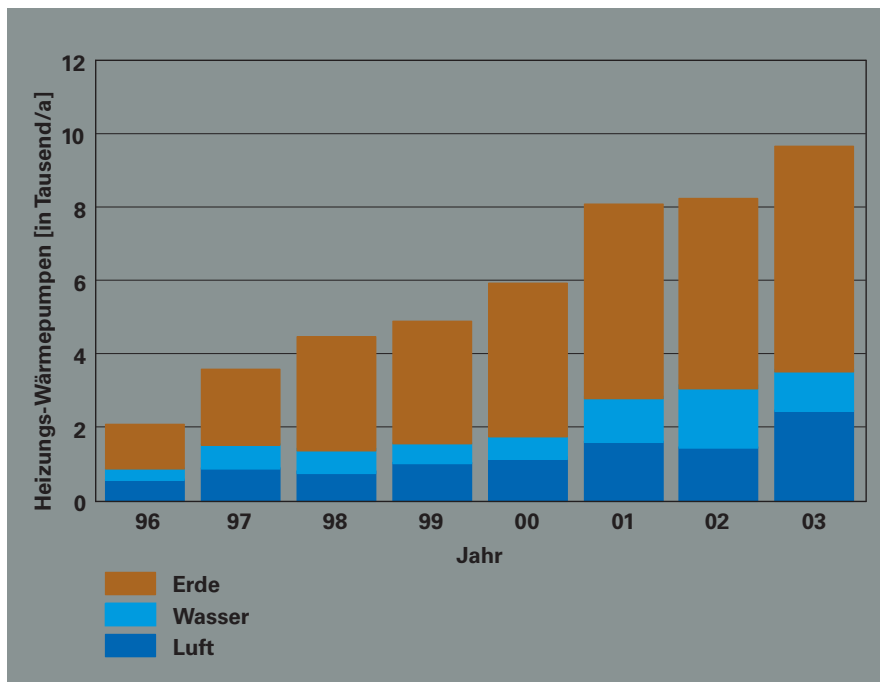
## Wärmequellen

Für die Nutzung der Umgebungswärme stehen die Wärmequellen Erdreich, Wasser und Umgebungsluft zur Verfügung.

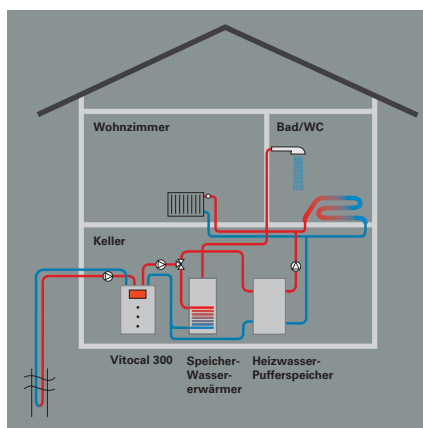
Die im Erdreich gespeicherte Sonnenenergie kann entweder über großflächig horizontal verlegte Erdkollektoren oder über Erdsonden, die durch entsprechende Bohrungen senkrecht in eine Tiefe von bis zu 100 m eingebracht werden, genutzt werden. Größere Tiefen sind natürlich möglich. Als Arbeitsmedium wird dabei in der Regel Sole (Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel) eingesetzt. Diese Variante stellt in Deutschland die häufigste Lösung dar (Bild 38).

Außerdem ist es möglich, Wärme aus Grundwasser (Brunnen) zu beziehen. In diesem Fall wird aus einem Förderbrunnen Wasser entnommen und nach dem Wärmeentzug in einen Schluckbrunnen zurückgeführt.

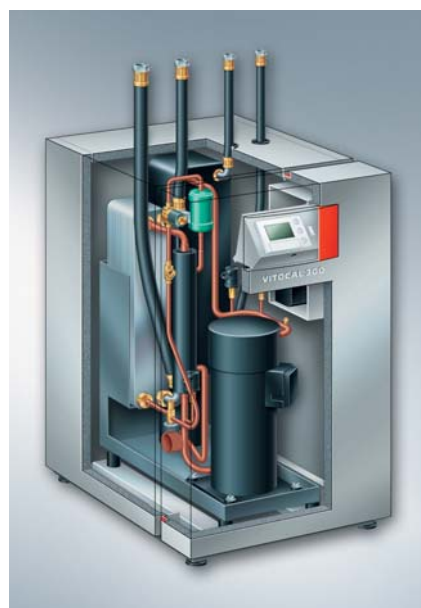
Bei Nutzung der Außenluft als Wärmequelle wird diese über einen Luftkanal angesaugt, in der Wärmepumpe abgekühlt und wieder an die Umgebung abgegeben. Dieses Prinzip ist für Umgebungslufttemperaturen bis minus 20°C anwendbar.



**Bild 38:** In Deutschland jährlich neu installierte Wärmepumpen (Quelle: BWP – Bundesverband Wärmepumpe)



**Bild 39:** Nutzung der Erdwärme – Vitocal 300, Typ BW mit Erdsonde



**Bild 40:** Sole/Wasser-Wärmepumpe Vitocal 300, Typ BW

# Wärme aus der Natur

## Wärmepumpen mit erhöhter Vorlauftemperatur

Nicht jeder Nutzer möchte aus Beaglichkeitsgründen Fußbodenheizung. Deshalb bieten Wärmepumpen mit hohen Vorlauftemperaturen neben dem Einsatz in der Modernisierung auch im Neubau die Möglichkeit, Heizkörper-Systeme zu nutzen. Die Auslegung der Heizkörper kann somit bei 55/45°C erfolgen und die Warmwasser-Bereitung wird durch das Erreichen von 65°C Vorlauftemperatur optimiert.

Um mit einer einstufig arbeitenden Wärmepumpe und dem Arbeitsmedium R 407 C Vorlauftemperaturen über 55°C zu erreichen, bedient man sich nun eines technischen Tricks – der Dampfeinspritzung, wie es Viessmann gemeinsam mit Copeland (Verdichterhersteller) entwickelt hat (Bild 41).

Hinter dem Verflüssiger wird bei ① über ein Magnetventil ② die Einspritzmenge des Arbeitsmediums abgezweigt. Dieses flüssige aber unter hohem Druck stehende Arbeitsmedium wird im Druckreduzierventil ③ auf den Einspritzdruck entspannt und in einem Zwischenwärmetauscher ④ verdampft. Vom Zusatzwärmetauscher gelangt das dampfförmige Arbeitsmedium zum Verdichter, wo es direkt in den Verdichtungsprozess eingespritzt wird.

Durch den eingespritzten Dampf wird das bereits im Verdichter vorhandene Arbeitsmedium gekühlt. Der durch die Abkühlung eines Mediums grundsätzlich verursachte Druckabfall wird dabei jedoch durch die Menge des eingespritzten Arbeitsmediums ausgeglichen.

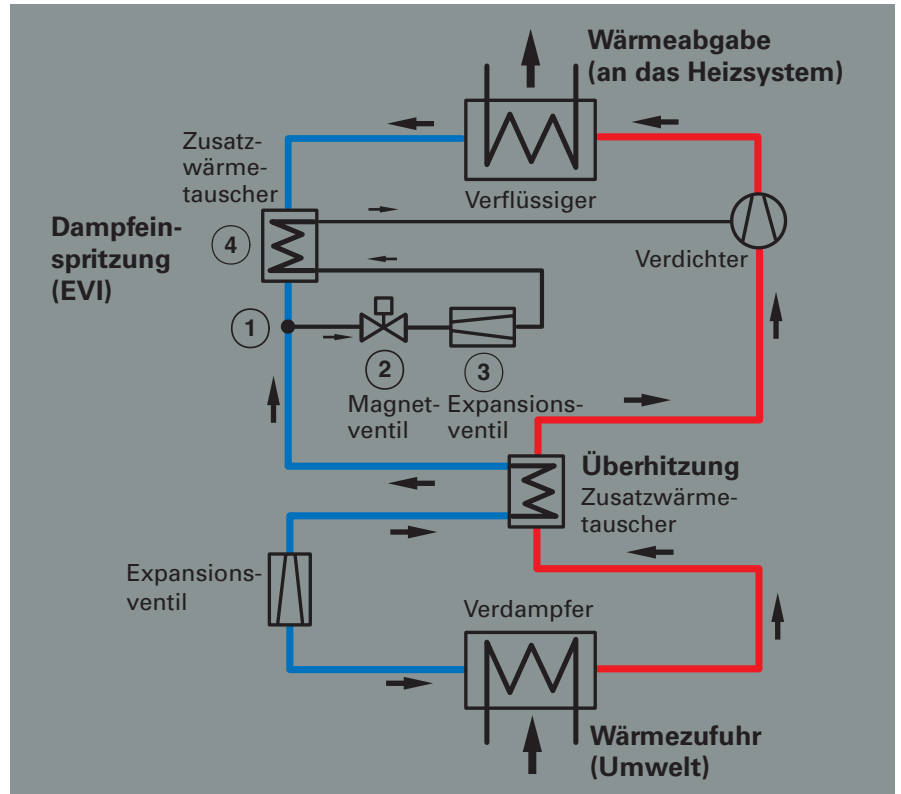


Bild 41: Vereinfachtes Funktionsschema einer Wärmepumpe mit Dampfeinspritzung

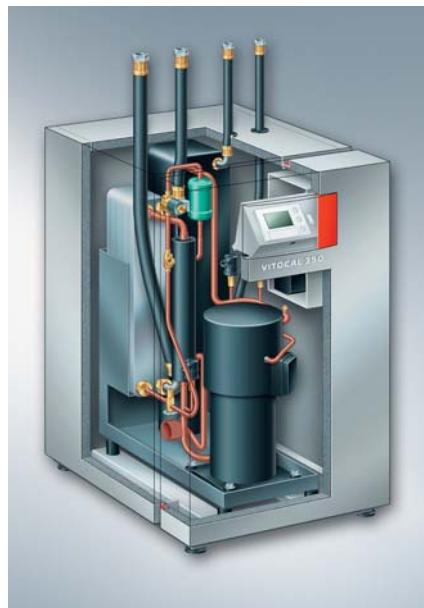


Bild 42: Vitocal 350 – Wärmepumpe bis 65°C Vorlauftemperatur



Bild 43: Heizkreisregelung CD 60

# Wärme aus der Natur

Da das Arbeitsmedium durch die Dampfeinspritzung aber eine geringere Temperatur aufweist, kann die Verdichtung erhöht werden. Am Schluss des Verdichtungs Vorgangs wird deshalb ein höherer Druck erreicht – ohne unzulässig hohe Temperaturen zu erhalten – als bei einem vergleichbaren Verdichter ohne Dampfeinspritzung.

Wärmepumpen wie die Vitocal 350 (Bild 42) mit Dampfeinspritzung erreichen Vorlauftemperaturen bis 65°C und Trinkwassertemperaturen von 58°C. Dadurch könnten auch mit dem Kältemittel R 407 C Heizsysteme mit einer Auslegung 65/55°C versorgt werden, ohne dass eine Jahresarbeitszahl von 3 unterschritten wird.

So eignet sich diese Bauart besonders für den Einsatz in älteren Heizungsanlagen mit Radiatoren. Sie kann monovalent, also ohne weiteren Wärmeerzeuger, ganzjährig den gesamten Bedarf an Wärme für die Wohnraumbeheizung und Trinkwassererwärmung decken.

Darüber hinaus ist diese Wärmepumpenbauart auch dann interessant, wenn hohe Trinkwassertemperaturen gewünscht werden, um besondere Ansprüche hinsichtlich Warmwasserkomfort und Hygienestandard zu befriedigen.



Bild 44: Wärmepumpen-Anlage

## **Compliant-Scroll-Verdichter**

Das Herzstück einer Wärmepumpe ist der Verdichter (Bild 45), der für die Anhebung des Temperaturniveaus von der kalten Seite (Wärmequelle) zur warmen Seite (Heizkreis) sorgt. Moderne Compliant-Scroll-Verdichter unterscheiden sich von Hubkolbenverdichtern vorangegangener Wärmepumpengenerationen durch Langlebigkeit und hohe Laufruhe. Sie gelten als Industriestandard in Europa, Japan und den USA und sind bereits über 12 Mio. mal erfolgreich im Einsatz. Durch die vollhermetische Abdichtung des Verdichters wird ein wartungsfreier Betrieb über viele Jahre sichergestellt.



Bild 45: Compliant Scroll-Verdichter

# Wärme aus der Natur

## Kompaktgeräte für Niedrigenergiehäuser: Vitocal 343

Vitocal 343 (Bild 47) ist der Compact-Energy-Tower für Heizung und Trinkwassererwärmung in Niedrigenergiehäusern. Auf der Fläche von nur 600 x 670 mm befinden sich die Sole/Wasser-Wärmepumpe, der 250 Liter fassende Solarspeicher, Umwälzpumpen für Sole, Heizung und den optionalen Solarkreis sowie alle hydraulischen Anschlüsse und die Regelung.

Das Herzstück des Vitocal 343 ist der bewährte Compliant Scroll-Verdichter. Mit 6 kW Leistung und einer Leistungszahl von 4,3 im Heizbetrieb erreicht die Wärmepumpe Vorlauftemperaturen von bis zu 60°C (mit integriertem elektrischem Heizelement 70°C).

Der integrierte Speicher-Wassererwärmer mit 250 Litern Inhalt und zweitem Wärmetauscher ist für die Einbindung einer Solaranlage vorgesehen. Gleiches gilt für die digitale Regelung, so dass zur Nutzung der Solarenergie lediglich die Kollektoren montiert werden müssen (Bild 46).

## Natural Cooling: Kühlen mit der Wärmepumpe

An heißen Sommertagen sind die Temperaturen im Erdreich und im Grundwasser in der Regel niedriger als im Gebäudeinneren. Das niedrigere Temperaturniveau der „Wärmequelle“ kann deshalb zur Kühlung genutzt werden (Zubehör notwendig). Dazu besitzen Vitocal Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen eine so genannte „natural cooling“-Funktion.

Während des Kühlbetriebes bleibt die Wärmepumpe außer Betrieb. Die Regelung der Wärmepumpe steuert die Pumpe des Primärkreises an, um die Sole umzuwälzen. Über einen zusätzlichen Wärmetauscher im Primärkreis kann das Temperaturniveau der Wärmequelle (im Sommer ca. 8 bis 12°C) zur Kühlung des Gebäudes genutzt werden.

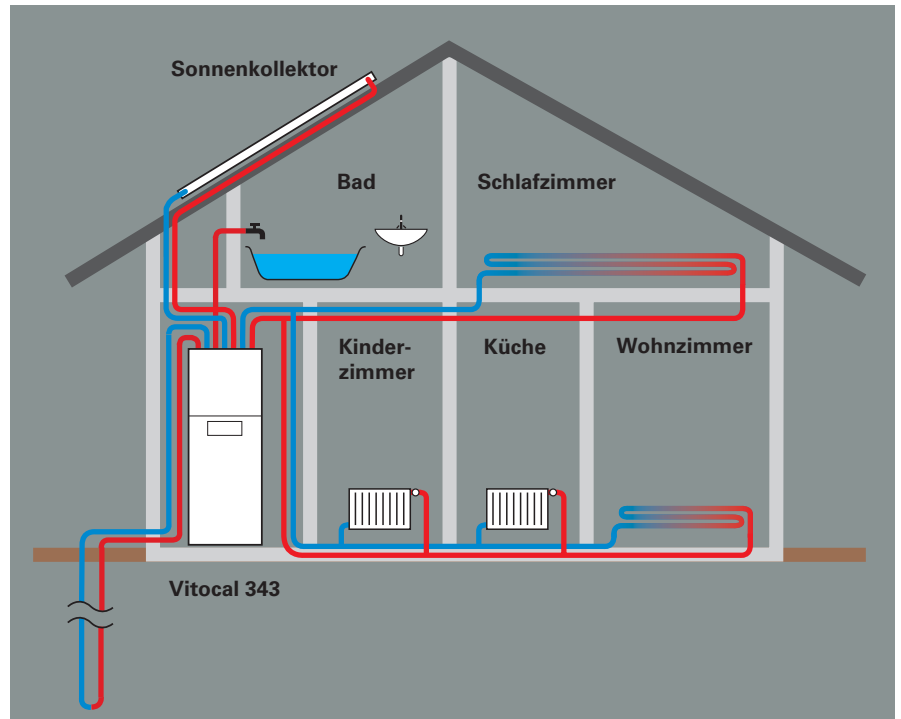


Bild 46: Systemdarstellung Vitocal 343

Grundsätzlich ist die Kühlfunktion „natural cooling“ in ihrer Leistungsfähigkeit nicht mit Klimaanlage oder Kaltwassersätzen zu vergleichen. Mit „natural cooling“ wird keine Entfeuchtung der Luft vorgenommen. Die Kühlleistung ist abhängig von der Wärmequellentemperatur, die jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sein kann. So wird die Kühlleistung erfahrungsgemäß zu Beginn des Sommers größer sein als zum Ende des Sommers. Erfahrungen im besonders warmen Sommer 2003 haben allerdings gezeigt, dass diese einfache Möglichkeit der Gebäudekühlung einen erheblichen Komfortgewinn in der warmen Jahreszeit mit sich bringt.

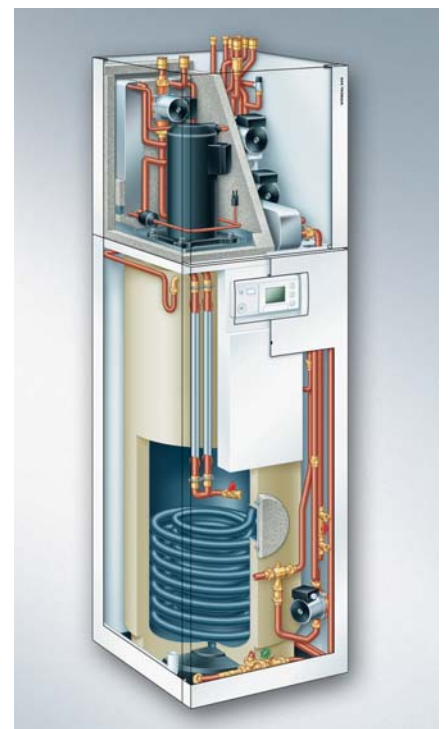


Bild 47: Vitocal 343 Wärme-Compact-Tower für Niedrigenergiehäuser



## 6.2 Pelletskessel für den nachwachsenden Brennstoff Holz

Holzvergaser- und insbesondere moderne Pelletskessel (Bild 48) bieten jetzt die Möglichkeit, Holz zur komfortablen zentralen Beheizung von Gebäuden und zur Trinkwassererwärmung zu nutzen.

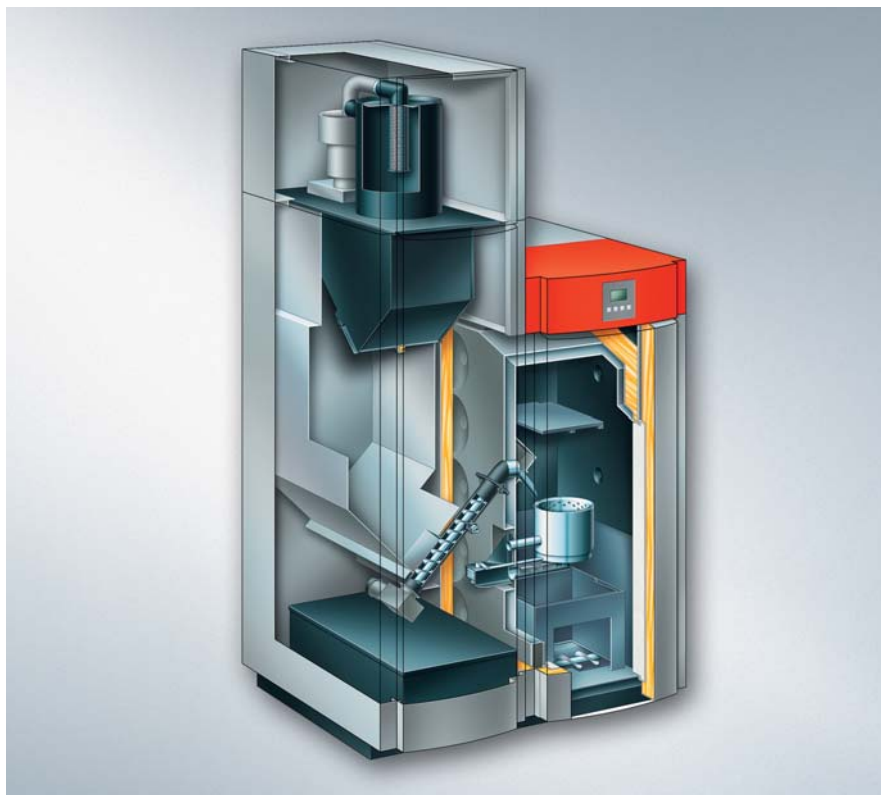
### *Pelletskessel auch für Neubauten*

Einen wesentlichen Schritt dazu stellt die Leistungsmodulierung dar, die dafür sorgt, dass die erzeugte Wärme dem aktuellen Bedarf angepasst werden kann. So kann bei Pelletskesseln auf große und aufwändige Pufferbehälter verzichtet werden, die die Wärme speichern, die von unregelmäßigem Kessel erzeugt wird, aber aktuell nicht abgenommen werden kann.

Moderne Regelungen sorgen in Verbindung mit der modulierenden Betriebsweise dafür, dass automatisch beschickte Pelletskessel auch in Gebäuden mit niedrigem Wärmebedarf einsetzbar sind. Durch vorgegebene Regelalgorithmen wird die Pelletsbeschickung bereits vor Erreichen der Kesselwasser-Solltemperatur reduziert, so dass der Kessel immer im richtigen Temperaturbereich betrieben wird.

### *Pelletsverbrennung bietet hohen Komfort*

Ein moderner Pelletskessel entspricht in puncto Heizkomfort und Bedienungsfreundlichkeit praktisch Öl-/Gas-Heizsystemen – dank der modulierenden Leistungsanpassung, automatischem Brennerstart, einer digitalen Regelung und dem modularen Aufbau. Durch ein stufenloses Saugzuggebläse wird ein modulierender Betrieb realisiert, dadurch ist die optimale Anpassung an den momentanen Wärmebedarf möglich. Die Pelletsbeschickung erfolgt vollautomatisch (Bild 49), die Heizflächen werden selbsttätig gereinigt. Beste Verbrennungsergebnisse sorgen für extrem geringen Ascheanfall. Eine Ascheentleerung ist nur etwa einmal pro Heizperiode notwendig.



**Bild 48:** Vitotig 300 Holzpellets-Heizsystem, 2,9 bis 25,9 kW

Wichtig ist, dass die Kesselkonstruktion geeignete Verbrennungsbedingungen erlaubt. Ab ca. 230°C startet die thermische Zersetzung von Holz. Das entstehende Gas entzündet sich selbständig bei 400°C, wenn Luftsauerstoff zur Verfügung steht. Bei ca. 650°C endet die thermische Zersetzung, der verbleibende Masseanteil von etwa 25% verbrennt mit bläulicher Flamme (Holzkohle).

Der typische Temperaturbereich der Holzverbrennung liegt zwischen 800 und 1200°C. Je höher die Temperatur ist, desto vollständiger ist die Verbrennung der Hauptbestandteile C, H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> zu CO<sub>2</sub> und Wasserdampf. Bei niedrigen Feuerungstemperaturen bleiben ringförmige Kohlenwasserstoffe (Benzol, Aromaten) erhalten, was unerwünscht ist. Die Kesselkonstruktion muss also sicherstellen, dass die bei der Holzverbrennung maximal mögliche Temperatur von 1000 bis 1200°C erreicht wird, um eine vollständige Oxidation sicherzustellen.



**Bild 49:** Brennerschale aus hochhitzebeständigem Edelstahl

# Wärme aus der Natur

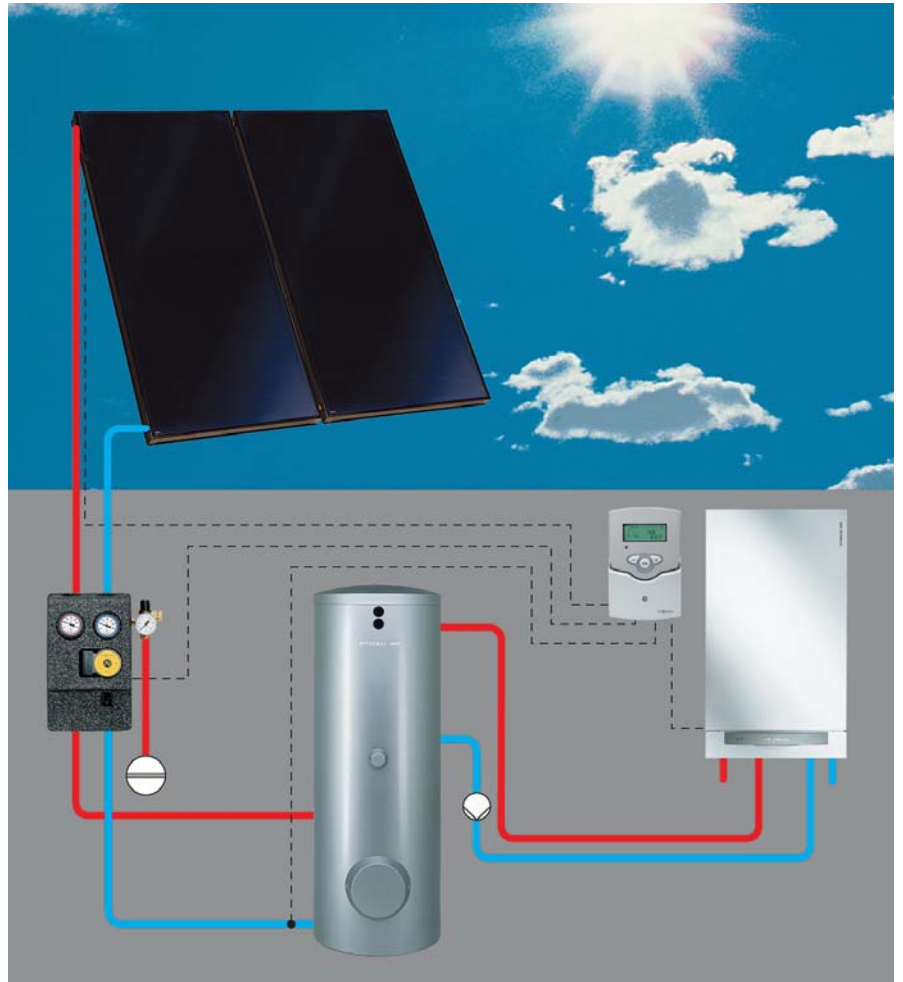
## 6.3 Sonnenkollektoren

In unseren Breiten liegt die Solarstrahlung, also die Summe aus direkter und diffuser Sonnenstrahlung, unter optimalen Bedingungen bei max.  $1,0 \text{ kW/m}^2$ . Sonnenkollektoren können diese Energie auffangen und bis zu 75% der Solarstrahlung in Wärme umsetzen.

Ein Solarsystem aus abgestimmten Komponenten (Bild 50) kann 50 bis 60% des jährlichen Energiebedarfs zur Trinkwassererwärmung von Ein- und Zweifamilienhäusern decken. In den Sommermonaten reicht die Sonnenenergie sogar aus, um die Trinkwassererwärmung vollständig zu übernehmen. Der Heizkessel schaltet sich ab.

### Bauarten

Für die Ausstattung eines Ein- oder Mehrfamilienwohnhauses werden Flach- oder Vakuum-Röhrenkollektoren eingesetzt. Das Funktionsprinzip ist im Wesentlichen bei allen Varianten identisch. Sonnenstrahlung trifft auf eine selektiv wirkende Absorberschicht, die möglichst viel dieser Strahlung in Wärme umwandelt. Ein Wärmeträgermedium (Wasser-Frostschutz-Gemisch) kühlt den Absorber und transportiert die gewonnene Wärme zum Speicher-Wassererwärmer.

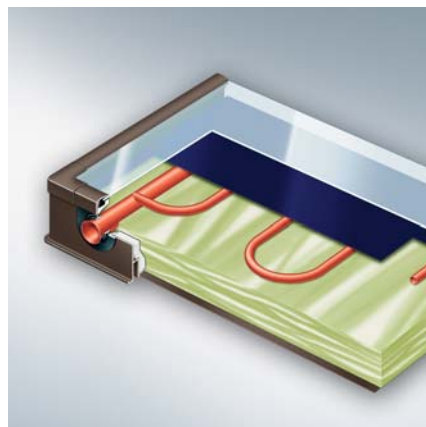


**Bild 50:** Heizkessel, bivalenter Speicher-Wassererwärmer, Solaranlage und Regelung in einem Niedrigenergiehaus

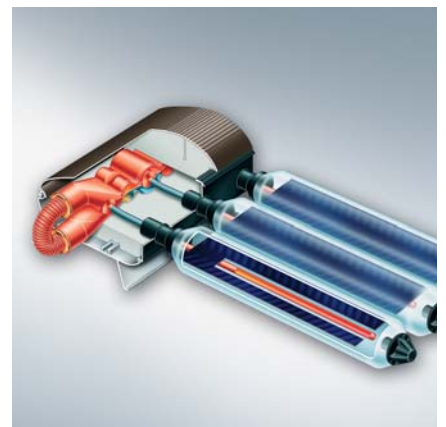
### Flachkollektoren

Der Flachkollektor Vitosol 100 (Bild 51) besteht aus einer selektiv beschichteten Absorberfläche mit integrierten Rohren. Ein Wasser-Frostschutz-Gemisch strömt durch die Rohre, nimmt die Wärme auf und leitet sie zum Speicher-Wassererwärmer.

Kollektoren lassen sich problemlos auf dem Dach aufbauen, Flachkollektoren auch darin integrieren.



**Bild 51:** Vitosol 100 Flachkollektor



**Bild 52:** Vitosol 300 Vakuum-Röhrenkollektor

# Wärme aus der Natur

## **Vakuum-Röhrenkollektoren**

Vakuum-Röhrenkollektoren (Bild 52) wie Vitosol 200, Vitosol 250 und Vitosol 300 besitzen evakuierte Glasröhren. Dadurch wird der Wärmeverlust weiter reduziert. Der Wirkungsgrad ist bei diesem Kollektortyp generell höher als bei Flachkollektoren. Bei diesen Kollektoren sind die Röhren einzeln drehbar. Sie können also optimal zur Sonne ausgerichtet werden.

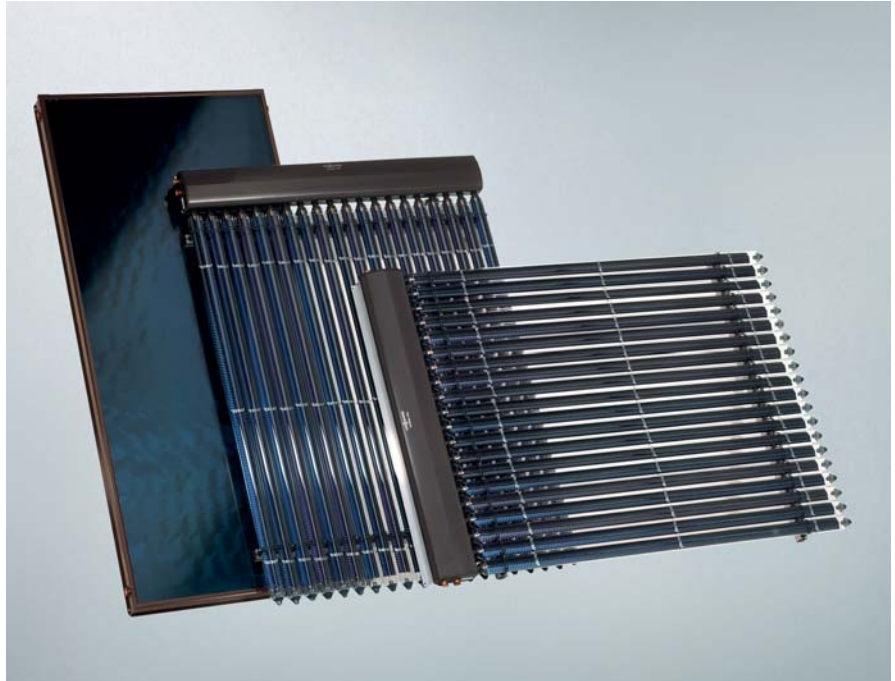
## **Regelung für Solaranlagen**

Eine Anlage zur Nutzung der Sonnenenergie kann ihre volle Wirkung und eine lange Nutzungsdauer nur mit einer speziell angepassten Regelung entfalten (Bild 54).

Eine Solarregelung mit Temperatursensoren misst die Kollektor- und Speichertemperatur und schaltet, wenn die Kolleortemperatur um einen eingestellten Differenzwert höher ist als die Speichertemperatur, eine Umwälzpumpe ein. Dadurch wird das Wärmeträgermedium im geschlossenen Kreislauf umgewälzt und der Speicher-Wassererwärmer erwärmt. In der Pumpstation sind Sicherheitsvorrichtungen wie das Sicherheitsventil integriert und das Ausdehnungsgefäß kann angeschlossen werden.

## **Bivalente Speicher-Wassererwärmer**

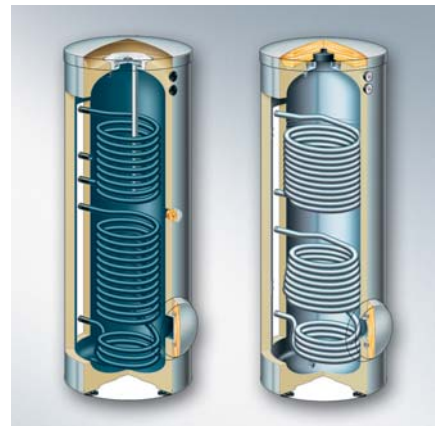
Für die solare Trinkwassererwärmung werden in der Regel bivalente Speicher-Wassererwärmer (Bild 55), also Speicher-Wassererwärmer mit zwei integrierten Heizwendeln, eingesetzt. Mit der unteren Heizwendel wird die Solarwärme aus dem Wärmeträgermedium auf das Trinkwasser übertragen. Ist die Sonneneinstrahlung nicht ausreichend, wird über die obere Heizwendel mit einem konventionellen Wärmeerzeuger nachgeheizt.



**Bild 53:** Viessmann Sonnenkollektoren Vitosol



**Bild 54:** Regelungen Vitosolic 100 und Vitosolic 200



**Bild 55:** Bivalenter Speicher-Wassererwärmer Vitocell-B 100 und Vitocell-B 300

# Wärme aus der Natur

## Auslegung einer Solaranlage

Der Warmwasserbedarf liegt durchschnittlich zwischen 30 und 50 Litern (45°C) pro Tag und Person. Die Wassererwärmung verursacht einen erheblichen Anteil der Heizkosten. Im Gebäudebestand sind dies 10 bis 15%, bei Niedrigenergiehäusern kann der Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung jedoch bis zu 30% des gesamten Energiebedarfs ausmachen, da der Warmwasserverbrauch seit vielen Jahren in etwa konstant ist. Der Heizwärmebedarf von Niedrigenergiehäusern dagegen fällt im Vergleich zum Gebäudebestand sehr gering aus.

## Kollektorgröße

Grundsätzlich sollte eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung hinsichtlich der Kollektorgröße so bemessen sein, dass im Sommer kein Wärmeüberschuss produziert wird. Eine größere Kollektorfläche würde die solare Deckungsrate im Jahresmittel kaum steigern, da in den Sommermonaten Überschusswärme produziert würde, die nicht genutzt werden könnte. Der typische Verlauf einer solaren Deckungsrate im Jahreslauf ist in Bild 56 wiedergegeben.

Mit dieser Auslegung lassen sich im Jahresmittel 50 bis 60% der zur Trinkwassererwärmung notwendigen Wärme solar erzeugen.

## Ausrichtung einer Solaranlage

Wichtig für eine größtmögliche Energieaufnahme der Kollektoren ist deren Ausrichtung. Der Azimutwinkel (Bild 57) beschreibt die Abweichung der Kollektorebene aus der Südrichtung; Kollektorebene nach Süden ausgerichtet heißt Azimutwinkel = 0°. Da die Sonneneinstrahlung während der Mittagszeit am intensivsten ist, sollte die Kollektorebene möglichst

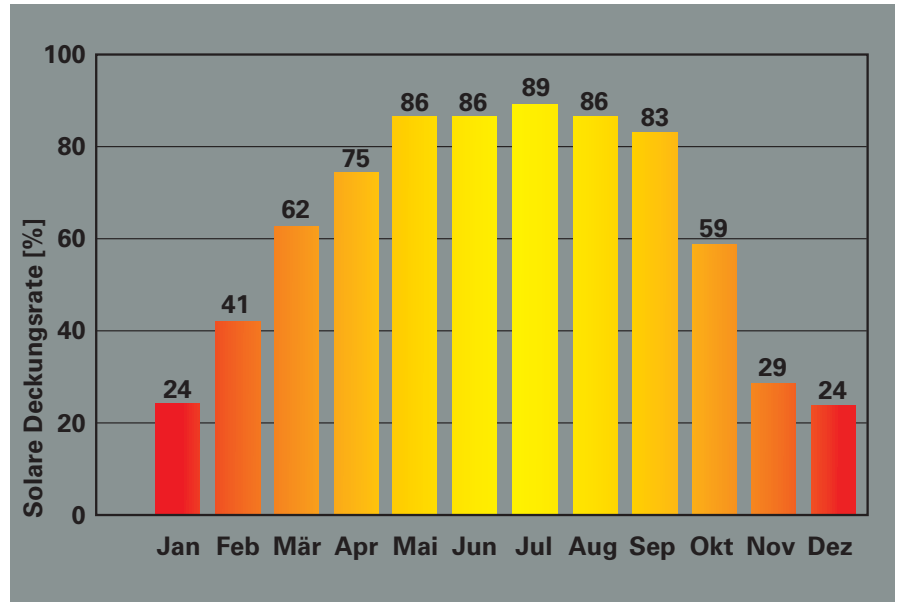


Bild 56: Solare Deckungsrate

nach Süden ausgerichtet sein. Gute Ergebnisse werden aber auch bei Abweichungen aus der Südrichtung bis zu 45° Südost bzw. Südwest erzielt. Höhere Abweichungen können durch leicht vergrößerte Kollektorflächen ausgeglichen werden.

## Wirtschaftlichkeit und Ökologie

Bei einer mittleren jährlichen solaren Deckungsrate von 60% können in einem 4-Personen-Haushalt jährlich ca. 300 m<sup>3</sup> Gas bzw. 300 Liter Heizöl eingespart werden. Dies führt zu einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emission von etwa 600 kg (Erdgas) bzw. 780 kg (Heizöl) pro Jahr. Auch die übrigen umweltschädlichen Emissionen wie SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> werden entsprechend der solaren Deckungsrate gesenkt.

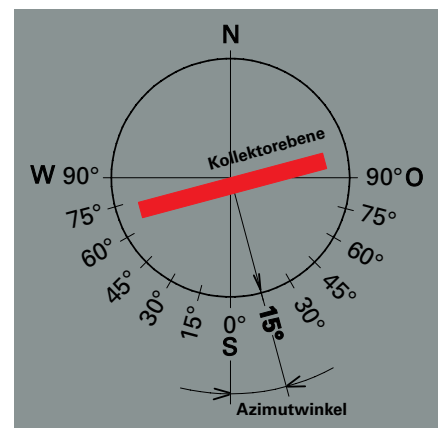


Bild 57: Ausrichtung der Kollektoren



# Wärme aus der Natur

## 6.4 Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

Die Wohnungslüftung führt Schadstoffe und übermäßige Raumluftfeuchte ab. Die Feuchtelasten hängen hauptsächlich von der Zahl der Bewohner ab, es wird daher ein Volumenstrom von etwa 30 m<sup>3</sup>/h pro Person empfohlen. Die Mindestluftwechselrate beträgt 0,3 h<sup>-1</sup> unabhängig von der Personenbelegung, damit Schad- und Geruchsstoffe zuverlässig abgeführt werden. Das bedeutet, dass die Raumluft mindestens alle zwei Stunden vollständig ausgewechselt werden sollte. Die bisher dafür praktizierte Lüftung durch Öffnen der Fenster ist kaum kontrollierbar und steht der erwünschten Energieeinsparung im Niedrigenergiehaus entgegen.

### Neubauten brauchen eine kontrollierte Wohnungslüftung

Aufgrund der guten Wärmedämmung geht in Neubauten, insbesondere in Niedrigenergiehäusern nur noch wenig Heizwärme über Wände und Fenster verloren (Transmissionswärmeverluste). Der Heizwärmebedarf eines Niedrigenergiehauses wird damit zu einem wesentlichen Teil durch die Lüftung beeinflusst.

Um den Heizenergiebedarf bei optimalem Luftaustausch möglichst gering zu halten, ist es notwendig, ein System zur kontrollierten Wohnraumlüftung einzusetzen. Diese Anlagen sollen die Bewohner beim energiesparenden Lüften unterstützen. Durch moderne Lüftungssysteme kann in der Heizperiode auf das Öffnen von Fenstern verzichtet werden. Die Raumluft wird permanent und gleichmäßig ausgetauscht, der Heizwärmebedarf sinkt durch die integrierte Wärmerückgewinnung (Bild 58).

Das zentrale Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung Vitovent 300 (Bild 59) führt die Abluft über einen Wärmeaustauscher. Dort wird die kalte Außenluft von der Abluft erwärmt. So kann bis zu 90% der Wärme zurückgewonnen werden.

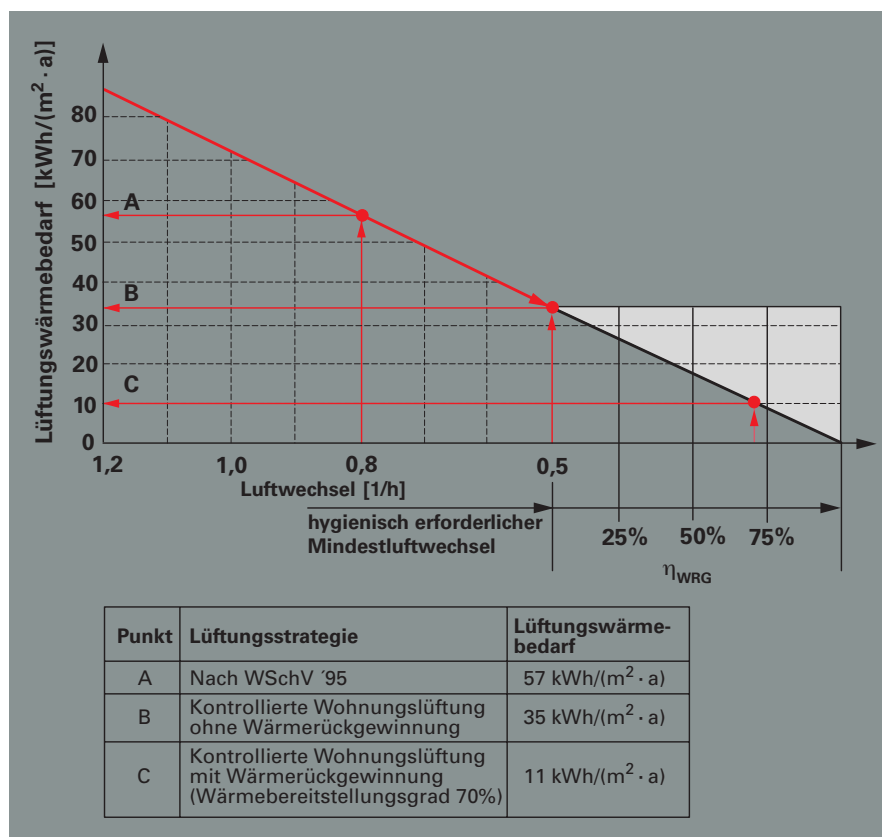


Bild 58: Lüftungswärmebedarf

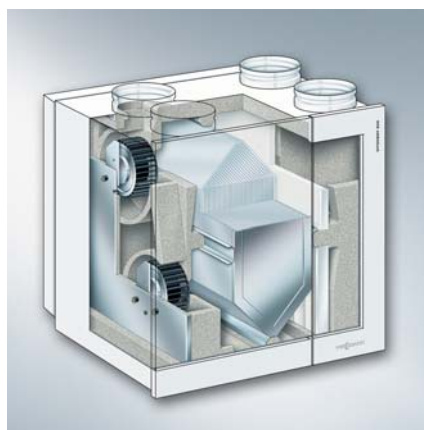


Bild 59: Vitovent 300 Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung



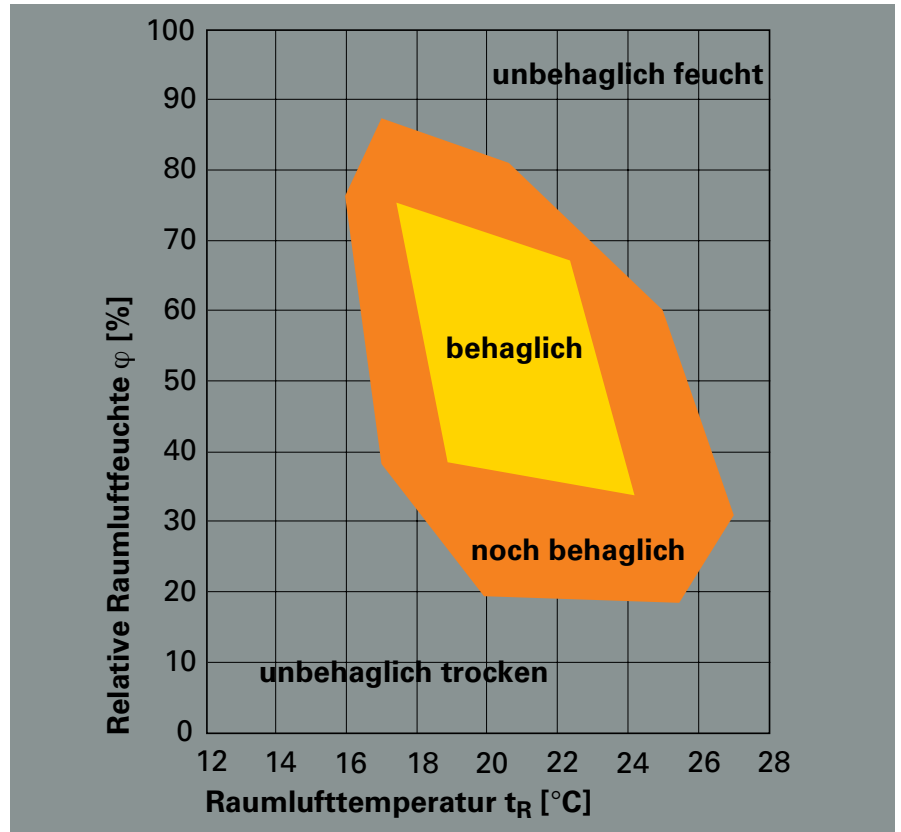
# Wärme aus der Natur

## **Wohnungslüftung bringt Vorteile bei der EnEV**

Der Einbau von Wohnungslüftungen wird daher in der Energieeinsparverordnung berücksichtigt. Je nach Ausführung werden durch den Einbau von Wohnungslüftungs-Systemen die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz graduell verringert.

Lüftungssysteme helfen, die Raumluft ständig frisch zu halten und wirken einer Überfeuchtung der Raumluft entgegen. Geruchs- und Schadstoffe werden abgeführt, der Verbreitung von Schimmel und Hausstaubmilben wird verhindert. Die richtige Balance zwischen der Raumtemperatur und der relativen Raumluftfeuchte wird durch ein Wohnungslüftungs-System erreicht und das wiederum sorgt für behaglichen Wohnkomfort (Bild 60).

Das Viessmann Wohnungslüftungs-System Vitovent 300 ist zusätzlich mit einem Pollenfilter (Filterklasse F6) versehen, um die Wohnräume auch für Allergiker angenehmer zu machen (Bild 61).



**Bild 60:** Behaglichkeitsfeld



**Bild 61:** Einfacher Filterwechsels beim Vitovent 300

# Wärme aus der Natur

## **Wichtig: Lüftungsanlagen bereits bei der Bauplanung berücksichtigen**

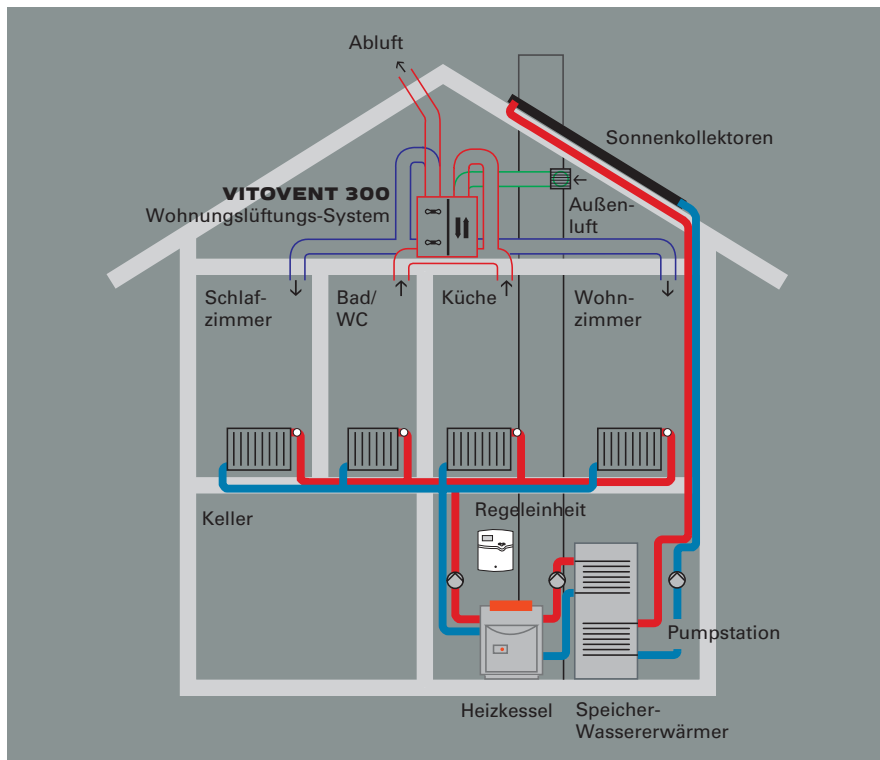
Der Einbau einer Wohnungslüftungsanlage sollte bereits bei der Gebäudeplanung berücksichtigt werden. Die optische Integration sowie die Montagearbeiten werden damit deutlich vereinfacht (Bild 62). Die Integration der Lüftungsanlage in das Gebäude muss sorgfältig geplant werden. Günstig ist eine möglichst kurze, unverzweigte und strömungsgünstige Ausführung der Lüftungskanäle.

Flachkanäle (Bild 63) bieten die Möglichkeit, besonders raumsparende und kostengünstige Installationen innerhalb der gedämmten Gebäudehülle vorzunehmen, da sie einfach in den Fußbodenaufbau und in Zwischenwänden integriert werden können.

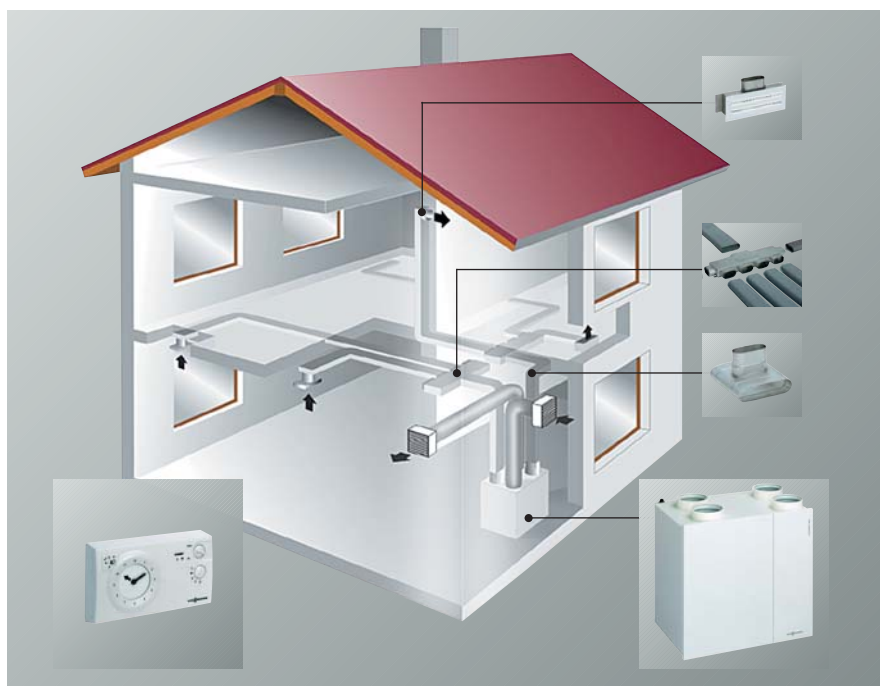
Die Häuser müssen eine möglichst luftdichte Hülle aufweisen, damit die erwartete Energieeinsparung tatsächlich eintritt und zusätzliche unkontrollierte Lüftungswärmeverluste durch Infiltration von Außenluft durch Gebäudeundichtigkeiten vermieden werden.

Egal, ob das Lüftungszentralgerät innerhalb oder außerhalb der wärmedämmten Gebäudehülle aufgestellt wird, der Aufstellungsort sollte möglichst nahe am Durchtritt der Kanäle durch die wärmedämmte Gebäudehülle gewählt werden. Damit werden lange Kanalstücke (Außen-/Fortluft bei Innenaufstellung bzw. Zu-/Abluft bei Außenaufstellung) vermieden, die aufwändig wärmedämmt werden müssen.

Die Abluft von Küchen-Dunstabzugshauben sollte aus hygienischen und reinigungstechnischen Gründen nicht über die Abluftkanäle der Lüftungsanlage geleitet werden.



**Bild 62:** Integriertes System mit Vitovent 300, Heizkessel, Speicher-Wassererwärmer und Regelung



**Bild 63:** Vitovent 300 Wohnungslüftungs-System mit Wärmerückgewinnung und Luftvorwärmung sorgt im Sommer und Winter für ein behagliches Raumklima

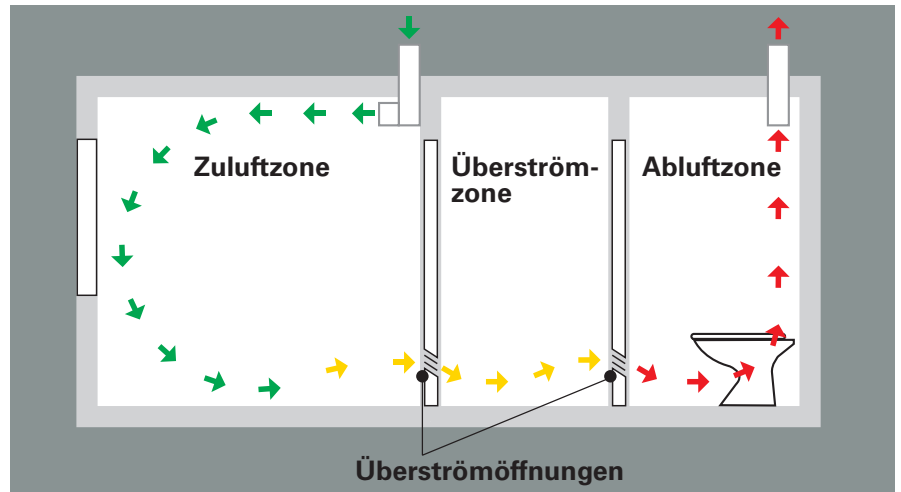
# Wärme aus der Natur

## Kanalführung

Für die Kanalführung beim Einsatz von Kompaktgeräten wie Vitotres 343 (siehe auch Kap. 6.5) gelten prinzipiell die gleichen Empfehlungen. Das Gerät sollte möglichst nahe an der Außenwanddurchführung platziert werden. Drehstrom-, Kaltwasser- und Kondensatablauf müssen am Aufstellort angeschlossen werden. Hier bietet sich also das Badezimmer oder die Nähe zu den Funktionsräumen an.

Mit kurzen Leitungswegen an der Decke (z. B. hinter der abgehängten Decke im Flur oder mit Abkofferung) wird die Zuluft in die Wohn- und Schlafräume eingebracht und z. B. mit Weitwurfdüsen verteilt. Vorteilhaft ist es, diese direkt über der jeweiligen Zimmertüre anzuordnen, weil sie dort nicht durch Möbel verstellt wird. Überströmöffnungen in, unter oder über Türen sorgen dafür, dass die Luft von den Zuluftträumen in den Überströmbereich (also z. B. den Flur) und von dort in die Ablufträume gelangen kann. Hier ist auf ausreichend große Querschnitte, insbesondere im Badezimmer, zu achten.

Dieses sogenannte Prinzip der gerichteten Durchströmung sorgt dafür, dass die Wohnräume stets mit frischer Luft versorgt und geruchs- und feuchtebelastete Luft aus den Ablufträumen gezielt abgeführt wird (Bild 64).



**Bild 64:** Gerichtete Durchströmung: von der Zuluftzone durch die Überströmzone in die Abluftzone

Besonders wichtig für den Komfort ist der Schallschutz. Geeignete Schalldämpfer im Kanalnetz sorgen dafür, dass Geräteschall (Ventilatorgeräusch etc.) und Telefoneschall (Geräusche aus dem Nachbarraum, der über Zuluftkanäle in Verbindung steht) abgeschwächt werden. Damit ist von der Lüftungsanlage fast nichts zu hören. Geringe Strömungsgeschwindigkeiten in den Kanälen und Ventilen sorgen nicht nur für geringe Druckverluste und damit hohe Effizienz sondern vermeiden auch unnötige Strömungsgeräusche.

Damit auch jeder Raum so viel Luft bekommt wie geplant, sollte die Anlage bei der Inbetriebnahme sorgfältig einreguliert werden, also die Zu- und Abluftventile entsprechend eingestellt werden.

## Erdwärmetauscher

Zur Vorerwärmung der Außenluft können Erdwärmetauscher eingesetzt werden, also Kanäle, die in etwa 1,5 m Tiefe im Erdreich verlegt werden. Durch die Wärmespeicherung des Erdreichs werden die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Außenlufttemperatur gedämpft und verzögert. Für ein gleichmäßiges Gefälle (mindestens 1 bis 2%) und eine geeignete Kondensatentwässerung ist zu sorgen (Bild 65).



**Bild 65:** Erdwärmetauscher-Verlegung im erweiterten Arbeitsraum des Gebäudes (Quelle: Passivhäuser Wegere (CH), CEPHEUS Endbericht 2001)

# Wärme aus der Natur

## 6.5 Kompakte Systemlösung für Passivhäuser

Als Systemlösung für Passivhäuser können Luft/Wasser-Wärmepumpen mit einer Anlage zur kontrollierten Wohnungslüftung kombiniert werden (Bild 66). Dabei nutzt die Wärmepumpe den Wärmeanteil der Abluft, der von der Wärmerückgewinnung der Lüftung nicht verwertet werden kann, und verwendet ihn zur Nacherwärmung der Zuluft oder zur Trinkwassererwärmung. Zusätzlich kann an diese Geräte auch noch eine Solaranlage zur Unterstützung der Trinkwassererwärmung angeschlossen werden.

Diese Kompaktheizzentralen konzentrieren alle Baugruppen, einschließlich des Speicher-Wassererwärmers, auf etwa die Größe einer Kühl-Gefrier-Kombination.

Bereits in der Planungsphase eines Passivhauses muss der Einbau einer Kompaktheizzentrale und die Verlegung der Luftkanäle für die Wohnraumlüftung entsprechend berücksichtigt werden. Die Kompaktheizzentrale selbst ist anschlussfertig und deshalb nach kurzer Zeit betriebsbereit. Das im Bereich der Personal Computer bestehende Motto des „Plug and Play“, also des auf ein Minimum reduzierten Aufwandes für die Inbetriebnahme eines technischen Gerätes, findet damit in der Heizungs- und Lüftungstechnik seine Entsprechung.

An heißen Sommertagen kann der Wärmetauscher der Lüftung, der zur Wärmerückgewinnung dient, durch eine Bypass-Schaltung überbrückt werden. So wird die, relativ gesehen, kühlere nächtliche Außenluft direkt in die Räume geleitet.



Bild 66: Vitotres 343 Compact-Energy-Tower für Lüftung, Wärme und Solar

Eine aktive Kühlung der Zuluft kann ebenfalls erfolgen, da die Luft/Wasser-Wärmepumpe reversibel ausgeführt ist. Im Gegensatz zur „natural cooling“-Funktion, bei der die Wärmepumpe nicht im Betrieb ist, arbeitet die Wärmepumpe des Kompaktgerätes in dieser Betriebsart wie ein Kühlschrank: Im Verdampfer der Wärmepumpe wird der Zuluft über einen Solekreis Wärme entzogen und die so abgekühlte Luft zur Raumkühlung verwendet.

Die Versorgungssicherheit für extrem kalte Tage mit überdurchschnittlichen Wärmeverlusten des Gebäudes oder hohem Trinkwasserkomfort übernimmt ein integrierter Elektro-Heizstab, der sowohl auf die Raumheizung als auch auf die Trinkwassererwärmung wirkt.

Eine solche Kompaktheizzentrale in Kombination mit dem Passivhausbaustandard erreicht Jahresarbeitszahlen von 3,5 bis 4, das heißt, es wird bis zu viermal so viel Wärmeenergie abgegeben wie elektrische Energie zum Betrieb benötigt wird.

# Wärme aus der Natur

## Vitotres 343 – Compact-Energy-Tower für Passivhäuser

Das Lüftungsgerät auf Basis des Vitovent 300 versorgt die Wohnräume über ein Kanalsystem mit frischer Zuluft und saugt die verbrauchte Luft aus Küche und Bad ab. Dabei nutzt die Wärmepumpe (1,5 kW Leistung) den Anteil der Abluftwärme, der von der Wärmerückgewinnung der Lüftung nicht verwertet werden kann, und verwendet ihn zur Nacherwärmung der Zuluft oder zur Trinkwassererwärmung. Zusätzlich kann an Vitotres 343 auch eine Solaranlage zur Unterstützung der Trinkwassererwärmung angeschlossen werden (Bild 67).

Da die Vitotres 343 Wärmepumpe (Bild 68) reversibel ausgeführt ist, kann im Sommer eine aktive Kühlung der Zuluft erfolgen.

Der Vitotres 343 erreicht im Heizbetrieb eine Leistungszahl von über 4. Das heißt, es wird mehr als viermal so viel Wärmeenergie abgegeben wie elektrische Energie zum Betrieb benötigt wird. Die maximalen Vorlauftemperaturen betragen 65°C bzw. 70°C mit elektrischem Heizelement. Zusätzlich bietet Vitotres 343 die Möglichkeit, einen hydraulischen Heizkreis zu versorgen, der ggf. notwendige Heizlasten (z. B. Bad) decken soll.

### Heizen mit Luft

Wie bereits in Abschnitt 2.3 erläutert spielen Ort und Zeit der Heizwärmeabgabe im Passivhaus keine große Rolle mehr. Die gesamte Heizwärme kann über die Zuluft zugeführt werden.

Aus Komfortgründen wird im Badezimmer häufig eine etwas höhere Temperatur gefordert. Hierfür kann zusätzlich ein kleiner Badezimmer-Heizkörper installiert werden.

Nur in Ausnahmefällen müssen evtl. noch in weiteren Räumen statische Heizflächen ergänzt werden (z. B. wenn einzelne Räume im EG gehäuft Leckagen oder Wärmebrücken aufweisen und zu anderen Räumen erhöhte Wärmedämmung aufweisen).

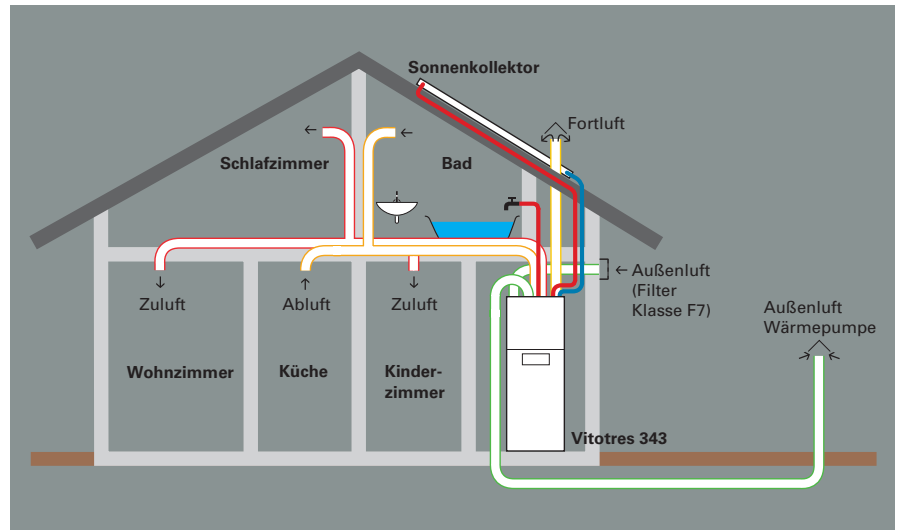


Bild 67: Systemdarstellung Vitotres 343



Bild 68: Vitotres 343



Bild 69: Wärmerückgewinnungseinheit von Vitotres 343



# 7 Komfortable Trinkwassererwärmung

Der Leistungsbedarf von Niedrigenergiehäusern für Heizung und Lüftung liegt bei etwa 40 W/m<sup>2</sup>. Für die Beheizung eines Hauses mit 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche wäre für den kältesten Tag eine Heizleistung von 6 kW bereits ausreichend.

Die Leistung des Heizkessels sollte sich jedoch nicht am Gebäude-Wärmebedarf allein, sondern auch am Bedarf für eine komfortable Warmwasserbereitung orientieren.

## 7.1 Durchschnittlicher Warmwasserbedarf

Der Warmwasserbedarf liegt durchschnittlich zwischen 30 und 50 Litern pro Tag und Person. Im Gebäudebestand sind dies 10 bis 15%, bei Niedrigenergiehäusern kann der Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung jedoch bis zu 30% des gesamten Energiebedarfs ausmachen. Beim Komfort interessieren vor allem die schnelle Verfügbarkeit von warmem Wasser und kurze Füllzeiten für ein Wannen-Vollbad.

## 7.2 Komfortvorteil bei zentraler Trinkwassererwärmung

Für die zentrale Trinkwasserbereitung sprechen Wirtschaftlichkeit, Komfort und Umweltschonung.

Trinkwasserbereitung und -speicherung mit moderner Heiztechnik reduziert die Gesamtkosten auch unter Einbeziehung der Anlagenkosten gegenüber dezentraler, elektrischer Trinkwasserbereitung. Haushaltsgeräte wie Geschirrspül- und Waschmaschine können mit durch Solaranlagen vorgewärmtem Wasser betrieben werden, was die Laufzeiten und den Stromverbrauch der Geräte senkt. Damit vermindern sich wiederum die Emissionen.

Speicher-Wassererwärmer sind leicht mit bestehenden Heizsystemen zu kombinieren und damit eine ideale Methode der Trinkwasserbereitung und gleichzeitigen Energiespeicherung. Die Größe und Bauart des Speicher-Wassererwärmers beein-



Bild 70: Vitocell Speicher-Wassererwärmer von 80 bis 1000 Litern Inhalt

flusst auch den Wohnkomfort: er muss die Möglichkeit bieten, warmes Wasser in größeren Mengen ohne lange Wartezeit zu liefern.

### **Edelstahl Rostfrei: wartungsfrei und hygienisch**

Speicher-Wassererwärmer aus Edelstahl Rostfrei sind wartungsfrei und verursachen im Betrieb keine zusätzlichen Kosten. Sie stellen die hygienisch beste Lösung dar.

Es können aber auch emaillierte Speicher-Wassererwärmer verwendet werden. Wichtig ist, dass emaillierte Speicher-Wassererwärmer über einen zusätzlichen kathodischen Korrosionsschutz verfügen, dessen

Wirksamkeit regelmäßig überprüft werden muss. Für den Austausch der Verzehrnanode bzw. für den Betrieb der Fremdstromanode fallen entsprechende Betriebskosten an.

Viessmann bietet für alle Anforderungen mehrere Ausführungsvarianten von Speicher-Wassererwärmern (Bild 70). Alle Speicher-Wassererwärmer bestehen aus einem gut wärmeisolierten Speicherbehälter. Sie werden durch innen angeordnete Heizwendeln beheizt.

Bivalente Speicher-Wassererwärmer besitzen im Gegensatz zu monovalenten einen Anschluss für einen zweiten Wärmelieferanten, z. B. für eine Solaranlage.

# Komfortable Trinkwassererwärmung

## Dimensionierung der Warmwasserbereitung

Der Warmwasserkomfort wird im Wesentlichen durch die Temperaturkonstanz an der Zapfstelle sowie durch die maximale Warmwasserzapfleistung charakterisiert. Im Mittel wird von einem Warmwasserbedarf von 30 bis 50 Liter pro Person und Tag bei einer Temperatur von 45°C ausgegangen, dieser Wert kann näherungsweise sowohl für Ein- als auch für Mehrfamilienwohnhäuser angesetzt werden. Bei einem Einfamilienwohnhaus mit 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche ergibt sich damit für einen 4-Personen-Haushalt ein Warmwasserverbrauch von 160 Litern pro Tag. Die erforderliche Wärmemenge, um 160 Liter täglich von 10°C Zulauftemperatur auf 45°C Auslauftemperatur zu erwärmen, beträgt 6,51 kWh (nach DIN 4708 Teil 2). Bezogen auf ein Jahr und einen m<sup>2</sup> Wohnfläche ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf von 15,8 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Die EnEV gibt einen Standardwert von 12,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a) vor.

Bei zukünftig eher steigendem Warmwasserkomfort besteht hier praktisch kein Einsparpotenzial.

Die Bedeutung der Trinkwassererwärmung für die Auslegung des Wärmeerzeugers wird deutlicher, wenn statt des Wärmebedarfs die erforderliche Heizleistung betrachtet wird. Der oben beschriebene Bedarf von 160 Liter Warmwasser täglich wird im Extremfall in Form eines Wannensbades innerhalb von wenigen Minuten abgefordert.

Aus Kostengründen werden für die Bevorratung heute im Einfamilienwohnhaus Speicher-Wassererwärmer eingesetzt, die nur selten größer als 200 Liter sind.

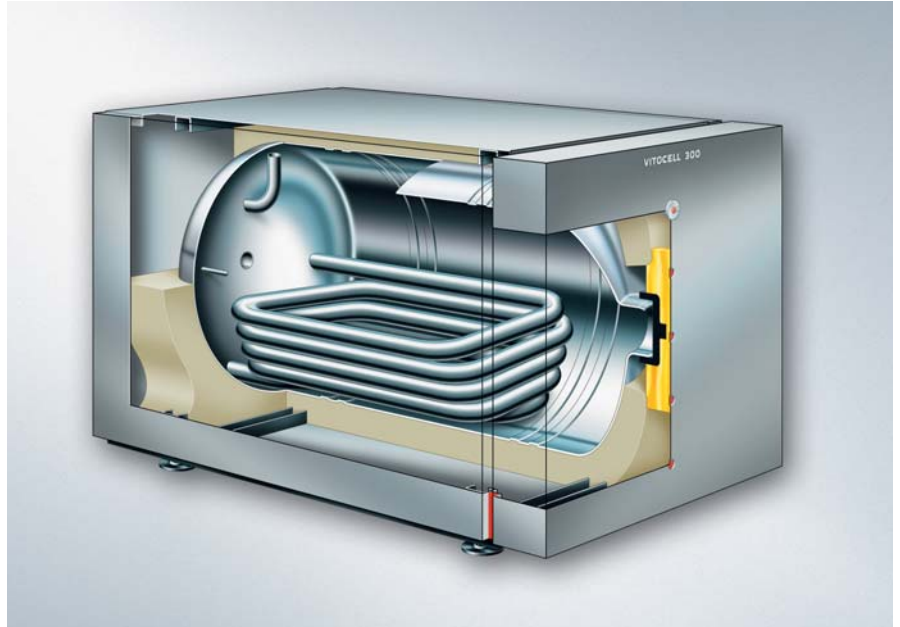


Bild 71: Vitocell-H 300 – Speicher-Wassererwärmer aus Edelstahl Rostfrei

Um auch nach einer Wannenfüllung innerhalb einer zumutbaren Zeit wieder das gesamte Speichervolumen zur Verfügung zu haben, muss der Wärmeerzeuger in der Lage sein, kurzfristig eine entsprechende Leistung zur Wiederaufheizung des Speicher-Wassererwärmers aufzubringen. Diese Leistung ist heute ein entscheidendes Kriterium für die Dimensionierung des Wärmeerzeugers in gut wärmegeämmten Häusern, da sie deutlich über der zur Raumbeheizung notwendigen Leistung liegt.

Deshalb sollte in der Praxis der Heizkessel eines Einfamilien-Niedrigenergiehauses über eine Nenn-Wärmeleistung von mindestens 15 kW verfügen.

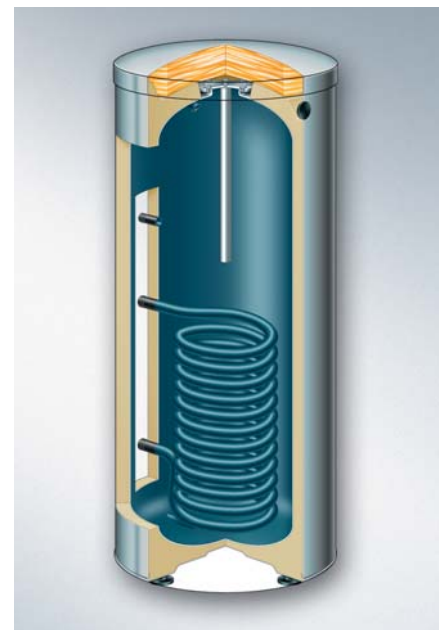


Bild 72: Vitocell-V 100 – Speicher-Wassererwärmer mit Ceraprotect-Emallierung

# 8 Intelligentes Energiemanagement

Eine effiziente Energieausnutzung verlangt die Kombination von technisch aufeinander abgestimmten Systemkomponenten. Die Heizungsregelung ist ein wichtiger Baustein, um den Anforderungen an moderne Heizungsanlagen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Umweltschonung und Bedienungskomfort gerecht zu werden (Bild 73).

## 8.1 Komfort durch witterungsgeführte Regelungen

Für den Niedertemperatur- oder Brennwertbetrieb werden moderne Regelungen eingesetzt, die auf Basis der Außentemperatur und einstellbarer Gebäudekennwerte die optimale Vorlauftemperatur regeln und hohen Bedienungskomfort bieten.

Das maßgeschneiderte Regelungsprogramm für jeden Bedarf – von der einfachen bis zur komplexen Heizungsanlage. Vitotronic 100 und 150 sind preisattraktive Kesselkreisregelungen für Heizungsanlagen ohne Mischer. Sie zeichnen sich durch innovative Technik, hohe Qualität, Zuverlässigkeit und Bedienfreundlichkeit aus.

Vitotronic 200 und 300 bieten zusätzlich eine Fülle von Komfortmerkmalen, die zeitgemäßen Ansprüchen und Anforderungen entgegenkommen – wie die einheitliche, einfache Bedienung, die Serviceintervall-Anzeige, das großzügige LCD-Display mit Klartextanzeige, die automatische Sommer-/Winter-Zeitungstellung oder die Estrichrocknungs-Funktion.



Bild 73: Heizkreisregelung Vitotronic 300 für Anlagen mit zwei oder mehr Heizkreisen

## 8.2 Thermostatventile

Zusätzlich zur zentralen Regelung sorgen Thermostatventile (Bild 74) an den Heizkörpern für die gewünschte Raumtemperatur. Thermostatventile berücksichtigen zusätzliche Wärmequellen und drosseln die Wärmeabgabe des Heizkörpers automatisch, wenn der Raum z. B. durch Sonneneinstrahlung die gewünschte Raumtemperatur überschreitet.



Bild 74: Thermostatventil

# Intelligentes Energiemanagement

## 8.3 Bedienung und Wartung leicht gemacht

Bei der Entwicklung der Vitotronic wurde besonderer Wert auf die Unterstützung von Wartung und Service gelegt. So wird für die bedarfsabhängige Wartung nicht nur die Anzahl der Brennerbetriebsstunden erfasst und angezeigt, sondern es können auch sinnvolle Wartungsparameter definiert werden – z. B. eine feste Anzahl von Brennerbetriebsstunden, ein bestimmtes Zeitintervall oder eine höchstzulässige Abgastemperatur. Bei Erreichen oder Überschreiten der vorgegebenen Wartungsparameter erfolgt dann ein entsprechender Wartungshinweis, und auf Wunsch die automatische Benachrichtigung des Heizungsfachbetriebes über Vitocom.

### **Fehlerdiagnose und Parametrierung einfach dank Optolink und Vitosoft 200**

Vitosoft 200 ist das Software-Modul für die Anbindung von Heizungsanlagen an einen Laptop (Bild 75). Das vereinfacht Inbetriebnahme, Wartung und Service vor Ort und erstellt automatisch ein Anlagenprotokoll durch Eingabe von Anlagenbezeichnungen und anlagenspezifischen Daten. Die Ankopplung an Vitotronic erfolgt mit bewährter Optolink Laptop-Schnittstelle.

Die Bedienung ist besonders einfach durch bekannte Windows-Oberfläche, Inbetriebnahme-Assistent und der automatischen Erkennung der regelungstechnischen Ausstattung.

Durch grafische Darstellung der Anlagenhydraulik mit aktuellen Temperaturen und Daten erhält man einen schnellen Überblick über die Anlage. Um den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage sicherzustellen, können zentral durch Vitosoft 200 Anlagenparameter und Codierungen eingestellt und verändert werden.

Vitosoft 200 kann über Internet aktualisiert werden.



Bild 75: Optolink Laptop-Schnittstelle



Bild 76: Schnelle Verbindung mit der bewährten Optolink Laptop-Schnittstelle



Bild 77: Die Wartungsanzeige informiert den Betreiber über die anstehende Wartung



## 8.4 Hausautomation

Die Vorteile der Hausautomation liegen auf der Hand: Komfortsteigerung durch vorprogrammierte Tagesabläufe und – je nach der eingebauten Technik – Fernzugriff auf bestimmte Funktionen, selbst vom Urlaubsort aus; Energieeinsparung durch optimiertes Wärmemanagement und ein erhöhtes Maß an Sicherheit. Marktbeobachter erwarten deshalb für die kommenden Jahre einen deutlichen Zuwachs der Nachfrage nach Techniken zur Hausautomation.

Neben drahtgebundenen Systemen (EIB- oder LON-Bus) bieten sich vor allem funkbasierte Lösungen an, da der Installationsaufwand so minimal ist: Die Sender- und Empfängergeräte tauschen Daten und Befehle per Funk aus. Dadurch entfällt, abgesehen von einem Anschluss für die Stromversorgung, jegliche Verkabelung (Bild 78).

Das Herzstück der intelligenten Einzelraum-Regelung Vitohome 200 (Bild 79) ist die zentrale Bedieneinheit, die überall in der Wohnung an der Wand installiert werden kann und nur einen 230 Volt-Netzanschluss benötigt.

Diese zentrale Bedieneinheit verwaltet die eingegebenen Temperaturwünsche der Bewohner und korrigiert dementsprechend per Funk die batteriebetriebenen Einzelraum-Temperaturregler an den Heizkörpern oder an der Fußbodenheizung.

Die Sensoren an den Heizkörpern bzw. der Fußbodenheizung melden die tatsächlichen Wärmeanforderungen an die zentrale Bedieneinheit. Diese funkt die Daten an die Kesselsteuerung, die mit der elektronischen Regelung des Heizkessels verbunden ist. Die Heizkesselregelung sorgt nun dafür, dass die Vorlauftemperatur des Wärmesetzers den Wärmeanforderungen aus den einzelnen Räumen angepasst wird. Der Heizkessel produziert also nur noch die Wärme, die an den Heizkörpern auch tatsächlich abgenommen wird.

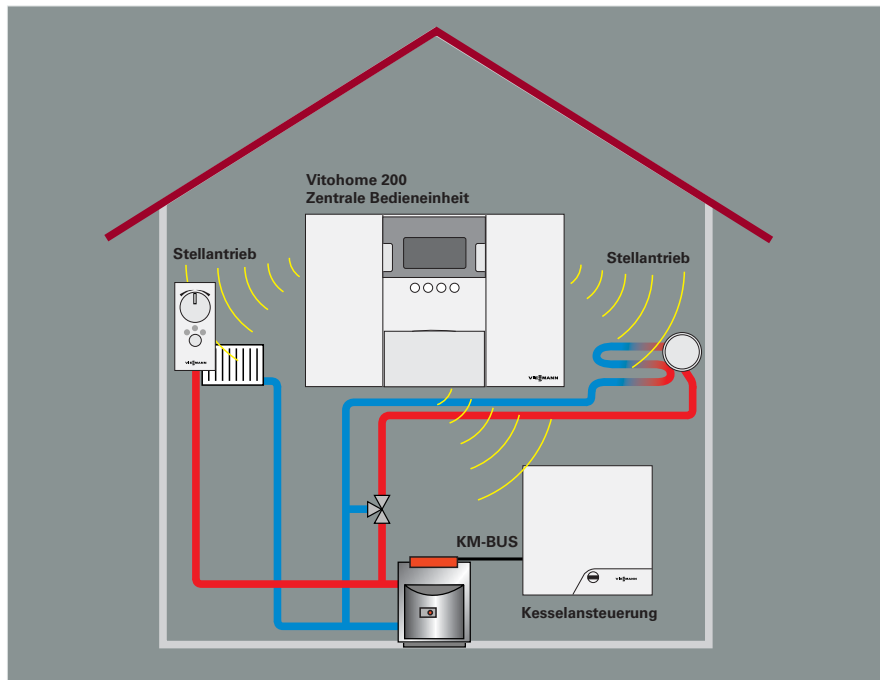


Bild 78: Funktionsschema Vitohome 200

Zum Energiesparen trägt ganz besonders auch die so genannte „Fenster-offen-Erkennung“ der Vitohome 200 bei. Der Einzelraum-Temperaturregler erkennt geöffnete Fenster durch das deutliche Absinken der Raumtemperatur und schließt daraufhin das Heizkörperventil. Vorgegebene Solltemperaturen für den betreffenden Raum werden dabei ignoriert, der Frostschutz der Anlage ist jedoch sichergestellt.

Eine Zeitprofilsteuerung in der zentralen Bedieneinheit ermöglicht die sehr individuelle Steuerung des Wärmebedarfs für jeden Raum. Nach dem individuellen Lebensrhythmus der Bewohner können für jeden Wochentag und für jeden Raum über die zentrale Bedieneinheit An- und Abwesenheitszeiten und darauf abgestimmte Heizprofile vorgegeben werden. Der Nutzer kann ganze Heizszenarios, so genannte „Lifestyles“, über die zentrale Bedieneinheit einfach und schnell selber festlegen.



Bild 79: Vitohome 200 – Intelligente Einzelraum-Regelung, Zubehör für Vitotronic 200/300 bis 60 kW



# 9. Systemvergleich

Aus den beschriebenen Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung und zur Belüftung ergeben sich verschiedene Anlagenvarianten. Am Beispiel eines Einfamilienhauses (Bild 80) werden im Folgenden einige Varianten verglichen.

## 9.1 Primärenergieverbrauch

Der Vergleich der einzusetzenden Primärenergie macht deutlich, dass verschiedene Heizsysteme trotz gleichem Wärmebedarf des Gebäudes sehr unterschiedliche Primärenergiebedarfswerte verursachen (Bild 81).

Brennwerttechnik ist aufgrund des zusätzlichen Kondensationswärmegewinns und der geringen Abgas-temperatur primärenergetisch effizienter als die Niedertemperatur-technik. Bei Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird ein Großteil der Wärme aus der Abluft genutzt, dies sorgt für einen Anteil regenerativer Energie am Gesamtenergieverbrauch. Wärmepumpen verursachen den geringsten Verbrauch an fossilen Brennstoffen, obwohl der Wirkungsgrad der Stromerzeugung vergleichsweise gering ist und deshalb der extrem geringe Endenergieverbrauch nicht auf den Primärenergiebedarf übertragen werden kann (der Umwandlungswirkungsgrad von Primärenergie zu Endenergie „Strom“ liegt bei ca. 34%). Eine direkte Beheizung mit Strom ist deshalb aufgrund des niedrigen Kraftwerks-Wirkungsgrades primärenergetisch ungünstig.



**Bild 80:** Einfamilienwohnhaus in Niedrigenergiebauweise: Kenngrößen für den Systemvergleich

Gebaut als NEH, 150 m<sup>2</sup>  
A/V = 0,84

Spez. Heizwärmebedarf: 70kWh/(m<sup>2</sup> · a)  
Jährlicher Heizwärmebedarf: 10500 kWh/a  
Trinkwasser-Wärmebedarf: 1875 kWh/a

### Heizung:

- Fußbodenheizung (Ausnahme bei Elektroheizung)
- Verteilung im beheizten Bereich
- 6 h/d Zirkulationsbetrieb für Warmwasser (Ausnahme bei Durchlauferhitzern)

### Lüftungssystem:

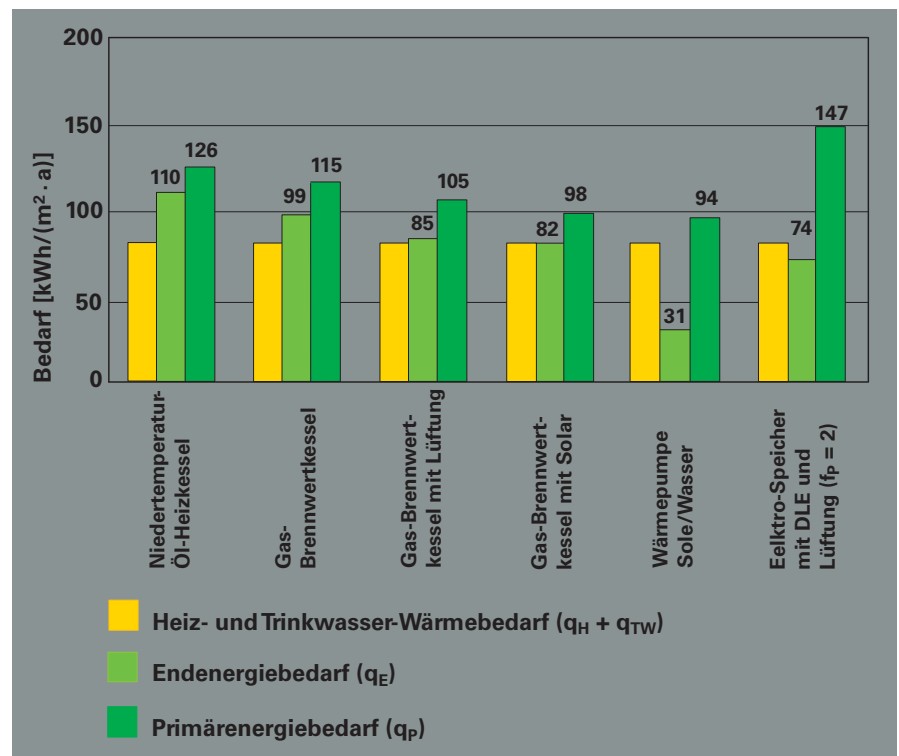
- Abluftsystem: Luftwechselrate 0,5 1/h
- Wärmerückgewinnung: Wärmebereitstellungsgrad 70%

### Solarsystem:

- Solare Deckungsrate 55%

### Wärmepumpe:

- Sole/Wasser, Jahresarbeitszahl 4



**Bild 81:** Vergleich des Energiebedarfs

# Systemvergleich

## 9.2 Kosten

Wichtig für die Entscheidungsfindung ist auch die jährliche Kostenbelastung. Ausgehend vom Energieverbrauch ergeben sich die Verbrauchskosten, zusätzlich sind Betriebskosten wie Wartung etc. sowie die jährliche Abschreibung zu berücksichtigen (Bild 82).

Die Verbrauchskosten sind natürlich abhängig vom Energiepreis und in der Beispielrechnung auf Basis von 0,38 €/l Heizöl, 0,38 €/m<sup>3</sup> Erdgas bzw. 0,12 €/kWh Strom (tagsüber) sowie 0,06 €/kWh (Nachtstrom) errechnet.

## 9.3 Umweltschonung

Energiesparendes Bauen und Heizen kann einen wichtigen Beitrag zur notwendigen CO<sub>2</sub>-Reduzierung und damit zum Schutz der Erdatmosphäre leisten. Die Bundesregierung erwartet aus dem Bereich Kleinverbraucher und Haushalte eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 40% bis zum Jahre 2005. Es ist daher auch in einem bestens wärmedämmten Haus nicht gleichgültig, mit welchem Energieträger geheizt wird, wenn man eine CO<sub>2</sub>-Reduzierung erreichen will.

Ausschlaggebend sind die richtige Anlagentechnik und der Einsatz wenig CO<sub>2</sub>-verursachender Energieträger. Kohlenstoffreiche und wasserstoffarme Brennstoffe verursachen zwangsläufig eine höhere CO<sub>2</sub>-Emission als Brennstoffe mit niedrigem Kohlenstoff- und höherem Wasserstoffgehalt. Die Verbrennung von Heizöl verursacht eine CO<sub>2</sub>-Emission von 0,26 kg/kWh, die Verbrennung von Erdgas 0,2 kg/kWh, also 23% weniger (Bild 83 und 84).

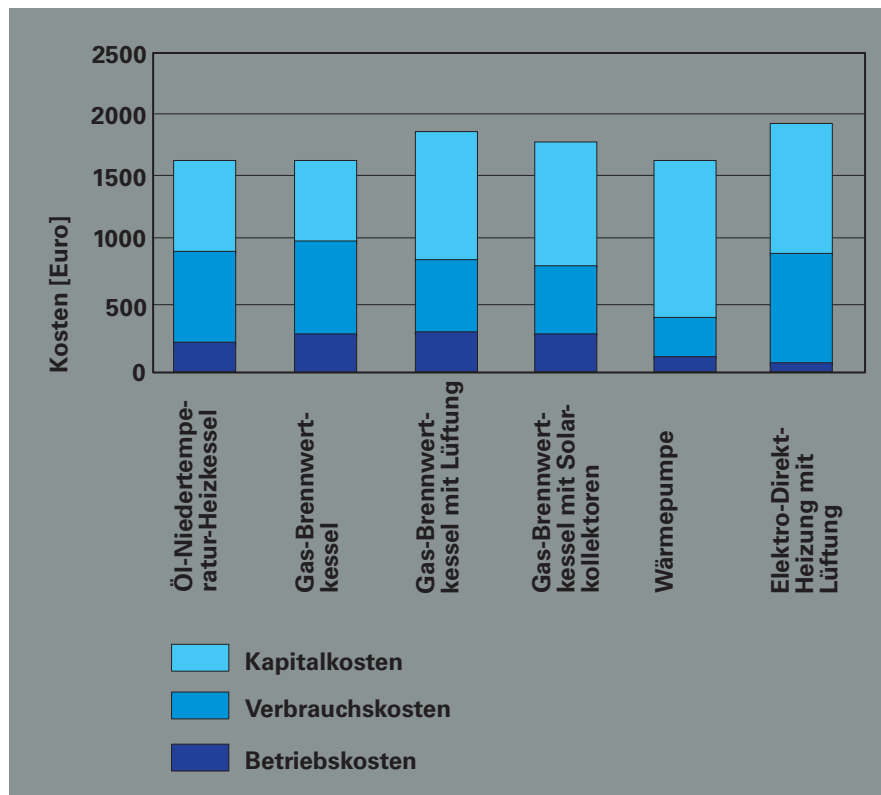


Bild 82: Vergleich der jährlichen Kosten

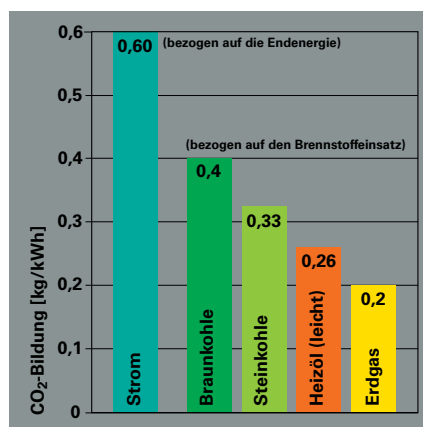


Bild 83: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission verschiedener Energieträger (Quelle: VDEW-GEMIS 2001)

# 10 Förderung

Wer in energiesparende und umwelt-schonende Heiztechnik investiert, findet häufig finanzielle Unterstützung von Bund, Ländern und Kommunen sowie Energieversorgern. Die Zahl der Förderprogramme ist groß. Grundsätzlich gilt: Anträge und Bewilligung müssen vor der Investition stehen. Da die Mittel häufig begrenzt sind, heißt es: rechtzeitig handeln.

## Förderinformationen gibt es unter:

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)  
Frankfurter Straße 29 - 31  
65760 Eschborn / Ts.  
Tel.: 06196 / 908 - 625  
Fax.: 06196 / 908 - 800  
Internet: [www.bafa.de](http://www.bafa.de)
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)  
Postfach 11 11 41  
60046 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 / 7431 - 0  
Internet: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)
- Banken und Sparkassen
- Liste mit Ingenieuren, die eine „Vor-Ort-Beratung“ vornehmen können, erhalten Sie kostenlos beim  
Bundesamt für Wirtschaft  
Frankfurter Str. 29 - 31  
65760 Eschborn  
Tel.: 06196 / 404 - 402, - 403, - 211  
Fax: 06196 / 404 - 442
- [www.viessmann.com](http://www.viessmann.com)

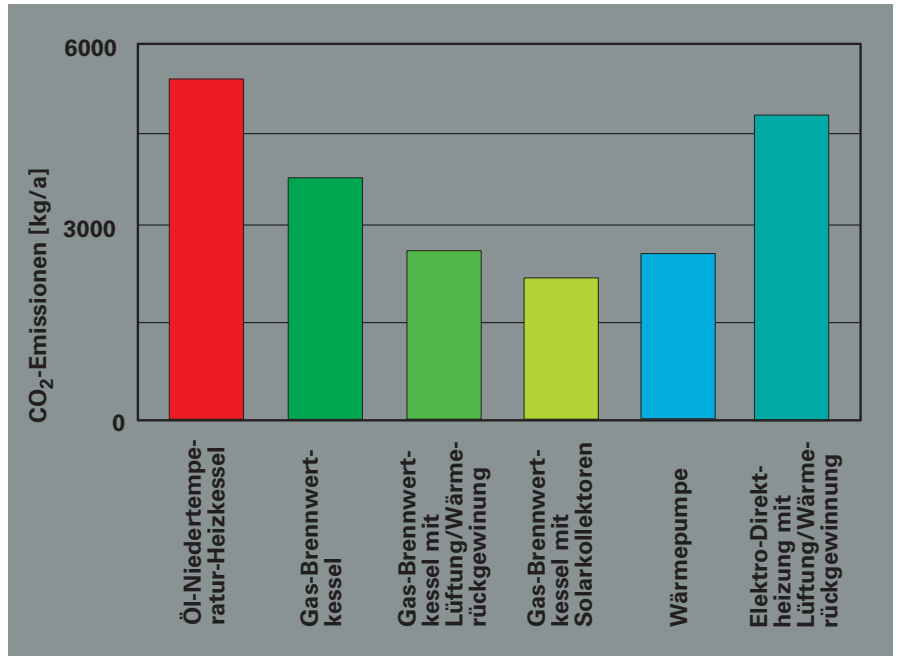


Bild 84: Vergleich der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen



Bild 85: Einfamilienwohnhaus in Niedrigenergiebauweise



Wärme komfortabel, wirtschaftlich und umweltschonend zu erzeugen und sie bedarfsgerecht bereitzustellen, dieser Aufgabe fühlt sich das Familienunternehmen Viessmann bereits seit drei Generationen verpflichtet. Mit einer Vielzahl herausragender Produktentwicklungen und Problemlösungen hat Viessmann immer wieder Meilensteine geschaffen, die das Unternehmen zum technologischen Schrittmacher und Impulsgeber der gesamten Branche gemacht haben.

Mit dem aktuellen Komplettprogramm bietet Viessmann seinen Kunden ein mehrstufiges Programm mit Leistungen von 1,5 bis 19500 kW: bodenstehende und wandhängende Heizkessel für Öl und Gas in Heizwert- und Brennwerttechnik sowie regenerative Energiesysteme wie Wärmepumpen, Solarsysteme und Heizkessel für nachwachsende Rohstoffe. Komponenten der Regelungstechnik und Daten-Kommunikation sind ebenso im Programm wie die gesamte Systemperipherie bis hin zu Heizkörpern und Fußbodenheizungen.

Mit 10 Werken in Deutschland, Frankreich, Kanada, Polen und China, mit Vertriebsorganisationen in Deutschland und 34 weiteren Ländern sowie weltweit 111 Verkaufsniederlassungen ist Viessmann international ausgerichtet.

Verantwortung für Umwelt und Gesellschaft, Fairness im Umgang mit Geschäftspartnern und Mitarbeitern sowie das Streben nach Perfektion und höchster Effizienz in allen Geschäftsprozessen sind für Viessmann zentrale Werte. Das gilt für jeden einzelnen Mitarbeiter und damit für das gesamte Unternehmen, das mit all seinen Produkten und flankierenden Leistungen dem Kunden den besonderen Nutzen und den Mehrwert einer starken Marke bietet.

Viessmann Werke  
35107 Allendorf (Eder)  
Telefon 06452 70-0  
Telefax 06452 70-2780  
[www.viessmann.com](http://www.viessmann.com)



Das Viessmann Zentrum in Allendorf mit dem Unternehmensmuseum „Via Temporis“

Wandgeräte für Öl und Gas, in Heizwert- und Brennwerttechnik



Regenerative Energiesysteme zur Nutzung von Umweltwärme, Solarenergie und nachwachsenden Rohstoffen



Heizsystemkomponenten von der Brennstofflagerung bis zu Heizkörpern und Fußboden-Heizsystemen

Bodenstehende Heizkessel für Öl und Gas in Heizwert- und Brennwerttechnik

