



Heizung im Gewerbe

Handbuch zur Anlagentechnik

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung | 3 |
| 2. Grundlagen der Wärmeversorgung im Gewerbe | 4 |
| 2.1 Allgemeines | 4 |
| 2.2 Energierechtliche Anforderungen an Nichtwohngebäude | 5 |
| 2.3 Energetische Bewertung: Berechnungsverfahren DIN V 18599 | 9 |
| 2.4 Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 | 11 |
| 3. Heizsysteme im Nichtwohngebäude | 13 |
| 3.1 Heizungssysteme | 13 |
| 3.2 Gasbeheizte Wärmeerzeuger | 13 |
| 3.2.1 Niedertemperaturkessel | 13 |
| 3.2.2 Brennwertkessel | 13 |
| 3.2.3 Gaswärmepumpen | 14 |
| 3.2.4 Hybridheizungen | 17 |
| 3.2.5 Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen | 17 |
| 3.2.6 Brennstoffzellen-Heizgeräte | 18 |
| 3.2.7 Effizienz der Wärmeerzeugung | 19 |
| 3.3 Wärmeverteilung | 20 |
| 3.4 Wärmeübergabe | 22 |
| 3.5 Brennerregelung | 26 |
| 3.6 Sicherheitstechnische Ausrüstung | 26 |
| 3.7 Regelung | 27 |
| 3.8 Aufstellung von Gasgeräten | 28 |
| 4. Energieträger | 30 |
| 5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen | 33 |
| 6. Planungsvorbereitung | 37 |
| Anhang 1 Normen, Vorschriften, Regeln und Richtlinien (Auswahl) | 38 |
| Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl) | 39 |
| Anhang 3 Literaturverzeichnis | 43 |
| Anhang 4 Bildnachweis | 46 |

1. Einleitung

Bei der Beheizung von Nichtwohngebäuden, wie z.B. Gewerbebetrieben, sind die Gebäudeart sowie die Art der Nutzung wichtige Kriterien für die Wahl des Heizungssystems. Zudem werden an Heizsysteme in Nichtwohngebäuden Anforderungen durch die Energieeinsparverordnung[1] und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz[2] gestellt. Die unterschiedlichen Nutzungsarten gewerblicher Bauten bieten die Möglichkeit zum Einsatz verschiedenster Heizungssysteme bzw. Heizungskombinationen. Der Verbrauch an Wärme für Raumheizung oder auch Produktionsprozesse ist in der Regel höher als bei Wohngebäuden, so dass eine genaue Planung des Heizungssystems für einen optimalen und effizienten Betrieb erforderlich ist.

Eine Vielzahl von gewerblich genutzten Gebäuden mit einem hohen Endenergieverbrauch ist in den Bereichen büroähnlicher Betriebe, Heime, Gaststätten und Beher-

bergungen sowie Handel zu finden. Die Ausführungen der vorliegenden Broschüre beziehen sich daher vorrangig auf Warmwasser-Zentralheizungsanlagen in Nichtwohngebäuden mit Raumhöhen ≤ 4 m. Hallenbauten, wie Industrie-, Lager- oder Sporthallen, können sowohl mit zentralen als auch mit dezentralen Wärmeerzeugern ausgestattet werden. Typische Hallenheizsysteme werden in den BDEW-Broschüren „Strahlungsheizung Erdgas-Infrartheizsysteme“ [3] und „Warmluftheizung“ [4] beschrieben.

Heizungssysteme mit Erdgas als Energieträger sind auf Grund ihrer Vorteile bei der Beheizung von Gewerbebauten weit verbreitet. Sie stehen daher im Fokus der vorliegenden Broschüre.

2. Grundlagen der Wärmeversorgung im Gewerbe

2.1 Allgemeines

Bei der Beheizung von Nichtwohngebäuden erfolgt die Wahl des Primärenergieträgers in der Regel nach betriebswirtschaftlichen und anwendungstechnischen Gesichtspunkten. Im Vergleich zu anderen Energieträgern bietet Erdgas hier eine Reihe von Vorteilen, wie beispielsweise:

- » leitungsgebundener Energieträger ohne notwendige Bevorratung,
- » umweltschonender Energieträger mit vergleichsweise niedriger Emissionsbelastung,
- » Einsatzmöglichkeiten in fast allen Heizsystemen.

Erdgasheizsysteme haben in den vergangenen Jahren nicht nur im Wohnungsbau, sondern auch bei der Beheizung von Nichtwohngebäuden an Bedeutung gewonnen. Einen hohen Wärmebedarf mit einer gleichzeitig hohen Anzahl an Gebäuden weisen büroähnliche Betriebe, Beherbergungen und Gaststätten, der Handel sowie öffentliche Gebäude auf, vgl. Abbildung 1 [5]. Diese Branchen finden sich i. d. R. in Ballungszentren bzw. in Stadtnähe, so dass hier die Verfügbarkeit eines Gasnetzanschlusses oft gegeben ist.

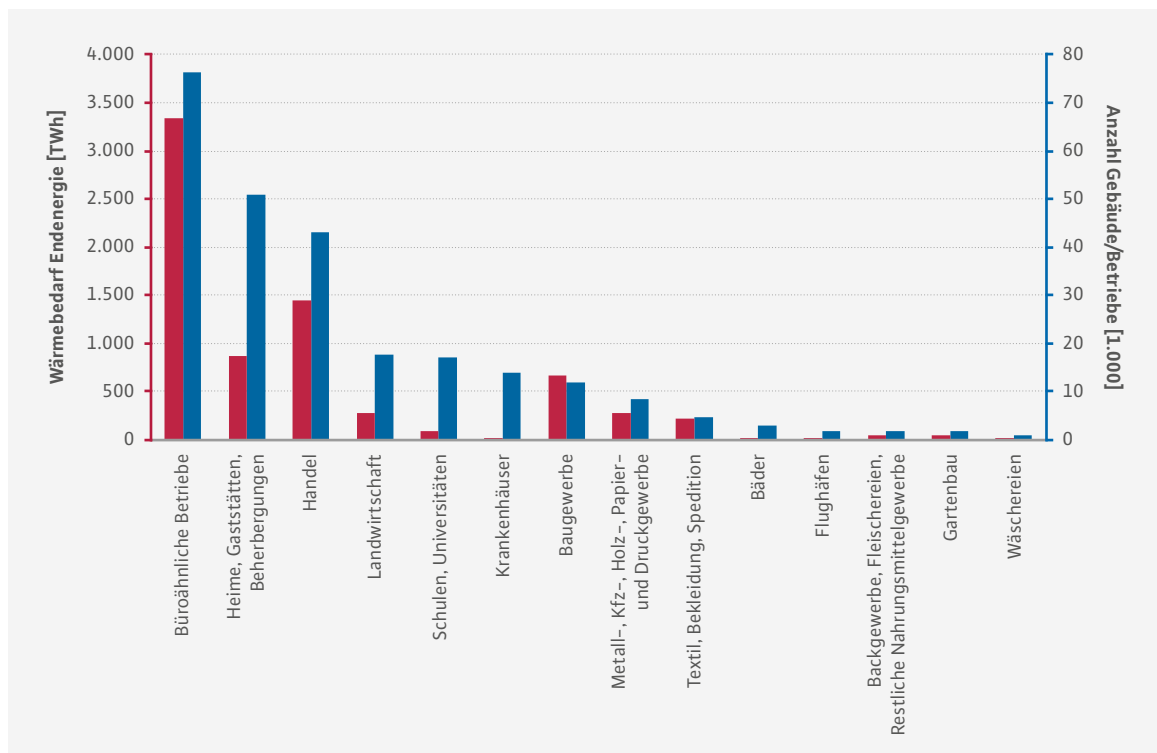


Abbildung 1: Branchenspezifischer Endenergiebedarf für Raumheizung, Warmwasser und Prozesswärme und Anzahl der Gebäude/Betriebe nach [5]

Die Beheizung derartiger Nichtwohngebäude erfolgt analog zu Wohngebäuden in der Regel mit einem zentralen Warmwasserheizungssystem. Nachfolgend werden die Anforderungen an solche Systeme näher erläutert.

Der Nachweis der Einhaltung energierechtlicher Anforderungen an Nichtwohngebäude erfolgt auf Basis einer Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599: 2011 [6]. Mittels der Energiebedarfsberechnung erhält man die End- und Primärenergiebedarfe in kWh/a bzw. in

kWh/m²a zum Vergleich mit dem Referenzfall und/oder Vergleichsobjekten. End- und Primärenergiebedarf werden im Energieausweis ausgewiesen.

Für die Planung und Auslegung einer Heizungsanlage bildet die Heizlast in kW des Gebäudes und der einzelnen Räume die Grundlage. Die Ermittlung der Heizlast erfolgt mit DIN EN 12831 [7].

2.2 Energierechtliche Anforderungen an Nichtwohngebäude

Anforderungen an die energetische Qualität und die Nutzung von Erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs von Wohn- und Nichtwohngebäuden werden in der Energieeinsparverordnung und dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz formuliert. Das EEWärmeG verweist auf die technischen Regeln, die auch für den EnEV-Nachweis anzuwenden sind, d. h., die Anteile am Wärmeenergiebedarf werden mit den gleichen Normen berechnet wie der Primärenergiebedarf nach EnEV.

Energieeinsparverordnung – EnEV [1]

Die Energieeinsparverordnung ist die Umsetzung der EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [8] in nationales Recht. Durch die Energieeinsparverordnung werden konkrete Anforderungen an die energetische Qualität von Wohn- und Nichtwohngebäuden formuliert, die errichtet, erweitert oder modernisiert

werden. Die aktuelle Novellierung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) trat am 01.05.2014 in Kraft. Gewerblich genutzte Gebäude fallen unter die Kategorie Nichtwohngebäude. Die Verordnung gilt nach § 1 EnEV für alle Gebäude, die unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden, sowie für Anlagen für Heizung, Kühlung, Raumluftechnik, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. Nicht Gegenstand der Verordnung ist der Energieeinsatz in Produktionsprozessen. Weiterhin formuliert § 1 EnEV Ausnahmen von der Verordnung, wie zum Beispiel für Traglufthallen oder Kirchen.

Die EnEV unterscheidet bei der Festlegung bestimmter Anforderungen nach dem Temperaturniveau (12°C bis $<19^{\circ}\text{C}$ bzw. $\geq 19^{\circ}\text{C}$) und nach der Raumhöhe ($\leq 4\text{ m}$ bzw. $> 4\text{ m}$) eines konditionierten Raumes¹. Besonderheiten von Hallengebäuden werden hierdurch berücksichtigt. Alle Gebäude müssen die baulichen Mindestanforderungen nach DIN 4108-2:2013-02 [9] erfüllen.

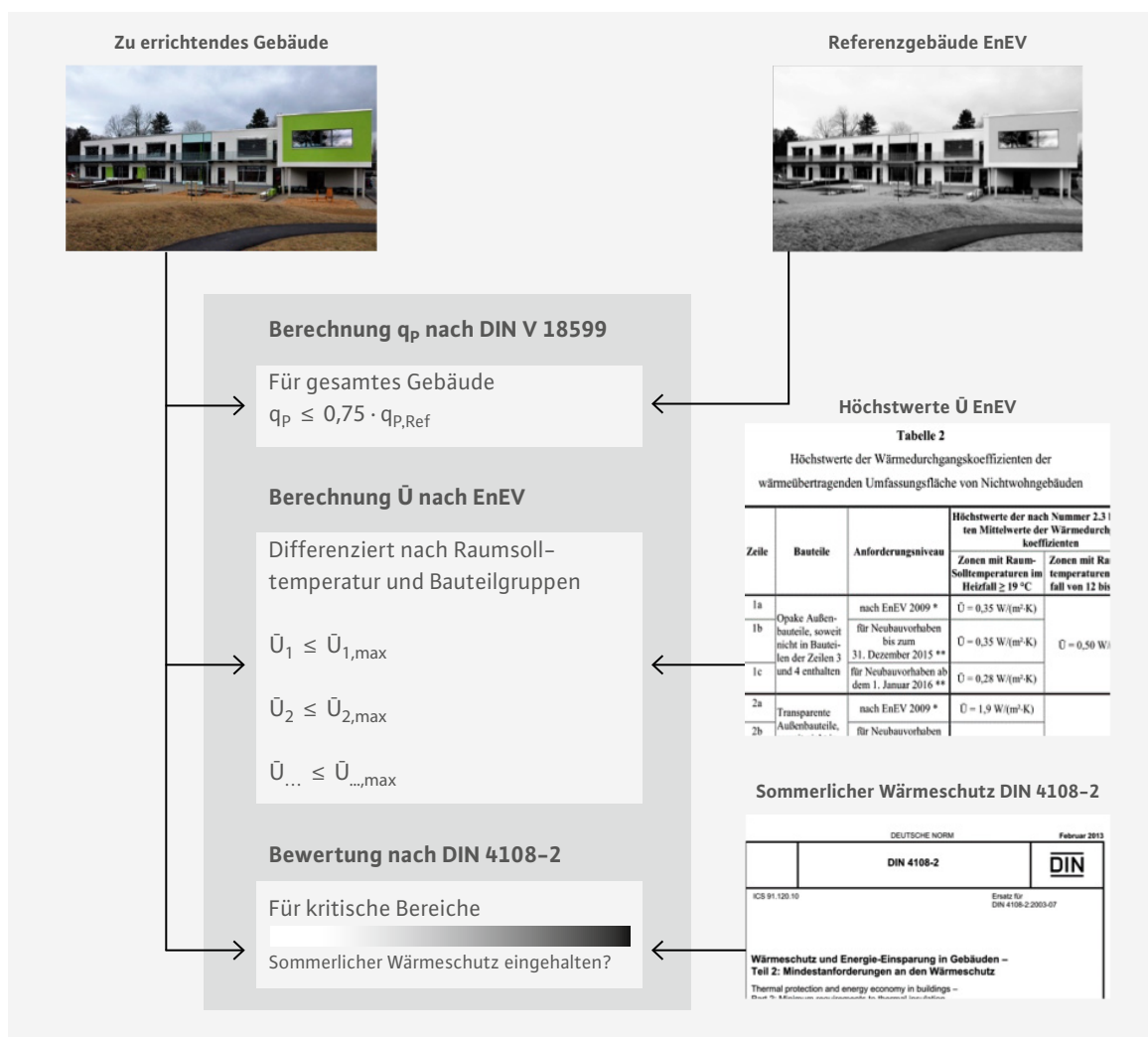


Abbildung 2: Wesentliche EnEV-Anforderungen für Nichtwohngebäude (Neubau)

¹ Konditionierter Raum: Raum oder Raumgruppe, die beheizt und/oder gekühlt und/oder be- und entlüftet und/oder befeuchtet und/oder beleuchtet und/oder mit Trinkwasser versorgt werden.

Hauptanforderungsgrößen der EnEV sind der zulässige Primärenergiebedarf q_p sowie der bauliche Wärmeschutz. Der Primärenergiebedarfs-Anforderungswert wird auf dem Wege des Referenzgebäude-Verfahrens (§ 4 Nr. 1 EnEV 2014) individuell für das zu beurteilende Gebäude bestimmt. Bauvorhaben ab 01.01.2016 müssen den Referenzwert um mindestens 25 % unterschreiten. Für die wärmeübertragende Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden gelten Höchstwerte für den Mittelwert der Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U} je Bauteilgruppe.

Weitere technische Nebenanforderungen gelten bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes, der Vermeidung von Wärmebrücken, der Gebäudedichtheit und techni-

scher Details der Anlagentechnik sowie der Wartung von Anlagenkomponenten.

Weiterhin stellt die EnEV Anforderungen an die Modernisierung von Nichtwohngebäuden. Änderungen sind so auszuführen, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der betroffenen Flächen für die Außenbauteile festgelegte Höchstwerte nicht überschreiten. Alternativ gilt die Anforderung als erfüllt, wenn das geänderte Nichtwohngebäude den Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes und die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche um nicht mehr als 40 % überschreitet. Im Modernisierungsfall erfolgt keine Verminderung des Referenzwertes um 25 %.

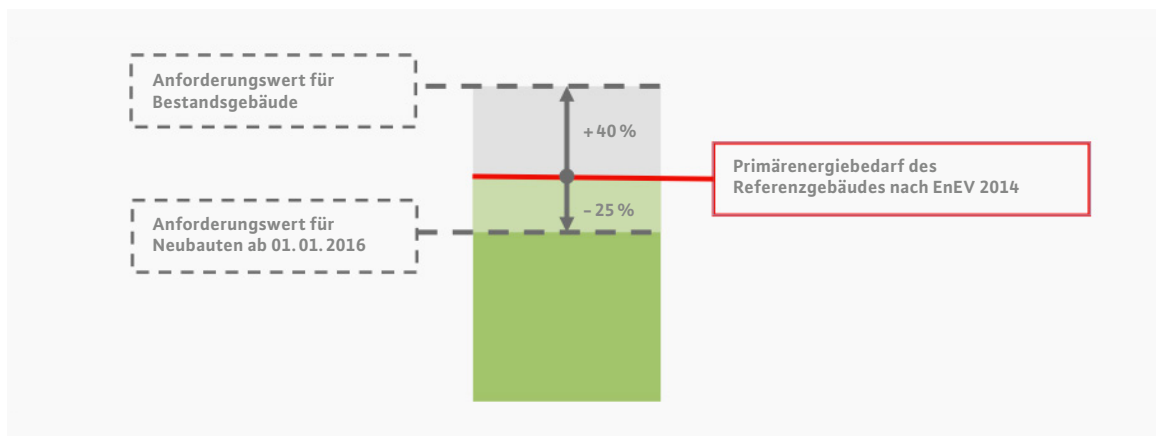


Abbildung 3: EnEV-Anforderungswert Primärenergiebedarf für Neubau und Bestand

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (2011) [2]

Das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, EEWärmeG) ist Teil des von der Bundesregierung beschlossenen Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP). Es erfüllt die Anforderungen der EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen [10] auf nationaler Ebene. Mit dem EEWärmeG wird die praktische Anwendung der Pflicht zum Einsatz Erneuerbarer Energien (EE) im Wärmebereich für Heizung und Warmwasser bei der Errichtung von Gebäuden und der grundlegenden Modernisierung öffentlicher Gebäude in Deutschland geregelt. Dazu formuliert es notwendige Deckungsanteile Erneuerbarer Energien am Wärme- und Kältebedarf² der Gebäude und die Form ihrer Erfüllung.

Erfüllungsmöglichkeiten des EEWärmeG beim Neubau von Nichtwohngebäuden enthält Tabelle 1.

Öffentlichen Gebäuden kommt nach Vorgabe der EU-Richtlinie eine besondere Vorbildfunktion im Rahmen des Klimaschutzes und der Förderung von Technologien zur Erzeugung von Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien zu. Mit dem EEWärmeG werden daher auch Anforderungen an öffentliche Gebäude bei einer grundlegenden Renovierung gestellt. Als öffentliche Gebäude gelten alle Nichtwohngebäude, welche sich im Eigentum oder Besitz³ der öffentlichen Hand (Bund, Länder und Gemeinden) befinden. Eine grundlegende Sanierung liegt vor, wenn an einem Gebäude in einem zeitlichen Zusammenhang von höchstens zwei Jahren

- » der Heizkessel ausgetauscht oder die Heizungsanlage auf einen anderen fossilen Energieträger umgestellt wird und
- » mehr als 20 % der Gebäudeoberfläche renoviert werden.

Optionen zur Erfüllung des EEWärmeG bei einer grundsätzlichen Renovierung öffentlicher Gebäude sind in Tabelle 2 angegeben.

² Wärme- und Kälteenergiebedarf: Erzeugernutzwärmeabgabe (Summe aus Nutzenergie, Übergabe-, Verteil- und Speicherverlusten)

³ Besitz: gemietete oder gepachtete Gebäude

| EEWärmeG-Erfüllungsoptionen beim Neubau von Nichtwohngebäuden | | |
|---|-----------------------------|--|
| Erfüllung EEWärmeG zu 100 % | | Einschränkungen / zusätzliche Anforderungen |
| Nutzung Erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes | | |
| Solare Strahlungsenergie | 15 % | Zertifizierung der Kollektoren: „Solar Keymark“ |
| Feste Biomasse | 50 % | Einhaltung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen und Mindestwert Kesselwirkungsgrad |
| Flüssige Biomasse | 50 % | Erfüllung Nachhaltigkeitsverordnung und Einsatz mit Brennwertkessel |
| Gasförmige Biomasse | 30 % | Nutzung nur in KWK-Anlagen (+ Anforderungen KWK) und Einhaltung von Nachhaltigkeitsforderungen |
| Geothermie und Umweltwärme | 50 % | Wärmemengen- und „Stromzähler“ und Mindestwerte JAZ |
| Kälte aus Erneuerbaren Energien | entsprechend der Anteile EE | <ul style="list-style-type: none"> · Technisch nutzbar gemachte Kälte · Deckung des Kältebedarfes für Raumkühlung · Erzeugung der Kälte, Rückkühlung und Verteilung mit bester verfügbarer Technik |
| Ersatzmaßnahmen zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes | | |
| Anlagen zur Nutzung von Abwärme | 50 % | <ul style="list-style-type: none"> · Bei Nutzung mit Wärmepumpen: Anforderungen wie bei Geothermie und Umweltwärme · Bei Nutzung mit Wärmeübertrager in zentraler Lüftungsanlage: Wärmerückgewinnungsgrad (WRG-Grad) $\geq 70 \%$ und Leistungszahl ≥ 10 (Begriffsdefinition: Die Leistungszahl ist das Verhältnis zwischen Abwärmenutzung [kW] und Stromeinsatz bei der WRG [kW].) · Sonstige Nutzung: nach Stand der Technik |
| KWK-Anlagen | 50 % | Nutzung hocheffizienter Anlagen: Primärenergieeinsparung gegenüber getrennter Erzeugung von Wärme und Elektroenergie |
| Maßnahmen zur Einsparung von Energie | -15 % | bezogen auf Anforderungen der EnEV $q_p \leq 0,85 \cdot q_{p,Ref}$ und $\dot{U} \leq 0,85 \cdot \dot{U}_{max}$ |
| | -15 % / -30 % | Öffentliche Gebäude: $q_p \leq 0,85 \cdot q_{p,Ref}$ und $\dot{U} \leq 0,70 \cdot \dot{U}_{max}$ |
| Nah-/Fernwärme, anteilig aus Erneuerbaren Energien | | Nah-/Fernwärmeerzeugung gemäß oben stehender Maßnahmen und Anforderungen |

Tabelle 1: Erfüllungsoptionen EEWärmeG Nichtwohngebäude: Neubau [2]

| EEWärmeG-Erfüllungsoptionen bei der Renovierung öffentlicher Gebäude | | |
|---|-----------------------------|---|
| Erfüllung EEWärmeG zu 100 % | | Einschränkungen / zusätzliche Anforderungen |
| Nutzung Erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes | | |
| Solare Strahlungsenergie | 15 % | Zertifizierung der Kollektoren: „Solar Keymark“ Alternativ bei öffentlichen Gebäuden: Bereitstellung der Dachfläche für Dritte, Mindest-Kollektorfläche 0,06 m ² je m ² Nutzfläche des versorgten Gebäudes, keine Nutzung zur Pflichterfüllung EEWärmeG durch versorgten Dritten |
| Feste Biomasse | 15 % | Einhaltung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen und Mindestwert Kesselwirkungsgrad |
| Flüssige Biomasse | 15 % | Erfüllung Nachhaltigkeitsverordnung und Einsatz mit Brennwertkessel |
| Gasförmige Biomasse mit KWK | 15 % | Nutzung nur in KWK-Anlagen (+ Anforderungen KWK) und Einhaltung von Nachhaltigkeitsforderungen |
| Gasförmige Biomasse mit Brennwertkesseln | 25 % | Nutzung in einem Heizkessel mit bester verfügbarer Technik |
| Geothermie und Umweltwärme | 15 % | Wärmemengen- und „Stromzähler“ und Mindestwerte JAZ (um 0,2 vermindert gegenüber Neubauanforderungen) |
| Kälte aus Erneuerbaren Energien | entsprechend der Anteile EE | <ul style="list-style-type: none"> · Technisch nutzbar gemachte Kälte · Deckung des Kältebedarfes für Raumkühlung · Erzeugung der Kälte, Rückkühlung und Verteilung mit bester verfügbarer Technik |
| Ersatzmaßnahmen zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes | | |
| Anlagen zur Nutzung | 50 % | <ul style="list-style-type: none"> · Bei Nutzung mit Wärmepumpen: Anforderungen wie bei Geothermie und Umweltwärme Mindestwerte JAZ (um 0,2 vermindert gegenüber Neubauanforderungen) · Bei Nutzung mit Wärmeübertrager in zentraler Lüftungsanlage: Wärmerückgewinnungsgrad (WRG-Grad) $\geq 70\%$ und Leistungszahl ≥ 10 (Begriffsdefinition: Die Leistungszahl ist das Verhältnis zwischen Abwärmennutzung [kW] und Stromeinsatz bei der WRG [kW].) · Sonstige Nutzung: nach Stand der Technik |
| KWK-Anlagen | 50 % | Nutzung hocheffizienter Anlagen: Primärenergieeinsparung gegenüber getrennter Erzeugung von Wärme und Elektroenergie |
| Maßnahmen zur Einsparung von Energie | -20 % | bezogen auf Anforderungen der EnEV bei Modernisierung an die Dämmung der Gebäudehülle $\bar{U} \leq 0,80 \cdot 1,40 \cdot \bar{U}_{\max}$ Alternativ: Erfüllung der Anforderungen der EnEV an den Neubau |
| Nah-/Fernwärme, anteilig aus Erneuerbaren Energien | | Nah-/Fernwärmeerzeugung gemäß oben stehender Maßnahmen und Anforderungen |

Tabelle 2: Erfüllungsoptionen EEWärmeG Nichtwohngebäude: Renovierung öffentlicher Gebäude

Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen können untereinander und miteinander kombiniert werden. Dabei müssen die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung der einzelnen Erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen im Verhältnis zu der vorgesehenen Nutzung in der Summe einen Erfüllungsgrad von ≥ 1 bzw. $\geq 100\%$ ergeben.

$$\text{Erfüllungsgrad} = \sum_{\text{alle genutzten Optionen } i} \frac{\text{Deckungsanteil}_{i, \text{IST}}}{\text{Deckungsanteil}_{i, 100\%}}$$

Für die Einhaltung des EEWärmeG gelten je nach gewählter Option zur Erfüllung der Nutzungspflicht unterschiedliche Nachweise.

Eine Beschreibung der Anwendung von Kennwerten aus der DIN V 18599 für den speziellen Anwendungsfall der Erstellung von Nachweisen für das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) enthält DIN V 18599 Bbl.2: 2012-06 [11].

Beispiele für Erfüllungsoptionen bei der Renovierung einer Schule (öffentliches Gebäude)

Fall 1:

Versorgung durch ein BHKW und Spitzenlastkessel, Energieträger Erdgas

| | |
|---------------------------|---------------|
| Wärmeenergiebedarf Schule | 300.000 kWh/a |
| Deckung aus BHKW | 170.000 kWh/a |
| Mindestanteil BHKW | 50 % |
| Deckungsanteil BHKW | 57 % |

Gesamterfüllungsgrad

$$EG = \frac{57\%}{50\%} = 114\% \geq 100\%$$

Fall 2:

Versorgung mit Brennwertkessel, Energieträger Erdgas-Biogas-Gemisch (Anteil Biogas 25 %)

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Wärmeenergiebedarf Schule | 300.000 kWh/a |
| Anteil von Biogas im Energieträger | 25 % |
| Mindestanteil | 25 % |

Gesamterfüllungsgrad

$$EG = \frac{25\%}{25\%} = 100\%$$

Fall 3:

Schule mit BHKW und Spitzenlastkessel, Energieträger Erdgas-Biogas-Gemisch (Anteil Biogas 20 %)

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Wärmeenergiebedarf Schule | 300.000 kWh/a |
| Deckung aus BHKW | 125.000 kWh/a |
| Mindestanteil BHKW | 50 % |
| Anteil von Biogas im Energieträger | 10 % |
| Mindestanteil Biogas in BHKW | 15 % |

Deckungsgrad Biogas über KWK

$$DG_{\text{Biogas, KWK}} = 10\% \cdot \frac{125.000}{300.000} = 4,2\%$$

Deckungsgrad für BHKW ohne Biogas

$$DG_{\text{KWK}} = (100\% - 10\%) \cdot \frac{125.000}{300.000} = 37,5\%$$

Gesamterfüllung

$$EG = \frac{4,2\%}{15\%} + \frac{37,5\%}{50\%} = 103\% \geq 100\%$$

2.3 Energetische Bewertung:

Berechnungsverfahren DIN V 18599

Die Vornormenreihe DIN V 18599 [6] beschreibt ein Verfahren zur energetischen Bewertung des Energiebedarfes von Gebäuden zur Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung unter definierten Nutzungsbedingungen. Das Verfahren berücksichtigt die wesentlichen

- » bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes,
- » energetisch relevanten Parameter der Anlagentechnik zur Konditionierung des Gebäudes,
- » Randbedingungen der Nutzung und
- » solare und interne Gewinne.

Mit dem universellen Verfahren können Wohn- und Nichtwohngebäude jeweils als Neubauten oder auch als Bestandsgebäude mit marktüblichen Konditionierungssystemen abgebildet werden.

Bei Energiebedarfsberechnungen für Nichtwohngebäude im Rahmen der Energieausweiserstellung nach EnEV muss das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 angewendet werden. Da der Nachweis der Einhaltung des EEWärmeG sich wesentlich auf Ergebnisse der Energiebedarfsberechnung nach EnEV stützt, ist die DIN V 18599 auch für diesen Nachweis bei Nichtwohngebäuden i. d. R. unabdingbar.

Im Rahmen des Nachweisverfahrens nach EnEV ist für eine Vergleichbarkeit der Energiebedarfswerte ein fest definiertes Referenzklima anzusetzen. Im Zuge von Energieberatungen, die nicht zwingend an sämtliche Vorgaben der EnEV gebunden sind, können individuelle Klimadaten herangezogen werden.

Die Normenreihe umfasst 11 Normenteile:

- Teil 1 Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- Teil 2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- Teil 3 Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
- Teil 4 Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- Teil 5 Endenergiebedarf von Heizsystemen
- Teil 6 Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühltürmen für Wohngebäude
- Teil 7 Endenergiebedarf von Raumluftheiz- und Klimakältesystemen für Nichtwohngebäude
- Teil 8 Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- Teil 9 End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
- Teil 10 Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- Teil 11 Gebäudeautomation

Die Energiebilanzierung nach DIN V 18599 beginnt auf der Nutzenseite mit der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. In der weiteren Berechnung werden diesem jeweils Energieverluste durch die Anlagentechnik in den Teilbereichen Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung aufgeschlagen. Im Ergebnis erhält man den Endenergiebedarf und den Hilfsenergieaufwand des Gebäudes. Mittels Primärenergiefaktoren erfolgt die Bewertung der Bereitstellung der Energieträger bis zur Gebäudegrenze.

Das Verfahren berücksichtigt durch einen iterativen Ansatz auch, dass sich Energieverluste der Anlagentechnik als unregelmäßige Energieeinträge in der Nutzenergiebilanz bemerkbar machen können, z. B. wenn Wärmeverteilerleitungen im zu beheizenden Bereich verlegt sind und diesen somit anteilig beheizen.

Energiefluss und Berechnungsgang zwischen Nutz- und Primärenergie nach DIN V 18599 für Heizung sind in Abbildung 4 dargestellt.

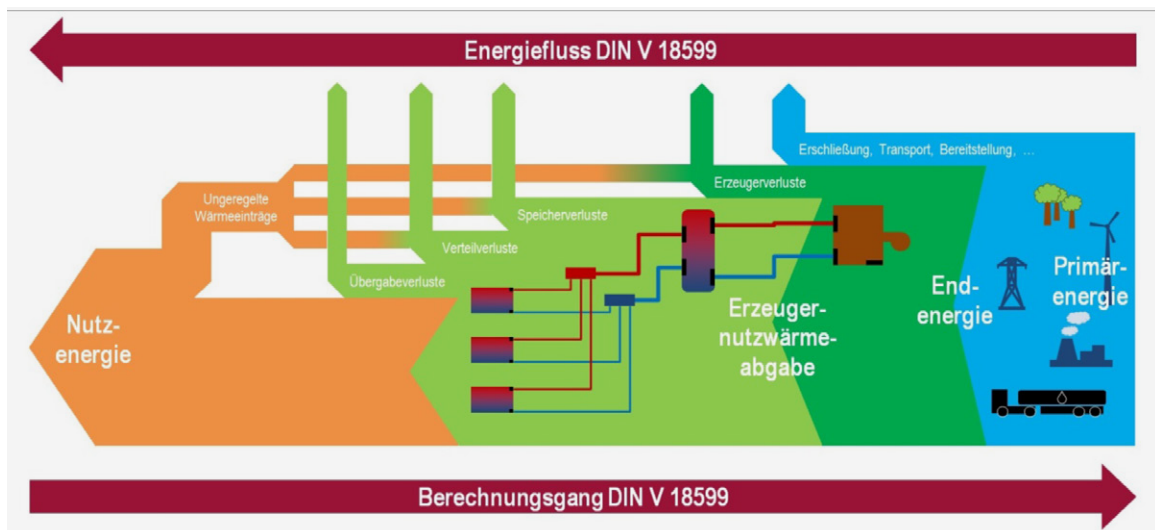


Abbildung 4: Energiefluss zwischen Nutz- und Primärenergie nach DIN V 18599, Beispiel Heizung

Nichtwohngebäude bzw. Teile des Gebäudes unterscheiden sich bezüglich der Nutzungs- und Betriebszeiten, der Beleuchtung, des Raumklimas und der Wärmequellen. Bei der Berechnung des Energiebedarfes von Nichtwohngebäuden erfolgt daher i. d. R. eine Unterteilung des Gebäudes in mehrere Zonen. Ziel der Zonierung ist, Gebäudebereiche zusammenzufassen, für die sich ähnliche Nutzenergiemengen bzw. ähnliche Wärmequellen/Wärmesenken ergeben.

Die Zonierung erfolgt nach folgenden Merkmalen in der angegebenen Reihenfolge:

1. Nutzung,
2. Art der technischen Konditionierung,
3. Weitere zusätzliche Zonenteilungskriterien, insbesondere bei gekühlten Räumen.

Gewerbliche Nutzungen mit hohem End- und Primärenergiebedarf sind (vgl. auch Abschnitt 2.1):

- » Büros
- » Heime, Gaststätten, Beherbergungen
- » Handel

Eine Vielzahl von Bürogebäuden befindet sich in Eigentum oder Besitz der öffentlichen Hand, für welche erhöhte Anforderungen bei Neubau oder grundlegender Modernisierung nach EEWärmeG gelten.

Hallen stellen eine besondere Form von Nichtwohngebäuden dar, welche sich zum Beispiel bezüglich der Raumtemperaturen und der Art der Konditionierung von anderen gewerblichen Gebäuden unterscheiden. Besonderheiten dieser werden in den BDEW-Broschüren „Strahlungsheizung Erdgas-Infrarotheizsysteme“ [3] und „Warmluftheizung“ [4] sowie im „Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude nach EnEV 2014 und EEWärmeG 2011“ [12] detailliert behandelt.

2.4 Heizlastberechnung nach DIN EN 12831

Grundlage für die Planung der Heizungsanlage des Gebäudes bildet die Ermittlung der Heizlast. Die Norm DIN EN 12831 [13] beschreibt ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Norm-Heizlast unter Norm-Auslegungsbedingungen. Die Berechnung erfolgt raumweise als Basis zur Auslegung der Heizflächen und für das gesamte Heizungssystem zur Auslegung des Wärmeerzeugers. Neben der Berechnung von Standardfällen wird auch die Behandlung von Sonderfällen (z. B. Hallenbauten) erläutert.

Zunächst werden die Wärmeverluste berechnet. Diese bestehen aus den Norm-Transmissionswärmeverlusten und den Norm-Lüftungswärmeverlusten:

Norm-Transmissionswärmeverluste: Beinhalten die Wärmeleitung durch die Umfassungsflächen sowie den Wärmefluss aufgrund der Wärmeleitung zwischen (unterschiedlich) beheizten Räumen.

Norm-Lüftungswärmeverluste: Wärmeverluste nach außen aufgrund von Lüftung oder Infiltration durch die Gebäudehülle sowie der Lüftungswärmefluss zwischen verschiedenen Räumen innerhalb des Gebäudes.

Die Berechnungsschritte für die ausführliche raumweise Berechnung der Heizlast sind in Abbildung 5 und für die Gebäudeheizlast in Abbildung 6 angegeben.

Berechnungsschritte für jeden beheizten Raum

Ermittlung notwendiger Daten

- Lage und Geometrie des Gebäudes
- Norm-Außentemperatur
- Jahresmittel der Außentemperatur

Festlegung des Status jedes Raumes (beheizt/unbeheizt), Festlegung Norm-Innentemperatur, Lüftungsstatus (freie oder mechanische Lüftung)

Festlegung der Abmessungen und der wärmetechnischen Eigenschaften aller Bauteile für jeden beheizten oder unbeheizten Raum

Berechnung Transmissionswärmeverluste:

Wärmeverluste durch Gebäudehülle, zu unbeheizten Räumen, Nachbarräumen und Erdreich
 Norm-Transmissionswärmeverlust =
 Norm-Transmissionswärmeverlustkoeffizient x
 Norm-Temperaturdifferenz

Berechnung Lüftungswärmeverluste:

Wärmeverluste durch Lüftung und Infiltration sowie der Lüftungswärmefluss zwischen verschiedenen Räumen
 Norm-Lüftungswärmeverlust =
 Norm-Lüftungswärmeverlustkoeffizient x
 Norm-Temperaturdifferenz

Berechnung Gesamtwärmeverlust:

Gesamtwärmeverlust =
 Norm-Transmissionswärmeverlust +
 Norm-Lüftungswärmeverlust

Berechnung Aufheizleistung:

Zusätzliche Leistung für Ausgleich unterbrochener Beheizung

Berechnung Gesamtheizlast:

Gesamtheizlast =
 Gesamtwärmeverlust + Aufheizleistung

Abbildung 5: Berechnungsgang zur Bestimmung der Gesamtheizlast eines Raumes [13]

| |
|--|
| Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Gesamtheizlast des Gebäudes |
| Bestimmung Auslegungs- Transmissionswärmeverlust Summierung der Norm-Transmissionswärmeverluste aller beheizten Räume ohne Berücksichtigung des Wärmeflusses zwischen beheizten Räumen |
| Bestimmung Auslegungs-Lüftungswärmeverlust Summierung der Norm-Lüftungswärmeverluste aller beheizten Räume ohne Berücksichtigung des Wärmeflusses zwischen beheizten Räumen |
| Berechnung Norm-Wärmeverlust Norm-Wärmeverlust = Auslegungs-Transmissionswärmeverlust und Auslegungs-Lüftungswärmeverlust |
| Berechnung Aufheizleistung: Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für die zusätzliche Aufheizleistung |
| Berechnung Norm-Heizlast für Gebäude oder Gebäudeteil: Norm-Heizlast = Norm-Wärmeverluste + Aufheizleistung |

Abbildung 6: Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Gesamtheizlast für eine Gebäudeeinheit oder ein gesamtes Gebäude [13]

Bei anlagentechnischen Änderungen oder der energetischen Bewertung im Gebäudebestand steht oft eine detaillierte Heizlastberechnung nicht zur Verfügung, je nach vorliegender Datenlage müssen andere Verfahren zur Ermittlung der Heizlast angewandt werden. Für Bestandsgebäude sind vereinfachte Berechnungsverfahren in den Beiblättern 2 und 3 [14] [15] zur DIN EN 12831 für Deutschland definiert:

Beiblatt 2: Vereinfachtes Verfahren zur näherungsweisen Ermittlung der Heizlast eines Gebäudes im Bestand.

Beiblatt 3: Vereinfachungen zur näherungsweisen Ermittlung der Raumheizlast im Gebäudebestand. Anwendbar auf Räume in Wohn- oder wohnähnlichen Gebäuden ohne raumluftechnische Anlagen.

Die meteorologischen Daten Norm-Außentemperatur und Jahresmittel der Außentemperatur sowie weitere nationale Eingabedaten und Parameter sind im Beiblatt 1 zur DIN EN 12831 (Nationaler Anhang) [7] festgeschrieben. Für die Norm-Innentemperaturen sind ebenfalls die darin enthaltenen Werte zugrunde zu legen, sofern nicht mit dem Auftraggeber andere Werte vereinbart werden. Anhaltswerte für Norm-Innentemperaturen nach [7] enthalten Tabelle 3.

| Nutzungsart | Norm-Innentemperatur |
|---|----------------------|
| Büroräume, Sitzungszimmer, Ausstellungsräume, Haupttreppenräume, Schalterhallen | 20 °C |
| Hotelzimmer | 20 °C |
| Verkaufsräume und Läden | 20 °C |
| Unterrichtsräume | 20 °C |
| Theater- und Konzerträume | 20 °C |
| Sanitärräume (Bade-/Duschräume, Umkleiden, ...) | 24 °C |
| WC-Räume | 20 °C |
| beheizte Nebenräume (Flure, Treppenhäuser) | 15 °C |

Tabelle 3: Norm-Innentemperaturen [7]

3. Heizsysteme im Nichtwohngebäude

3.1 Heizungssysteme

Zentrale Heizungssysteme werden heute i.d.R. als Pumpen-Warmwasserheizungsanlagen mit einem geschlossenen Ausdehnungsgefäß und einer Verteilung im Zweirohrsystem ausgeführt.

(Zu Strahlungsheizung und Warmluftheizung siehe separate Handbücher [3][4]).

Wesentliche Komponenten von zentralen Heizsystemen sind

- » Wärmeerzeuger mit Regelung,
- » Wärmeverteilung,
- » Wärmeübergabesysteme und
- » Sicherheitstechnische Ausrüstungen.

In den folgenden Ausführungen wird auf die einzelnen Komponenten und die Besonderheiten bei der Aufstellung von Gasgeräten eingegangen.

Dampfheizungsanlagen nutzen anstelle von Warmwasser Dampf als Energieträger. Der im Dampferzeuger erzeugte Dampf kondensiert im Wärmeübergabesystem und wird als Kondensat zum Kessel zurückgeführt. Dampfheizungen können nach dem Dampfdruck in Niederdruck-, Hochdruck- und Vakuumdampfheizungen eingeteilt werden. Sie werden heute fast ausschließlich zur Beheizung von Industriebauwerken oder für Produktionsprozesse (z. B. Wäschereien) eingesetzt.

3.2 Gasbeheizte Wärmeerzeuger

3.2.1 Niedertemperaturkessel

Niedertemperaturkessel sind so konzipiert, dass sie kontinuierlich mit einer Rücklaufwassertemperatur von 35 °C bis 40 °C betrieben werden können. Unter bestimmten Umständen kann es dabei auch zur Kondensation der in den Abgasen enthaltenen Wasserdämpfe kommen, anders als beim Brennwertkessel ist dies jedoch kein normaler Betriebszustand. Niedertemperaturkessel nutzen nur die bei der Verbrennung des Brennstoffes entstehende Wärme (ohne Wasserdampfkondensation) und werden daher auch Heizwertkessel genannt. Kessel solcher Bauart sind seit Ende der 80er Jahre Stand der Technik und im Gewerbebestand stark verbreitet. Mit Inkrafttreten der Ökodesign-Richtlinie im Jahr 2015 [16], welche Mindestanforderungen an die Effizienz von Wärmeerzeugern stellt, ist ein Neueinbau von Niedertemperaturkesseln nicht mehr zulässig (Ausnahme bei mehrfachbelegten Schornsteinen in der Wohnungswirtschaft und Kessel für Raumheizung > 400 kW).

3.2.2 Brennwertkessel

Brennwertkessel sind für die permanente Kondensation eines Großteils der in den Abgasen enthaltenen Wasserdämpfe konstruiert. Während Niedertemperaturkessel nur die bei der Verbrennung des Brennstoffes entstehende Wärme nutzen, nutzen Brennwertkessel zusätzlich die in den Abgasen enthaltene latente Wärme in Form von Wasserdampf. Der Brennwert von Erdgas ist 11 % höher als dessen Heizwert. Brennwertkessel sind seit Mitte der 90er Jahre Stand der Technik.

Brennwertkessel werden sowohl als Wand- als auch als Standgeräte angeboten. Wandgeräte sind als Einzelgeräte mit Leistungen bis zu 150 kW verfügbar, als Mehrkesselanlage sind Leistungen bis etwa 600 kW möglich. Standgeräte können als Einzelkessel oder als Mehrkesselanlage jede denkbare Leistung zur Verfügung stellen. Durch den großen Modulationsbereich der Kesselleistung arbeiten Brennwertkessel effizient ohne häufiges Takten. Moderne Gas-Brennwertkessel können, je nach Bauart, auch mit biogenen Beimischungen betrieben werden.

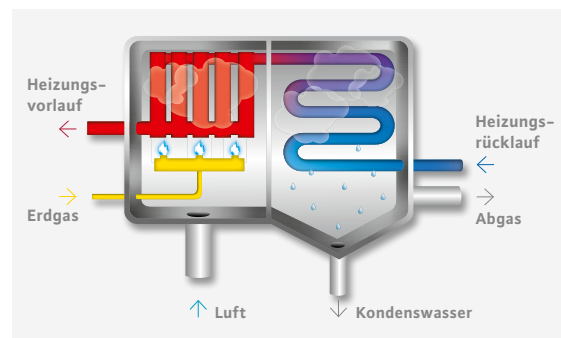


Abbildung 7: Funktionsschema Brennwertkessel

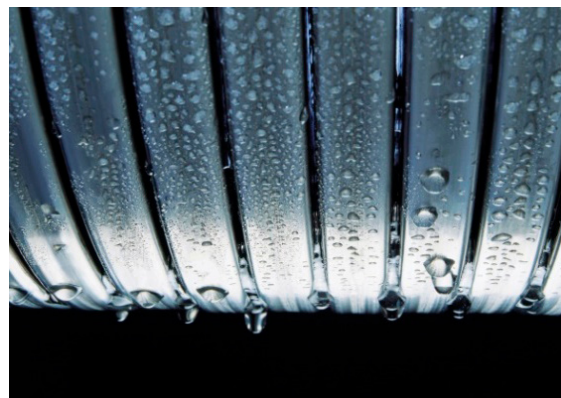


Abbildung 8: Brennwertnutzung

Bei Gas-Brennwertkesseln fällt leicht saures Kondenswasser an, das abgeleitet werden muss. Entsprechend dem Arbeitsblatt DWA-A 251 [17] muss dabei eine ausreichende Vermischung der Kondensate mit sonstigem Abwasser aus Gebäuden, die zum Wohnen oder vergleichbaren Zwecken dienen, erfolgen. Dies ist gegeben, wenn mindestens das 20-fache Volumen der zu erwartenden Kondensatmenge anfällt. Bei gleichzeitiger gewerblicher Nutzung und Wohnungsnutzung wird nachfolgend in Abhängigkeit von der Kesselbelastung die Mindestanzahl an vorhandenen Wohnungen angegeben, siehe Tabelle 4. Bei Büros erfolgt die Angabe in Abhängigkeit von der Anzahl der Beschäftigten, siehe Tabelle 5. Für andere gewerbliche Nutzungen werden im Arbeitsblatt spezifische Frischwasserverbräuche an-

gegeben. Bei nicht ausreichender Durchmischung oder einer Feuerungsleistung > 200 kW ist eine Neutralisation des in die Kanalisation einzuleitenden Kondensats erforderlich. Neutralisationseinrichtungen werden in den Ablauf der Brennwertanlagen eingebaut und sind üblicherweise mit basischen mineralischen Granulaten gefüllt.

Die Verbrennungsluftzufuhr kann sowohl raumluftabhängig als auch raumluftunabhängig mit einem Luft-Abgassystem oder einer separaten Zuluftleitung erfolgen. Infolge der niedrigen Abgastemperaturen ist die Abgasführung ventilatorgestützt. Weiterführende Ausführungen zu den Abgassystemen erfolgen in Abschnitt 3.8.

| Kesselbelastung in kW | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| jährliches Kondensatvolumen Erdgas in m³/a | 7 | 14 | 28 | 42 | 56 |
| Mindestanzahl an Wohnungen | ≥ 1 | ≥ 2 | ≥ 4 | ≥ 6 | ≥ 8 |

Tabelle 4: Mindestanzahl an Wohnungen bei Mischung von Gewerbe und Wohneinheiten

| Kesselbelastung in kW | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 |
|--|------|------|------|------|------|
| jährliches Kondensatvolumen Erdgas in m³/a | 6 | 12 | 24 | 36 | 48 |
| Mindestanzahl der Beschäftigten im Büro | ≥ 10 | ≥ 20 | ≥ 40 | ≥ 60 | ≥ 80 |

Tabelle 5: Mindestanzahl an Beschäftigten in Bürogebäuden

3.2.3 Gaswärmepumpen

Gaswärmepumpen nutzen neben dem Energiegehalt des Brennstoffes Gas Umgebungswärme als Wärmequelle. Entsprechend dem technischen Prinzip unterscheidet man Kompressions- und Sorptionswärmepumpen. Sorptionswärmepumpen werden weiterhin in Adsorptions- und Absorptionswärmepumpen unterteilt. Als Wärmequellen kommen Luft, Erdreich/Grundwasser und Solarstrahlung zum Einsatz.

Motorische Gaswärmepumpen

Kompressionswärmepumpen mit Verbrennungsmotor arbeiten wie Elektro-Wärmepumpen, der Verdichter ist jedoch brennstoffbetrieben. Zusätzlich wird die Abwärme des Motors und der Abgase zur Wärmebereitstellung genutzt.

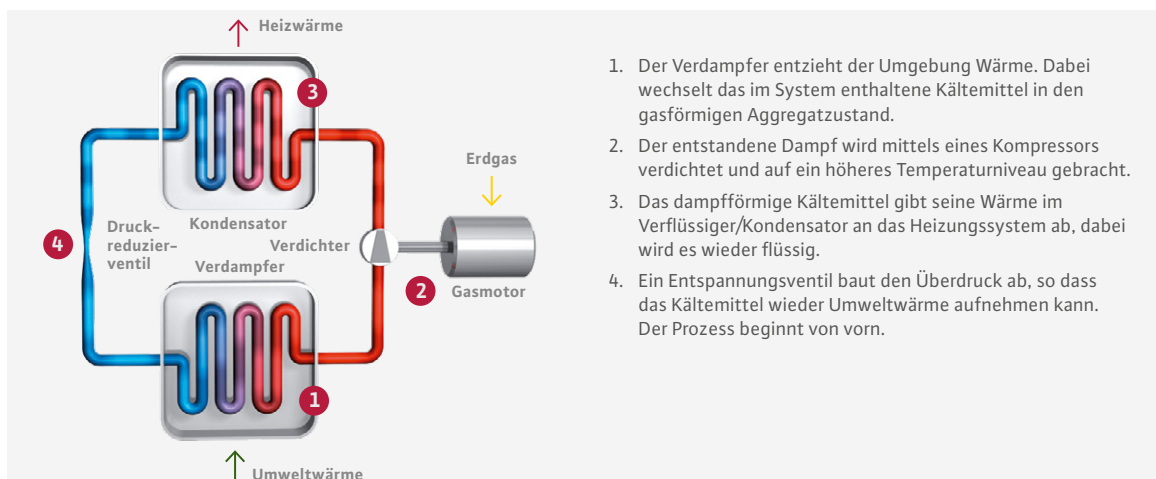


Abbildung 9: Funktionsschema motorische Gaswärmepumpe

Adsorptions-Wärmepumpe

Adsorptions-Wärmepumpen machen sich die physikalischen Eigenschaften des Minerals Zeolith zu eigen: Zeolith bindet („adsorbiert“) Wasserdampf und saugt sich wie ein Schwamm voll. Dabei entsteht Wärme, die an das Heizsystem abgeführt wird. Der Sorptionsprozess einer Adsorptions-Gaswärmepumpe ist ein zyklischer Prozess, er durchläuft zwei Phasen: die Desorptionsphase und die Adsorptionsphase.

Adsorptions-Wärmepumpen sind im Leistungsbereich von 10 kW und 15 kW marktfähig und eignen sich damit für den Einsatz in kleineren Gewerbeobjekten. Die Geräte sind für die Wärmequellen Solarthermie und Erdwärme konzipiert.

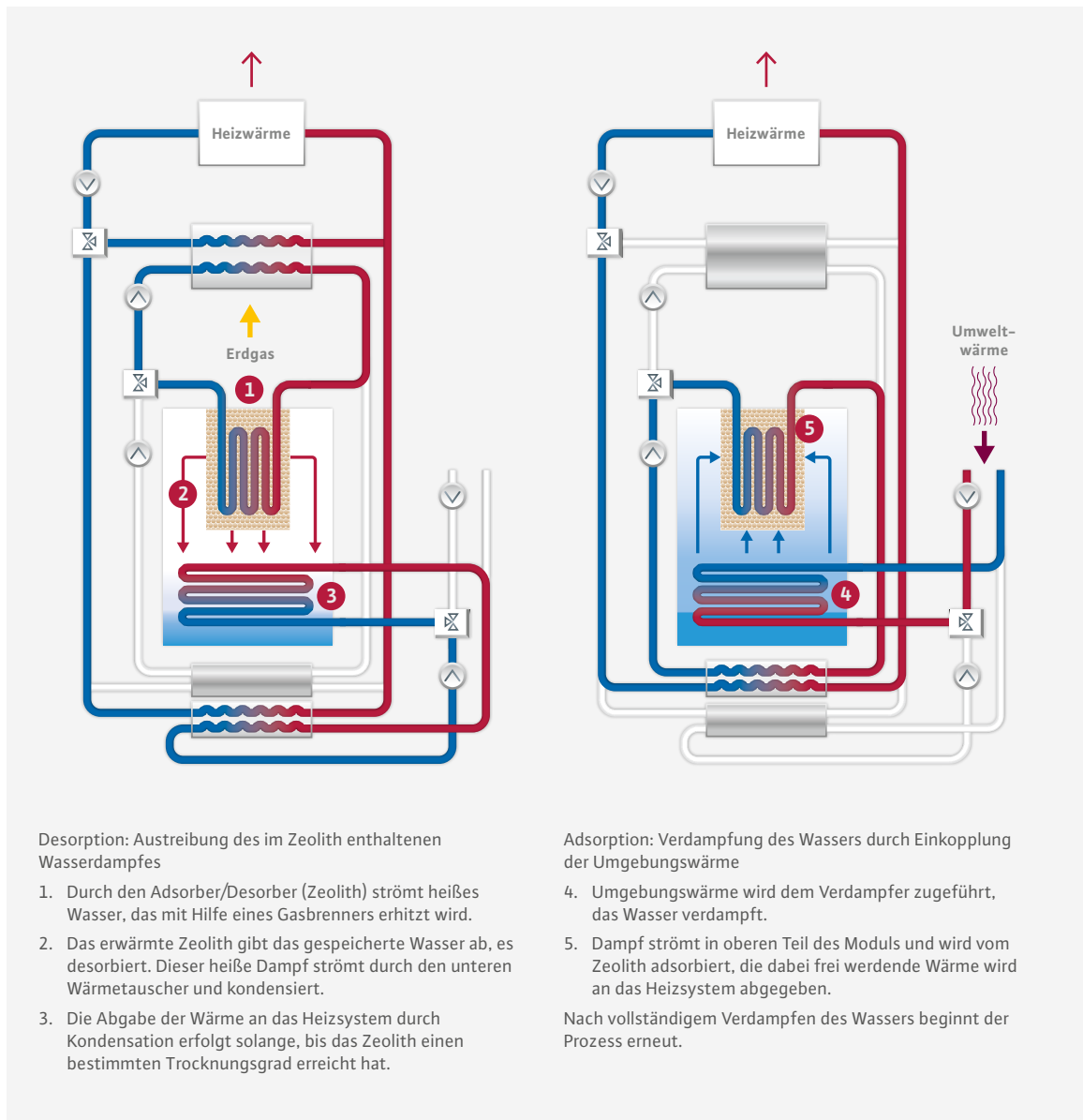


Abbildung 10: Funktionsschema Adsorptions-Wärmepumpe

Absorptions-Wärmepumpe

Bei einer Absorptions-Wärmepumpe wird das durch Umweltwärme verdampfte Kältemittel in einer Lösung (z.B. Ammoniak/Wasser oder Wasser/Lithiumbromid) aufgenommen/absorbiert.

Absorptions-Wärmepumpen werden derzeit als Einzelgeräte im Leistungsbereich bis zu 40 kW für die Wärme-

quellen Luft und Erdwärme bzw. Grundwasser angeboten. Die Geräte können kaskadiert oder mit einem Gas-Brennwertkessel kombiniert werden, so ist ein Einsatz auch bei größeren Heizlasten möglich. Die Aufstellung der Luft-Wärmepumpe erfolgt außerhalb des Gebäudes, mit Wärmequelle Erdwärme oder Grundwasser ist eine Aufstellung sowohl innen als auch außen möglich.

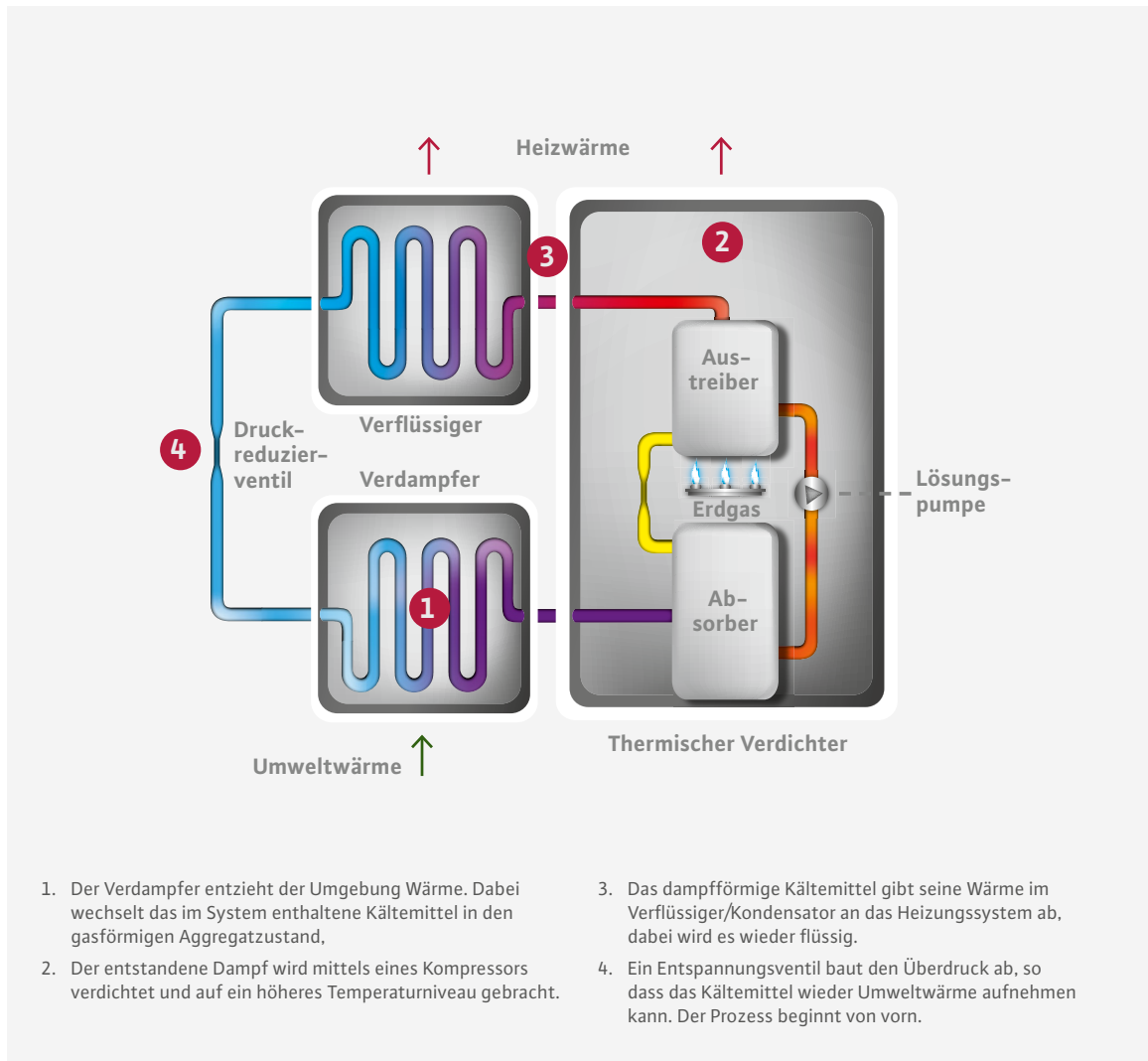


Abbildung 11: Funktionsschema Absorptions-Wärmepumpe

3.2.4 Hybridheizungen

Bei Hybridheizungen erfolgt die Wärmebereitstellung durch mehrere Wärmeerzeuger. Verbreitet sind Lösungen mit Erdgas in einem Gas-Brennwertkessel und die Wärmeerzeugung aus Strom mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Sie werden als Kombigeräte für den Einfamilienhausbereich oder in getrennten Modulen mit größeren Leistungen z. B. für Gewerbeobjekte angeboten.

Der Bivalenzpunkt, bei dem der Wärmeerzeuger wechselt, wird in Abhängigkeit von der gewählten Betriebsweise und den vom Anlagenbetreiber gemachten Vorgaben (z. B. Preisverhältnis von Gas und Strom) ermittelt. In der Regel liegt der Bivalenzpunkt bei einer Außentemperatur zwischen 3 °C und 6 °C.

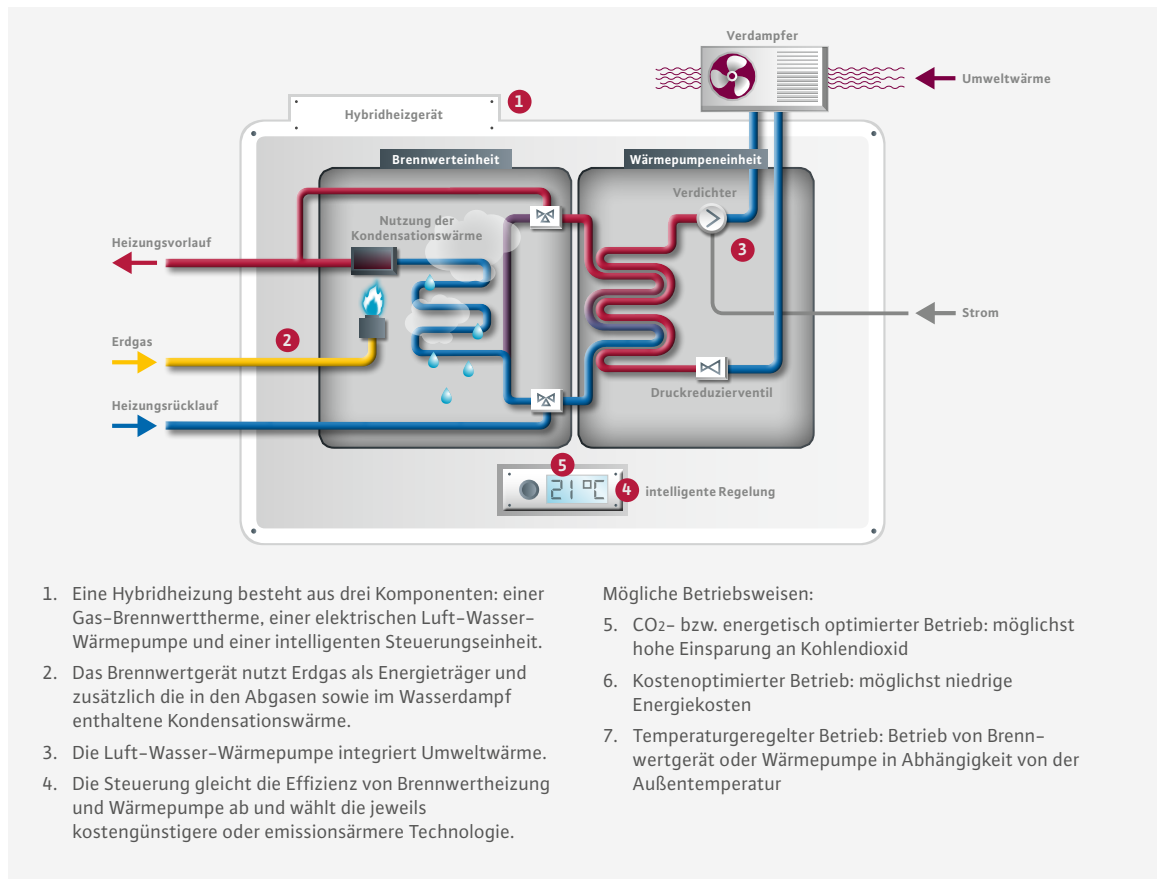


Abbildung 12: Funktionsschema Hybridheizung

3.2.5 Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bzw. Blockheizkraftwerke erzeugen unter Einsatz eines Brennstoffes gleichzeitig Wärme und Strom.

Die Einteilung (Bezeichnung) erfolgt in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung der Anlagen.

Die Auslegung und der Betrieb von KWK-Anlagen erfolgen i. d. R. nach dem Wärmebedarf. Der Einsatz einer KWK-Anlage ist so immer dann sinnvoll, wenn ganzjährig ein Wärme- und Strombedarf besteht. Die erzeugte Wärme kann sowohl für Heizung und Warmwasserbereitung als auch für gewerbliche Prozesse verwendet werden.

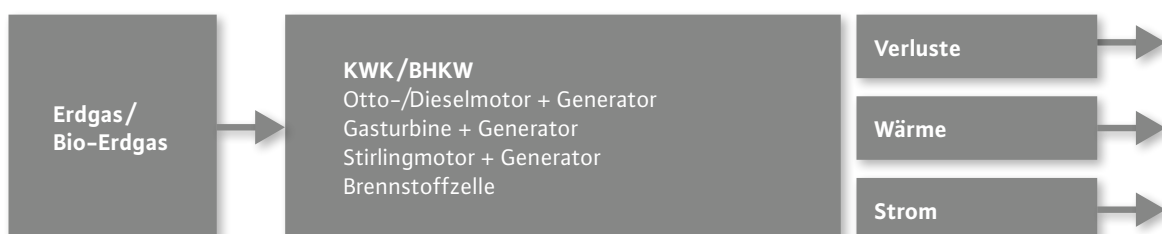


Abbildung 13: Funktionsschema Kraft-Wärme-Kopplung

| | Elektrische Leistung | vorwiegende Technologie |
|-----------|------------------------------|---|
| Mikro-KWK | bis etwa 2 kW _{el} | Stirlingmotor, Gas-Verbrennungsmotor, Brennstoffzelle |
| Mini-KWK | bis etwa 50 kW _{el} | Otto-/Dieselmotor |
| KWK/BHKW | größer 50 kW _{el} | Otto-/Dieselmotor, Gasturbinen, Dampfturbinen |

Tabelle 6: Einteilung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nach der elektrischen Leistung

3.2.6 Brennstoffzellen-Heizgeräte

Eine Technologie von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind Heizgeräte auf Brennstoffzellenbasis. Bei diesen wird der eingesetzte Brennstoff elektrochemisch in Energie umgewandelt. Für den Umwandlungsprozess (Reformierung) ist Wasserstoff notwendig, der aus Erdgas und/oder ins Erdgasnetz eingespeistem Bio-Erdgas gewonnen wird. Derzeit werden in Heizgeräten PEM-Brennstoffzellen (Proton Exchange Membrane) oder SO-Brennstoffzellen (Solid Oxid) eingesetzt:

- » PEM-Brennstoffzelle
Niedertemperatur-Brennstoffzelle mit einer Arbeitstemperatur zwischen 60 °C und 90 °C, bei dieser Brennstoffzelle ist ein Reformer für die externe Brenngasaufbereitung erforderlich.
- » SO-Brennstoffzelle
Festoxid-Brennstoffzelle mit einer Arbeitstemperatur von 900 °C bis 1.000 °C (Hochtemperatur-Brennstoffzelle), das Brenngas kann innerhalb der Brennstoffzelle reformiert werden.

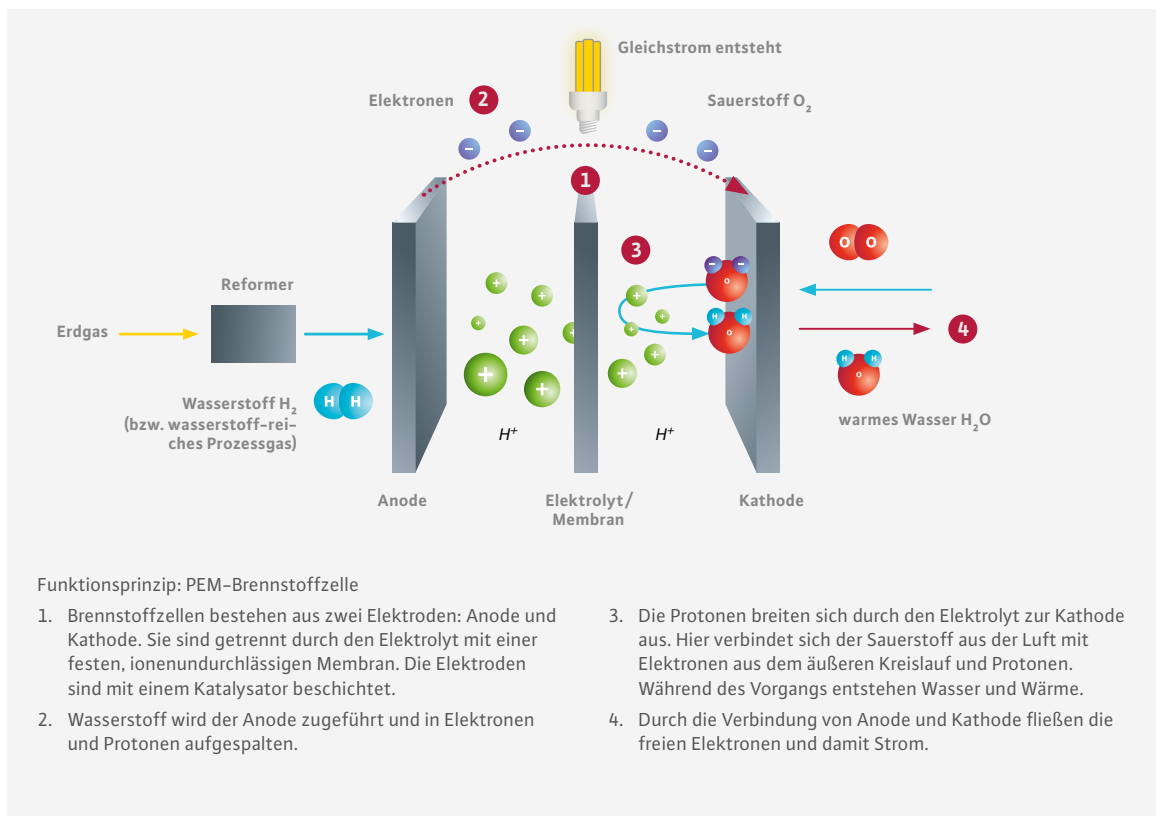


Abbildung 14: Schema PEM-Brennstoffzelle

Marktverfügbare Brennstoffzellengeräte haben eine elektrische Leistung von 0,3 kW_{el} bis 2,5 kW_{el} und eine thermische Leistung von 0,6 kW_{th} bis 2,0 kW_{th}. In Kombination mit einem Gas-Brennwertkessel sind sie sowohl bei Neubau als auch bei Modernisierung von gewerblichen Objekten geeignet. Die elektrischen Wirkungsgrade der Geräte liegen bei 30 % bis 40 %, Einzelgeräte

erreichen bis 60 %. Der elektrische Wirkungsgrad unterliegt über der Betriebsdauer einer gewissen Degradation, die Nutzungsdauer des Brennstoffzellenstacks wird von den Herstellern daher zum Teil in Abhängigkeit vom verbleibenden elektrischen Wirkungsgrad angegeben.

3.2.7 Effizienz der Wärmeerzeugung

Die Effizienz der Wärmeerzeugung kann mit Hilfe von Jahresnutzungsgraden bzw. Erzeugeraufwandszahlen aufgezeigt werden. Der Jahresnutzungsgrad eines Wärmeerzeugers ist das Verhältnis von abgegebener Energie zur eingesetzten Energie, die Erzeugeraufwandszahl ist sein Kehrwert. Anhaltspunkte für Jahresnutzungsgrade

bei Heizungs- und Warmwasserbereitung mit modernen Gaskesseln sind im Folgenden wie üblich mit Bezug auf den Heizwert H_i angegeben [18]. Für einen Bezug auf den Brennwert H_s ist der angegebene Jahresnutzungsgrad durch den Brennwert/Heizwert-Faktor $f_{H_s/H_i} = 1,11$ zu teilen [6].

| Wärmeerzeuger mit Energieträger Erdgas | Leistung | Jahresnutzungsgrad Bezug Heizwert |
|--|--|--------------------------------------|
| Niedertemperaturkessel mit Brenner ohne Gebläse | $\leq 120 \text{ kW}$ | 0,91 |
| | $> 120 \text{ kW} \leq 1.200 \text{ kW}$ | 0,92 |
| Niedertemperaturkessel mit Gebläsebrenner | bis 1.200 kW | 0,92 |
| | $\leq 50 \text{ kW}$ | 0,97 |
| Brennwertkessel | $> 50 \text{ kW} \leq 120 \text{ kW}$ | 0,98 |
| | $> 400 \text{ kW} \leq 1.200 \text{ kW}$ | 0,99 |

Tabelle 7: Jahresnutzungsgrade von Kesseln [18]

Die Jahresnutzungsgrade der Kessel sind für Systemtemperaturen von $75/60^\circ\text{C}$ angegeben, diese erhöhen sich insbesondere bei Gas-Brennwertkesseln, wenn der Betrieb für Heizung- und Warmwasserbereitung mit niedrigeren Systemtemperaturen erfolgt. So werden für Heizungen mit Auslegungstemperaturen von $35/28^\circ\text{C}$ Norm-Nutzungsgrade von bis zu 1,1 angegeben, diese werden jedoch bei den für Gewerbe typischen Betriebsbedingungen selten erreicht.

Für die verschiedenen KWK-Systeme sind in Tabelle 8 typische thermische und elektrische Wirkungsgrade

angegeben. Die Wirkungsgrade werden unter Prüfstandsbedingungen gemessen, im realen Betrieb ergeben sich in jedem Fall geringere Jahresnutzungsgrade. Je nach Systemkonfiguration und Betriebsbedingungen können die elektrischen Wirkungsgrade bis zu 5 % und die thermischen Nutzungsgrade bis zu 10 % geringer ausfallen [19]. Prinzipiell liegen die thermischen Jahresnutzungsgrade von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen unter denen von Niedertemperatur- oder Brennwertkesseln. Dies wird jedoch durch die gleichzeitig stattfindende Stromerzeugung ausgeglichen.

| KWK-System | Elektrischer Wirkungsgrad | Thermischer Wirkungsgrad | Gesamt- wirkungsgrad |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Otto-/Dieselmotor | 20 % bis 35 % | 50 % bis 75 % | 80 % bis 100 % |
| Stirlingmotor | 10 % bis 15 % | 70 % bis 90 % | 80 % bis 105 % |
| Brennstoffzellen | 25 % bis 60 % | 30 % bis 70 % | 80 % bis 95 % |

Tabelle 8: Elektrischer und thermischer Wirkungsgrad von KWK-Systemen [19]

Die Effizienz von Gaswärmepumpen ist maßgeblich von der Wärmequelle, den Systemtemperaturen sowie einer ggf. vorhandenen solaren Trinkwassererwärmung abhängig. Nachfolgend werden Werte für den Gesamt-Jahresnutzungsgrad sowie für die Gesamt-Jahresheizzahl angegeben. Die Jahresheizzahl ist als technische Mindestanforderung bei der Gewährung von Förderungen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) maßgeblich. Jahresnutzungsgrad und Jahresheizzahl ohne solare Unterstützung werden nach VDI 4650 Blatt 2 [20] ermittelt. Infolge der

zusätzlich eingebundenen Umweltwärme ergeben sich Jahresnutzungsgrade größer 1.

Bei den Adsorptionswärmepumpen werden die höchsten Werte bei niedrigen Systemtemperaturen (35/28 °C) und unter Berücksichtigung einer solaren Warmwasserbereitung mit Heizungsunterstützung erzielt. Die höchsten Werte bei den Absorptionswärmepumpen werden bei Erdoreich bzw. Grundwasser als Wärmequelle in Kombination mit niedrigen Systemtemperaturen (35/28 °C) erreicht.

| Gaswärmepumpe | Jahresnutzungsgrad | Jahresheizzahl |
|------------------------|--------------------|----------------|
| Adsorptionswärmepumpen | 1,21 bis 1,58 | 1,17 bis 1,51 |
| Absorptionswärmepumpen | 1,36 bis 1,58 | 1,29 bis 1,48 |

Tabelle 9: Jahresnutzungsgrade und Jahresheizzahlen von Gaswärmepumpen [19]

3.3 Wärmeverteilung

Die Wärme im Gebäude wird vom zentralen Wärmeerzeuger i. d. R. mit einer Warmwasserverteilung zu den Räumen bzw. Heizflächen geführt. Die Verteilung erfolgt im Zweirohrsystem oder Einrohrsystem. Vorwiegend sind Pumpenwarmwasserheizungen als Zweirohrsystem mit unterer Verteilung zu finden.

Hydraulischer Abgleich

Ein hydraulisch abgeglichenes Heizungsnetz gewährleistet die Versorgung der Heizkörper mit den jeweils notwendigen Masseströmen und damit einen energieeffizienten und wirtschaftlichen Betrieb der Heizungsanlage. Zudem werden Komforteinbußen, wie die Unter- bzw. Überversorgung der Heizkörper (Räume) mit Wärme, sowie mögliche Strömungsgeräusche an den Heizkörperventilen verhindert.

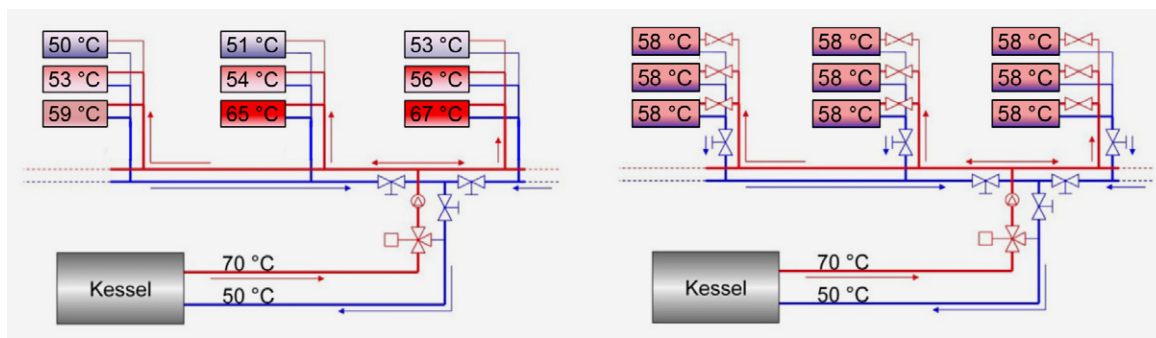


Abbildung 15: Heizungssystem ohne hydraulischen Abgleich (links) und mit hydraulischem Abgleich (rechts)

Der Aufbau von Warmwasserheizungsnetzen ist nach DIN EN 12828: 2013-04 („Planung von Warmwasserheizungsanlagen“) [21] so auszuführen, dass die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs möglich ist, z. B. durch den Einbau von Strangreguliertventilen. Die Gewährung von Förderungen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ist zudem an die Durchführung des hydraulischen Abgleichs gekoppelt, vgl. Abschnitt 5.

In Gewerbebauten insbesondere mit ausgedehnten Leitungsnetzen ist die Durchführung eines hydraulischen

Abgleichs für die Funktion der Heizungsanlage unabdingbar, eine genaue Planung der Heizungsanlage ist dafür Voraussetzung.

Für die Durchführung des hydraulischen Abgleichs in Neu- bzw. Altanlagen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Bei Neuanlagen bildet die Rohrnetzbeurteilung die Grundlage für den hydraulischen Abgleich. Die Armaturen für den hydraulischen Abgleich sind gemäß den Berechnungen einzustellen. Zusätzlich kann eine Messung im stationären Betrieb erfolgen und können sich daraus ergebende Korrekturen an den Einstellungen vorgenommen werden.

Für Altanlagen fehlen oft Rohrnetz- und Heizlastberechnung, eine Neuplanung der bestehenden Anlage ist zwar genau, aber aufwändig, teuer und in der Praxis kaum praktikabel. Für Altanlagen gibt es daher folgende Möglichkeiten:

- » Berechnungstools für den hydraulischen Abgleich bei größeren Anlagen und/oder häufiger Anwendung, wie zum Beispiel:
 - » OPTIMUS, ein von der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) gefördertes Forschungs- und Innovationsprojekt, verfügbar als Profiprogramm Optimus-Duo der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG
 - » Frei verfügbare Planungshilfen
- » Einregulierung mit Messung
 - » Manuelle Messung in der Anlage
 - » Automatisierter hydraulischer Abgleich mittels Messung und Software in der Anlage
- » Einsatz von Thermostatventilen mit automatischer Durchflussregelung: Einstellung des erforderlichen Durchflusses in Abhängigkeit von Heizkörperleistung und den Systemtemperaturen direkt am Ventil, keine Überschreitung des eingestellten Durchflusses möglich
- » Manuelle Datenschieber bei einer begrenzten Anzahl an Heizkörpern, wie z. B. Danfoss- oder Grundfos-Datenscheibe



Abbildung 16

Abbildung 17

Abbildung 18

Für die Durchführung des hydraulischen Abgleichs sind die in Abbildung 19 angegebenen Komponenten erforderlich.

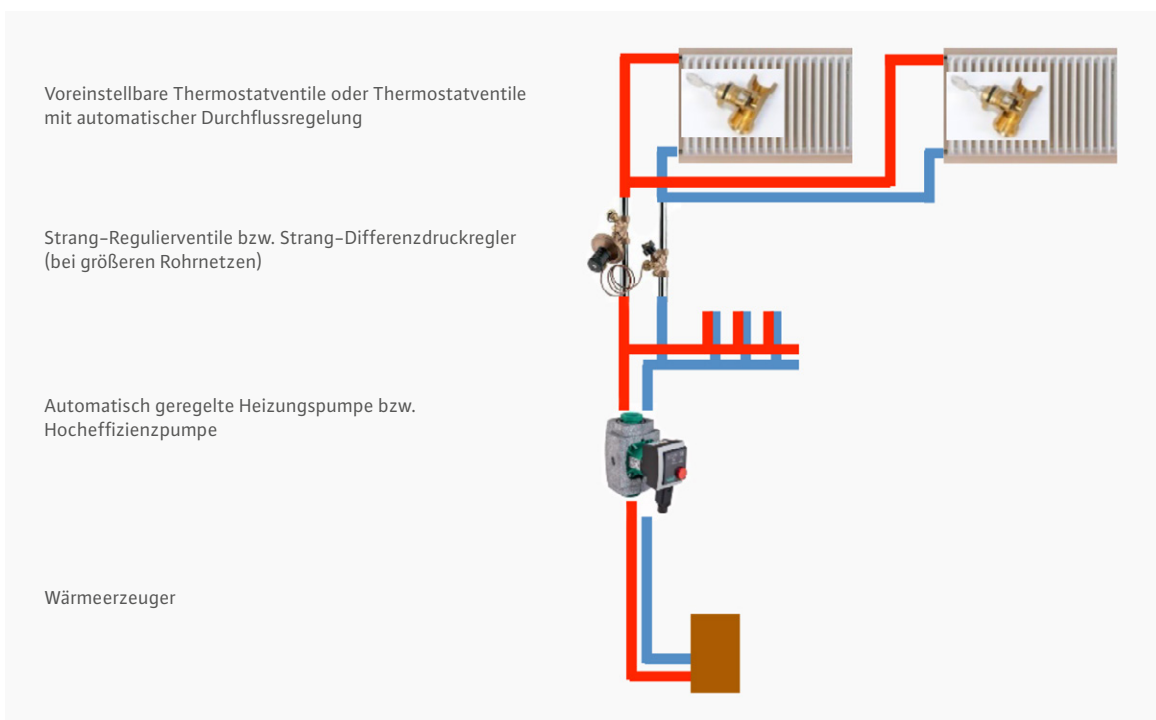


Abbildung 19: Komponenten im Heizungssystem für hydraulischen Abgleich

Wärmedämmung von Rohrleitungen

Entsprechend EnEV 2014 ist die Wärmeabgabe von Heizungsrohrleitungen zu begrenzen. Anforderungen an die Mindest-Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sind in Anlage 5 formuliert.

Werden Dämmmaterialien mit anderen Wärmeleitfähigkeiten als 0,035 W/mK eingesetzt, sind die Mindestdicken der Dämmschichten nach den anerkannten Regeln der Technik entsprechend umzurechnen.

| Zeile | Art der Leitungen/Armaturen | Mindestdicke der Dämmschicht bezogen auf eine Leitfähigkeit von 0,035 W/mK |
|-------|---|--|
| 1 | Innendurchmesser bis 22 mm | 20 mm |
| 2 | Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm | 30 mm |
| 3 | Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm | gleich Innendurchmesser |
| 4 | Innendurchmesser über 100 mm | 100 mm |
| 5 | Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern | ½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4 |
| 6 | Wärmeverteilungsleitungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden | ½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4 |
| 7 | Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau | 6 mm |
| 8 | Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen | 6 mm |

Tabelle 10: Mindestdämmstärken von Heizungs- und Warmwasserleitungen [1]

3.4 Wärmeübergabe

Die Abgabe der Wärme an die einzelnen Räume wird als Wärmeübergabe bezeichnet. Als Übergabesysteme dienen Flächenheizsysteme oder Heizkörper, teilweise auch Luft-Wärmeübertrager (Lufterhitzer). Die Bemessung der Heizflächen erfolgt auf Basis der raumweise ermittelten Heizlast nach DIN EN 12831, vgl. Abschnitt 2.2.

Heizkörper

Die Abgabe der Wärme vom Heizkörper erfolgt durch Konvektion und Strahlung. Heizkörper sind in verschiedenen Bauarten verfügbar:

- » Plattenheizkörper (Flachheizkörper)
- » Radiatoren (Gliederheizkörper, Röhrenradiator)
- » Konvektoren (ggf. mit Gebläse)
- » Sockelheizkörper bzw. Heizleisten (Rippenrohrheizkörper).

| Bauart | Merkmale / Anwendungsbereich |
|-------------------|---|
| Plattenheizkörper | Einzelne oder mehrere hintereinander angeordnete Platten (profiliert oder plan), Zwischenraum mit oder ohne Konvektorbleche, Einbau unter Fenster, an Innen- oder Außenwänden |
| Radiatoren | Senkrecht zu einem Block angeordnete Rohre können zu beliebiger Größe aneinandergereiht werden, unterschiedliche Bauhöhen und Bautiefen (2- bis 6-Säuler), Einbau unter Fenster, als Raumteiler, an Innen- oder Außenwänden |
| Konvektoren | Wasserführende Rohre mit Lamellen in Gehäuse, Mauernische oder Bodenkanal, Einbau zum Beispiel im Bodenkanal vor großen Fensterflächen |
| Sockelheizkörper | Wasserführende Rohre mit Lamellen und einer Abdeckung, Einbau an kalten Wandflächen oder vor großen Glasflächen |

Tabelle 11: Bauart und Anwendungsbereich von Heizkörpern

Die Auswahl der einzusetzenden Heizkörper orientiert sich an der zur Verfügung stehenden Fläche, dem Nutzungsprofil und ästhetischen Anforderungen. Für hygienisch anspruchsvolle Nutzungen wie in Krankenhäusern, Altersheimen und Sanatorien stehen beispielsweise



Abbildung 20: Plattenheizkörper im Büro

Röhrenradiatoren mit vergrößertem Gliederabstand oder plane Plattenheizkörper ohne seitliche Abdeckung und ohne Konvektoren zur Verfügung. Konvektoren oder Sockelheizkörper eignen sich besonders für den Einsatz von kalten Wandflächen oder großen Glasflächen.



Abbildung 21: Sockelheizung in einer Schule



Abbildung 22: Konvektor



Abbildung 23: Radiator als Sitzelement

Die Heizkörper sind jeweils in verschiedenen Bauhöhen und Breiten sowie in unterschiedlichen Bautiefen lieferbar, so ist nahezu jede gewünschte Leistung realisierbar. Die Leistungen der Heizkörper sind den Herstellerunterlagen zu entnehmen. Die Normleistungen der Heizkörper werden nach DIN EN 442 [22] [23] für eine Vor-

lauftemperatur von 75 °C und eine Rücklauftemperatur von 65 °C bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C angegeben. Beispielhaft sind die Normleistung von Plattenheizkörpern sowie weitere technische Daten in Tabelle 12 angegeben.

| Technische Daten | Bauhöhe Typ | 300 | | 400 | | 500 | | | |
|--|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 22 | 33 | 22 | 33 | 20 | 21 | 22 | 33 |
| Wärmeleistung bei Systemtemperatur 75/65/20 °C | Watt | 1.063 | 1.521 | 1.236 | 1.723 | 880 | 1.165 | 1.497 | 2.067 |
| Gewicht | kg | 17,8 | 26,1 | 23,4 | 34,1 | 21,9 | 25,2 | 29,3 | 43,4 |
| Wasserinhalt | Liter | 3,3 | 5,1 | 4,3 | 6,5 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 8,0 |
| Heizkörperexponent n | – | 1,3591 | 1,3613 | 1,3108 | 1,3127 | 1,2999 | 1,2992 | 1,3158 | 1,3162 |

Tabelle 12: Technische Angaben für Plattenheizkörper (Auszug) [24]

Da die Norm-Auslegungstemperaturen i.d.R. von den tatsächlichen Auslegungstemperaturen abweichen, muss die Leistung nach [18] wie folgt umgerechnet werden:

$$Q_{\text{Auslegung}} = Q_{\text{Norm}} \cdot \left(\frac{\Delta \theta}{\Delta \theta_{\text{Norm}}} \right)^n = Q_{\text{Norm}} \cdot \left(\frac{\frac{\theta_{VL} - \theta_{RL}}{\ln \left(\frac{\theta_{VL} - \theta_L}{\theta_{RL} - \theta_L} \right)}}{49,83 \text{ K}} \right)^n$$

mit

$$\Delta \theta = \frac{\theta_{VL} - \theta_{RL}}{\ln \left(\frac{\theta_{VL} - \theta_L}{\theta_{RL} - \theta_L} \right)} \quad \Delta \theta_{\text{Norm}} = \frac{\theta_{VL, \text{Norm}} - \theta_{RL, \text{Norm}}}{\ln \left(\frac{\theta_{VL, \text{Norm}} - \theta_{L, \text{Norm}}}{\theta_{RL, \text{Norm}} - \theta_{L, \text{Norm}}} \right)} = 49,83 \text{ K}$$

Q Leistung in W
 θ Temperatur
 Auslegung entsprechend Auslegung
 Norm nach Norm DIN EN 442
 VL Vorlauf
 RL Rücklauf
 L Raumlufthtemperatur
 n Heizkörperexponent

Der Heizkörperexponent n beträgt etwa:
 Plattenheizkörper 1,2 bis 1,3
 Radiatoren 1,3
 Konvektoren 1,25 bis 1,45
 Rippenrohren 1,25

Hersteller bzw. Anbieter von Heizkörpern geben für die vereinfachte Heizkörperauslegung Korrekturfaktoren zur Umrechnung der Normleistung auf die tatsächlichen Auslegungstemperaturen an, siehe Tabelle 13.

In Verbindung mit Gas-Brennwertkesseln oder Gaswärmepumpen ist ein Betrieb mit möglichst niedrigen Systemtemperaturen erforderlich. Sinnvoll sind Heizkörper mit Auslegungsvorlauftemperaturen von minimal etwa 45 °C einsetzbar. Je nach baulichem Wärmeschutz des Gebäudes sind dann jedoch entsprechend große Heizkörper erforderlich.

| Auslegungstemperatur | | Raumtemperatur | | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|-------|-------------|-------|-------|
| Vorlauf-temperatur | Rücklauf-temperatur | 15 °C | 18 °C | 20 °C | 22 °C | 24 °C |
| 80 °C | 60 °C | 0,88 | 0,95 | 1,01 | 1,06 | 1,12 |
| 75 °C | 65 °C | 0,88 | 0,94 | 1,00 | 1,06 | 1,11 |
| 70 °C | 50 °C | 1,16 | 1,27 | 1,35 | 1,46 | 1,57 |
| 55 °C | 45 °C | 1,59 | 1,78 | 1,94 | 2,12 | 2,35 |
| 45 °C | 35 °C | 2,47 | 2,93 | 3,34 | 3,85 | 6,11 |

Tabelle 13: Korrekturfaktoren nach EN 442 für die vereinfachte Heizkörperauslegung (Auszug) [24]

Flächenheizungen

Die Wärmeabgabe von Flächenheizungen erfolgt zum größten Teil durch Strahlung, nur geringfügig durch Konvektion. Flächenheizungen sind bauteilintegrierte Heizflächen und können als

- » Fußbodenheizung,
 - » Wandheizung und
 - » Deckenheizung
- ausgeführt werden.



Abbildung 24: Heiz- und Kühldeckensystem in einer Bank

Vorrangig werden Fußbodenheizungen eingesetzt. Fußbodenheizungen gibt es als Nass- und Trockensystem. Beim Nasssystem werden die Heizungsrohre im Zementestrich, seltener auch im Thermoasphaltestrich, verlegt. Bei größeren industriellen Flächen kann die Verlegung der Heizungsrohre direkt in der Bodenplatte erfolgen. Beim Trockensystem werden die Rohre in Schaumplatten mit Wärmeleitblechen verlegt und mit Trockenplatten abgedeckt.

Infolge der niedrigen Vorlauftemperaturen bei Fußbodenheizungen sind sie ideal für den Einsatz in Verbindung mit Brennwertkesseln oder Wärmepumpen geeignet. Durch die Flächenheizung besteht kein Platzbedarf für Heizkörper und man erreicht eine gleichmäßigere Wärmeverteilung im Raum. Fußbodenheizsysteme weisen jedoch wegen ihres größeren baulichen Aufwandes höhere Investitionskosten als Heizkörperheizungen auf.

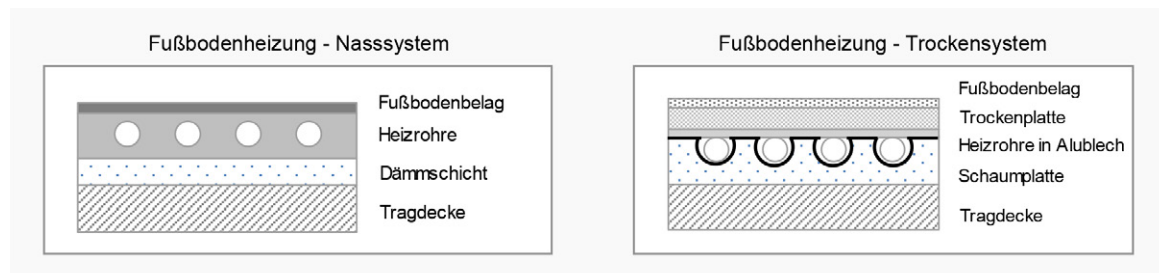


Abbildung 25: Aufbauarten von Fußbodenheizungen im Querschnitt

| Nasssystem | Trockensystem |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Heizen und Kühlen möglich - einfache Dämmungsverlegung - je nach System: exakte Verlegeabstände (Noppensystem) oder auch flexiblere Rohrführung möglich (Tackersystem) - geschütztes Rohr während Rohbauphase (Noppensystem) | <ul style="list-style-type: none"> - geringe Aufbauhöhe - kein Einbringen von Feuchtigkeit, keine Trocknungszeit - besonders geeignet für Renovierungen - schnellere Reaktionszeit - geringes Gewicht |

Tabelle 14: Vorteile von Nass- und Trockensystem

Betonkernaktivierung

Unter einer Betonkernaktivierung ist eine Art Flächenheizung/Flächenkühlung bzw. Temperierung zu verstehen, bei der die wasserführenden Rohre direkt in der statisch tragenden Umfassungsfläche (Decke, Wand) verlegt sind. Diese Systeme, auch thermisch aktivierte Bauteilsysteme (TABS) genannt, führen die Wärme bzw. Kälte direkt dem Bauteil zu. Auf Grund der hohen thermischen Trägheit ist eine Betonkernaktivierung zum Abbau von Lastspitzen geeignet. Da die Systeme kaum durch den Nutzer geregelt werden können, werden sie meist in Verbindung mit weiteren, „flinken“ Systemen eingesetzt. Anwendung findet eine Betonkernaktivierung i. d. R. in gewerblich genutzten Gebäuden, wo sie beispielsweise dem Abbau hoher innerer Lasten (z. B. durch Bürotechnik) und/oder dem Abbau der Wärmeinträge durch Sonneneinstrahlung an großen Fensterflächen dient. In Folge der geringen Temperaturdifferenz zwischen Heiz- bzw. Kühlwasser und Raumtemperatur sind die Systeme sehr gut für den Einsatz von regenerativen Energiequellen geeignet und haben entsprechende positive Auswirkungen auf Wärme- bzw. Kälteerzeuger.

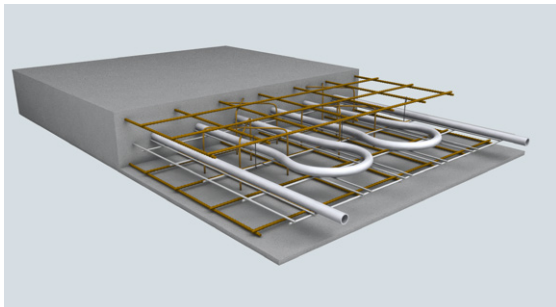


Abbildung 26: Betonkernaktivierung

3.5 Brennerregelung

Der Wärmebedarf von Objekten unterliegt wechselnden Einflüssen und erfordert eine Leistungsanpassung der Wärmeerzeuger an den tatsächlichen Bedarf. Die Leistungsanpassung erfolgt über Magnetventile der Gasregelstrecken oder über Luft-Verbrennungsregelungen. Regelgröße für die Leistung ist zum Beispiel die Vorlauftemperatur bei Kesseln in Warmwasserheizungsanlagen oder der Dampfdruck bei Dampfkesseln. Bei der Leistungsregelung von Gasbrennern unterscheidet man drei Arten:

Einstufige Regelung

Bei einer einstufigen Regelung wird der Brenner bei einer Wärmeanforderung mit 100 % seiner Nennleistung betrieben. Wird der eingestellte Sollwert erreicht, schaltet der Brenner ab und fährt bei einer erneuten Anforderung wieder an. Die Jahresnutzungsgrade bei Kesseln mit einstufiger Regelung sind daherniedriger. Die Betriebsbereitschaftsverluste sind durch häufige Stillstandszeiten groß. Die Abgastemperatur ist im Betrieb immer konstant hoch.

Zweistufige Regelung

Bei dieser Art der Regelung wird die Leistung des Brenners je nach Bedarf zwischen der Stufe 1 (Teillast ca. 60 %) und der Stufe 2 (Vollast 100 %) geregelt. Hierdurch ergeben sich längere Brennerlaufzeiten, der Jahresnutzungsgrad ist damit höher als bei Kesseln mit einstufiger Regelung.

Modulierende Regelung

Bei einer modulierenden Regelung verstellt der Brenner seine Leistung kontinuierlich innerhalb einer minimalen und einer maximalen Leistung, dem Modulationsbereich. Üblich ist ein Modulationsbereich von 30 % bis 100 % der Nennwärmeleistung, es sind aber auch Kessel mit größerem Modulationsbereich am Markt verfügbar. Durch die sich ergebenden verlängerten Brennerlaufzeiten erzielen Kessel mit modulierender Regelung höhere Jahresnutzungsgrade als Kessel mit einstufiger oder zweistufiger Regelung. Weitere Vorteile sind die Verringerung von häufigen Brennerneustarts und eine konstante bedarfsgerechte Heizungsvorlauftemperatur.

3.6 Sicherheitstechnische Ausrüstung

Warmwasserheizungssysteme werden in der Regel als geschlossene Anlagen ausgeführt, dies bietet folgende Vorteile:

- » Kein Eintrag von Sauerstoff ins Heizungswasser, Vermeidung von Korrosion,
- » Kein Wasserverlust durch Verdunstung und
- » Einbau am Aufstellort des Wärmeerzeugers.

Nach DIN EN 12828: 2013-04 [21] müssen geschlossene Warmwasserheizungssysteme mit sicherheitstechnischen Einrichtungen ausgerüstet sein gegen:

- » Überschreitung der maximalen Betriebstemperatur,
- » Überschreitung des maximalen Betriebsdrucks,
- » Wassermangel.

Folgende Einrichtungen sind daher vorzusehen:

- » Thermostatische Absicherung durch Temperaturregler und Sicherheitstemperaturbegrenzer
- » Sicherheitsventil am Kessel oder in unmittelbarer Nähe
- » Wassermangelsicherung bei Wärmeerzeugern > 300 kW

Die Druckhaltung in der Heizungsanlage kann mit folgenden Ausrüstungen erfolgen [18]:

- » Ausdehnungsgefäße mit Gasfüllung
- » Druckhaltesysteme mit Kompressoren
- » Druckhaltesysteme mit Pumpen

Ausdehnungsgefäße mit Gasfüllung werden überwiegend eingesetzt. Bei Membran-Ausdehnungsgefäßen trennt eine Membran das Wasser und den mit Stickstoff gefüllten Gasraum. Membran-Ausdehnungsgefäße sind bis zu einem Nennvolumen von 1.000 Litern marktver-

füßbar. Bei Blasengefäßen dehnt sich das Wasser innerhalb einer Blase aus, es besteht damit kein Kontakt zur Behälterwand. Diese Gefäße werden bis zu einem Nennvolumen von 5.000 Litern angeboten. Anlagen mit offenen Ausdehnungsgefäßen oder mit Ausdehnungsgefäßen ohne Membran (mit Luftpolster) werden heute üblicherweise nicht mehr eingesetzt. In der Regel erfolgt in Bestandsanlagen ein Austausch.

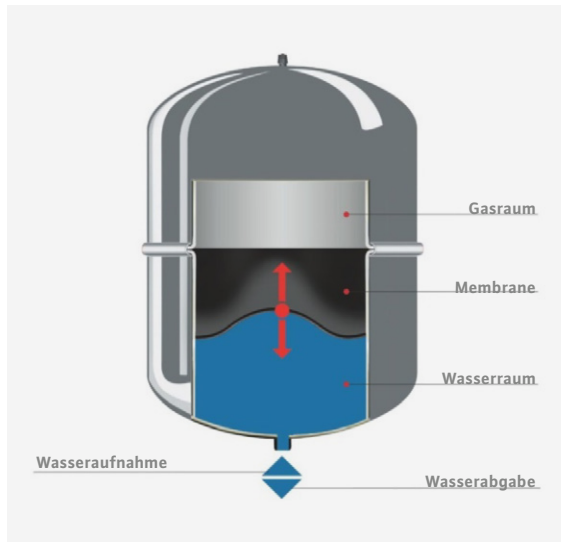


Abbildung 27: Funktionsprinzip Membran-Ausdehnungsgefäß

3.7 Regelung

Entsprechend EnEV 2014 müssen Zentralheizungen mit zentralen selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe in Abhängigkeit von

1. der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße und
2. der Zeit

ausgestattet sein [1]. Zudem müssen bei Heizsystemen mit dem Wärmeträger Wasser selbsttätig wirkende Einrichtungen zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur vorgesehen werden. Im Regelfall ist dies ein Thermostatventil. Ausnahmen gelten für Fußbodenheizungen in Räumen mit weniger als 6 m² Fläche und für Einzelheizgeräte, welche mit festen oder flüssigen Brennstoffen betrieben werden. Bei Nichtwohngebäuden ist eine Gruppenregelung für Räume gleicher Art und Nutzung zulässig.

Bei einer außentemperaturgeführten Regelung wird in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur die Heizungs-Vorlauftemperatur dem Sollwert der Heizkennlinie angepasst.

Zur Rücklauftemperaturregelung steuert das Regelgerät die 3-Wege-Stellglieder der Heizkreise und die Kesselkreisumpen im Rücklauf zum Heizkessel an.

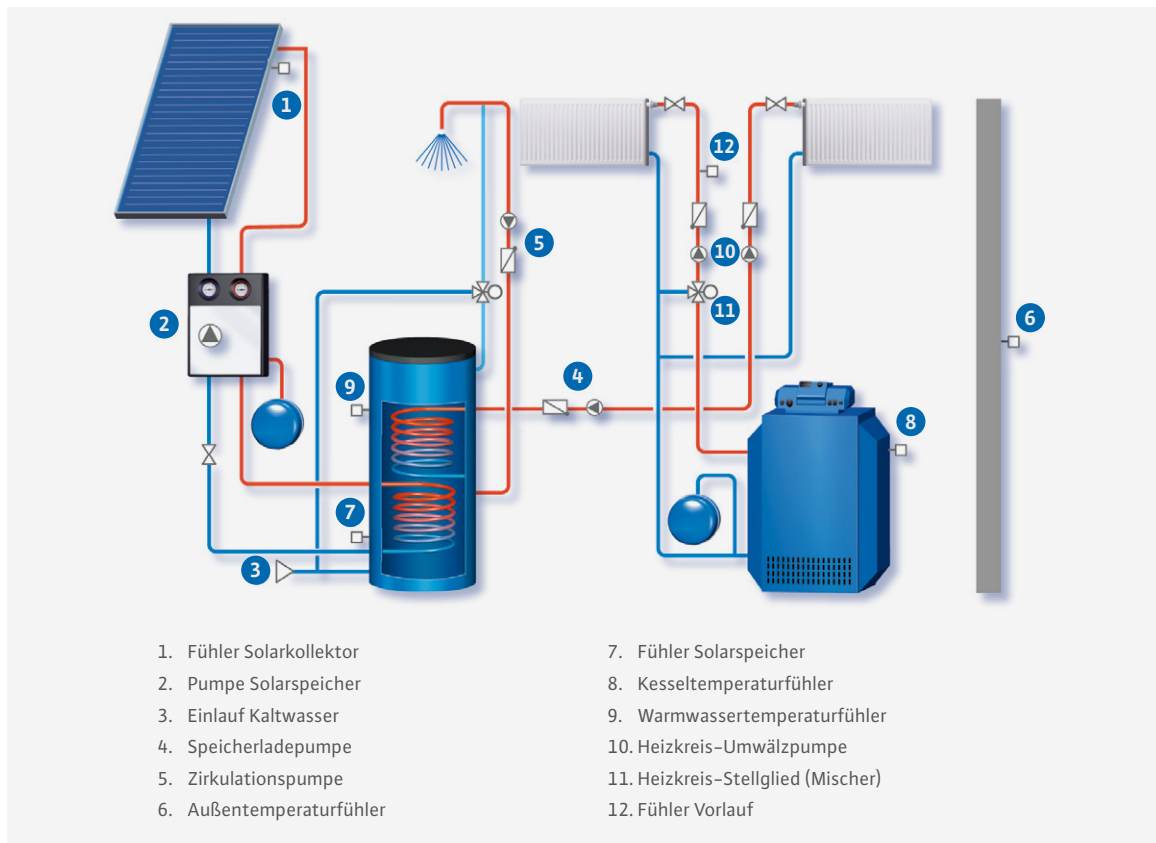


Abbildung 28: Anlagenschema

Bei Mehrkesselanlagen ist oft eine hydraulische Weiche oder eine hydraulische Ausgleichsleitung vorteilhaft. Damit können trotz variierender Volumenströme auf der Wärmeverbraucherseite die Mindestvolumenströme auf der Wärmeerzeugerseite sichergestellt werden [18].

3.8 Aufstellung von Gasgeräten

Allgemeine Festlegungen

Die Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und der Betrieb von Gasinstallationen ist in der Technischen Regel für Gasinstallationen (DVGW-TRGI Arbeitsblatt G 600)[25] festgeschrieben. Diese Regel gilt für den Bereich hinter der Gas-Hauptabsperreinrichtung (HAE) bis zur Abführung der Abgase ins Freie. Die nachfolgenden Ausführungen beruhen auf den Vorgaben dieser Regel. Gasgeräte im Geltungsbereich der EG-Gasgeräte-richtlinie (90/396/EWG) müssen auf dem Gerät oder dem Typschild die CE-Kennzeichnung als entsprechenden Nachweis der Konformität mit den gesetzlichen Anforderungen tragen und für das Bestimmungsland Deutschland geeignet sein.

Für Kessel, Wärmepumpen und KWK-Anlagen mit dem Energieträger Erdgas ist eine Abgasführung vorzusehen sowie die Verbrennungsluftversorgung sicherzustellen (Ausnahme: Aufstellung von Absorptionswärmepumpen im Freien). Gasgeräte können raumluftabhängig (Art B) oder raumluftunabhängig (Art C) betrieben werden.

Aufstellräume

Lage, Größe, bauliche Beschaffenheit und Benutzungsart dürfen zu keinen Gefahren führen. Die Aufstellräume sind so zu bemessen, dass die Gasgeräte ordnungsgemäß aufgestellt, betrieben und instand gehalten werden können.

Für Gasfeuerstätten mit einer Gesamtnennleistung aller Geräte von mehr als 100 kW, für Sorptionswärmepumpen mit einer Nennleistung der Feuerung von mehr als 50 kW und KWK-Anlagen mehr als 35 kW Gesamtnennleistung in Gebäuden gelten besondere Anforderungen [25].

Raumluftabhängige Gasgeräte (Art B)

Die ausreichende Verbrennungsluftzuführung kann bei einer raumluftabhängigen Betriebsweise durch folgende Maßnahmen gewährleistet werden:

- » über Außenfugen des Aufstellraumes,
- » über Außenfugen im Verbrennungsluftverbund,
- » über Öffnungen ins Freie,
- » gemeinsam über Außenfugen und Außenluft-Durchlassselemente,
- » über besondere technische Anlagen.

Raumluftunabhängige Gasgeräte (Art C)

Gasgeräte ohne Gebläse oder mit Gebläse und der Zusatzkennzeichnung „x“⁴ dürfen unter Beachtung der allgemeinen Anforderungen unabhängig von Rauminhalt und Lüftung der Aufstellräume aufgestellt werden. Gasgeräte mit Gebläse ohne Zusatzkennzeichnung „x“ müssen in Räumen aufgestellt werden, die über ins Freie führende Öffnung(en) mit einem Mindestquerschnitt verfügen.

Abgasanlagen

Die Abgasabführung erfolgt in einem Schornstein oder in Abgasleitungen.

Schornsteine und Unterdruck-Abgasleitungen

Durch den Schornsteinauftrieb werden die Abgase abgeleitet und die notwendige Verbrennungsluft angesaugt. Man unterscheidet folgende Bauarten:

- » einschalige Schornsteine: aus Mauersteinen oder Formstücken
- » mehrschalige Schornsteine: bestehend aus einer abgasführenden Innenschale, Dämmung und einer Außenschale

Überdruck-Abgasanlagen

Bei niedrigen Abgastemperaturen, zum Beispiel beim Einsatz von Brennwertkesseln, erfolgt die Ableitung des Abgases in der Abgasleitung wegen des geringen Auftriebes z. T. mit Überdruck. Die Abgasleitungen sind dicht und aus abgas- und kondensatbeständigen Materialien. Bei der Sanierung wird die Abgasleitung in der Regel in bestehende Schornsteine oder in speziell dafür geeignete Schächte eingezogen.



Abbildung 29: Systemschornstein mit Keramikrohr

⁴ Alle unter Überdruck stehenden Teile des Abgasweges sind entweder verbrennungsluftumspült oder sie erfüllen erhöhte Dichtheitsanforderungen.

Für den Neubau stehen fertige ein- und mehrzügige Schornsteinsysteme mit und ohne zusätzlichen Thermoluftzug zur Verfügung. Darüber hinaus können Abgasleitungen auch als senkrechte Dachdurchführung oder als Außenwandverlegung ausgeführt werden.

Um die Abgasleitung befindet sich ein freier Querschnitt, der als Hinterlüftung dient. Die Hinterlüftung kann für die Verbrennungsluftzuführung bei raumluftunabhängiger Betriebsweise des Gasgerätes genutzt werden. Wegen des Überdruckes fallen die Querschnitte der Abgasleitungen relativ klein aus. Als Materialien kommen vorrangig Keramik, Kunststoff oder Edelstähle zum Einsatz. Die Leitungen werden als zugelassene Systeme komplett mit Anschluss- und Verbindungsstücken sowie Befestigungselementen geliefert.

Im kleinen Leistungsbereich kommen zudem Dachheizzentralen zum Einsatz, die Abgasführung erfolgt hier mit einer senkrechten Dachdurchführung.

Wenn kein Schornstein vorhanden oder vorgesehen ist, der für die Abgasführung geeignet wäre, kann die Abgasabführung auch an der Außenwand mit speziell dafür zugelassenen Systemen erfolgen. Bei Brennwertkesseln erfolgt das i. d. R. mit einem Kunststoffsystem. Weiterhin sind Außenwandssysteme aus Edelstahl am Markt verfügbar.



Abbildung 30: Edelstahlabgasleitung Außenwand

4. Energieträger

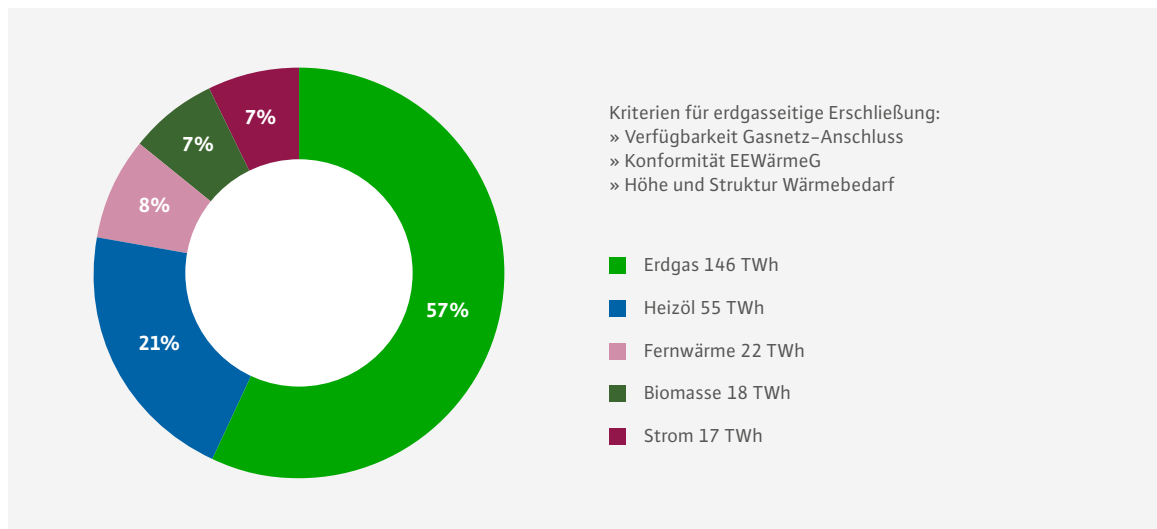


Abbildung 31: Endenergieverbrauch für Raumheizung, Warmwasser und Prozesswärme nach Energieträgern im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung in Deutschland 2013 nach [5]

Im Wärmemarkt mit den Bereichen Raumheizung, Warmwasser und Prozesswärme werden derzeit im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD-Segment) die Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme, Biomasse und Strom eingesetzt [5]. Mit einem Marktanteil von über 50 % ist der Energieträger Erdgas am stärksten vertreten, vgl. Abbildung 31.

Bei der Wärmeerzeugung durch Verbrennung entstehen neben dem für den Treibhausgaseffekt verantwortlichen Kohlendioxid (CO₂) auch Wasserdampf und zum Teil weitere Luftschadstoffe. Diese sind Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe sowie Ruß und Staub. Energieträgerspezifische Faktoren für Treibhausgasemissionen und ausgewählte Luftschad-

stoffe sind in Tabelle 15 angegeben. Die Treibhausgas- und Luftschadstoffaktoren sind Standarddaten aus der Datenbank Gemis 4.94 [26] und beinhalten vorgelagerte Stufen der Prozesskette. Sie spiegeln mittlere Verhältnisse für Deutschland wider und berücksichtigen globale Emissionen für Erdgas, Heizöl und Pellets. Neben dem Treibhausgas CO₂ sind CO₂-Äquivalente ein Maß für die Klimawirkung, in den CO₂-Äquivalenten sind weitere für den Treibhausgaseffekt verantwortliche Gase eingerechnet.

Für Biogas variieren die Werte in Abhängigkeit vom konkreten Biogaserzeugungsprozess. Beispielsweise wird von Gemis für ein Nahwärme-Biogas-BHKW ein CO₂-Emissionsfaktor von 69 g/kWh angegeben.

| g/kWh | CO ₂ -Äquivalent | CO ₂ | SO ₂ | NO _x | Staub |
|--------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
| Erdgas | 250 | 228 | 0,01 | 0,19 | 0,01 |
| Heizöl | 315 | 312 | 0,28 | 0,21 | 0,02 |
| Fernwärme (mix) | 298 | 275 | 0,13 | 0,40 | 0,02 |
| Stromnetz lokal | 606 | 576 | 0,34 | 0,57 | 0,04 |
| Biomasse (Pellets) | 25 | 22 | 0,12 | 0,27 | 0,06 |

Tabelle 15: Treibhausgas- und Luftschadstoffaktoren verschiedener Energieträger [26]

Die 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) [27] zielt auf kleine und mittlere Festbrennstofffeuerungsanlagen der Haushalte und Kleingewerbe, die eine bedeutende Quelle für besonders gesundheitsgefährdende Stoffe wie Feinstaub und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe darstellen. Die Grenzwerte für den Betrieb

von Anlagen mit Festbrennstoffen und öl- bzw. gasbefeuelten Anlagen sind am Stand der Technik ausgerichtete Umweltaanforderungen. Diese tragen den technischen Weiterentwicklungen Rechnung, mit dem Ziel, eine effiziente und emissionsarme Energieumwandlung zu gewährleisten.

| Energieträger | | Nennwärmeleistung | NO _x -Herstellerbescheinigung | |
|---------------|--|-------------------|--|--|
| Erdgas | | ≤ 120 kW | 60 mg/kWh | |
| | | > 120 kW ≤ 400 kW | 80 mg/kWh | |
| | | > 400 kW | 120 mg/kWh | |
| Heizöl | | ≤ 120 kW | 110 mg/kWh | |
| | | > 120 kW ≤ 400 kW | 120 mg/kWh | |
| | | > 400 kW | 185 mg/kWh | |

| Energieträger | | Nennwärmeleistung | Staub-messung | CO-messung |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Biomasse (Pellets) | Anlagen ab 22.03.2010 errichtet | ≥ 4 kW ≤ 500 kW | 0,06 g/m ³ | 0,80 g/m ³ |
| | | ≥ 500 kW | 0,06 g/m ³ | 0,50 g/m ³ |
| | Anlagen nach 31.12.2014 errichtet | ≥ 4 kW | 0,02 g/m ³ | 0,40 g/m ³ |

Tabelle 16: Grenzwerte 1. BImSchV für ausgewählte Energieträger [27]

Erdgas

Aufgrund der chemischen Zusammensetzung von Erdgas entstehen bei der Verbrennung von Erdgas bis auf Stickoxide (NO_x) nur geringe Mengen an Schadstoffen. Eine Reduzierung von NO_x ist durch die Vermeidung von hohen Flammentemperaturen möglich. Verschiedene Brennerkonstruktionen bieten entsprechende Lösungsmöglichkeiten [18]:

- » Flammenkühlung durch Kühlstäbe bei teilvorge-mischten Brennern
- » Wassergekühlte Brennerplatten mit überstöchiometrischer Vormischung
- » Überstöchiometrische Vormischung mit teilabgehobener Flamme
- » Strahlungsflächenbrenner
- » Verbrennung in porösen Medien
- » Katalytisch unterstützte bzw. katalytische Brenner
- » Rauchgasrezirkulation bei Gebläsebrennern
- » Units: aufeinander abgestimmte und voreingestellte Kessel und Brenner

Neben Umweltaspekten, wie dem niedrigeren CO₂- und NO_x-Ausstoß gegenüber Öl-Heizungen, sprechen weitere Argumente für den Einsatz von Erdgas als Ener-

gieträger. Infolge des höheren Wasserstoffgehaltes können bei Gas-Brennwerttechnik größere Energieeinsparungen gegenüber Heizwerttechnik erzielt werden als bei Ölkesseln. Bei den nicht leitungsgebundenen Energieträgern Heizöl und Biomasse müssen dem Verbrauch angepasste Lagerflächen vorgehalten werden sowie eine kontinuierliche Bevorratung erfolgen. Bei Wärmeerzeugern mit fester Biomasse steigt zudem der Wartungsaufwand für Kessel und ggf. eine Pellet- oder Hackschnitzelführung. Bei handbeschickten Biomassekesseln (Stückholzkessel) ist hingegen der Bedienungsanwand hoch, diese sind im Gewerbebereich selten vertreten.



Abbildung 32: Matrix-Strahlungsbrenner

Heizöl

Heizöl ist ein überall verfügbarer Brennstoff. Heizöl wird heute wie Gas in Brennwertkesseln eingesetzt. Die Investitionen für eine vergleichbare Anlage mit Heizöl anstelle von Erdgas als Energieträger sind jedoch höher. Für die notwendige Lagerhaltung sind zudem Investitionen für eine Tankanlage zu tätigen. Gegenüber Erdgas emittiert Heizöl mehr Treibhausgase und Luftschadstoffe.

Fernwärme

Fernwärme steht als leitungsgebundener Energieträger kontinuierlich vorwiegend im urbanen Raum zur Verfügung. Die Investitionskosten für die Wärmeübergabestation sind relativ niedrig. Fernwärme wird überwiegend in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erzeugt, durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom weist sie damit eine gute Primärenergiebilanz auf.

Biomasse

Biomasse wird überwiegend in Form von Stückholz, Hackschnitzeln und Pellets verwendet und weist insbesondere im ländlichen Raum eine gute Verfügbarkeit auf. Biomasse ist ein ökologischer Energieträger mit einem niedrigen Ausstoß an CO₂-Emissionen und Luftschadstoffen. Biomassekessel weisen niedrigere Wirkungsgrade als Gas-Brennwertkessel auf und sind zudem wartungsintensiver. Für Biomasse als Energieträger ist eine Lagerhaltung erforderlich.

Biogas/Bio-Erdgas

Zu Bio-Erdgas aufbereitetes Biogas ist ein erneuerbarer Energieträger, der in die bestehende Erdgas-Infrastruktur eingespeist, dort gespeichert und zu den Verbrauchern transportiert werden kann. Der Energieträger wird aus nachwachsenden Rohstoffen und Reststoffen gewonnen und ist weitgehend CO₂-neutral. Aufbereitetes Bio-Erdgas hat ähnliche chemische Eigenschaften wie konventionelles Erdgas. Dementsprechend kann es überall dort verwendet werden, wo auch normales Erdgas zum Einsatz kommt. Es kann zu 100 % oder in jedem Mischungsverhältnis mit Erdgas zur Verstromung, im Wärmemarkt oder als Kraftstoff eingesetzt werden. Viele Energieversorger in Deutschland bieten ihren Kunden spezielle Produkte mit einem beigemischten Bio-Erdgas-Anteil an.

Strom

Strom als Energieträger wird zur Wärmeerzeugung vorrangig in Wärmepumpen eingesetzt. Er ist praktisch überall verfügbar. Der Anteil an erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung nimmt stetig zu und betrug im Jahr 2015 30,1 % [28].

Kohle

Kohlefeuerungen kommen heute (wieder) dann im Gewerbe zum Einsatz, wenn kein leitungsgebundener Energieträger zur Verfügung steht und ein hoher Wärmebedarf zu decken ist. Dies ist beispielsweise bei Gartenbaubetrieben im ländlichen Raum der Fall, wo automatisch arbeitende Kohleheizungen eine wirtschaftliche Lösung darstellen. Für Kohle ist eine Lagerhaltung erforderlich.

5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen erfolgen üblicherweise nach VDI 2067 [29]. In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind verschiedene Kostenarten einzubeziehen:

- » Bedarfsgebundene (oder auch verbrauchsgebundene) Kosten
- » Kapitalgebundene Kosten

» Betriebsgebundene Kosten

» Sonstige Kosten

Die Bestandteile der Kostenarten sind beispielhaft in Tabelle 17 angegeben, sie können je nach Anlagenart variieren.

| | |
|---------------------------------|---|
| Kapitalgebundene Kosten | In jährliche Kosten umgerechnete Investitionskosten, bestehend aus: <ul style="list-style-type: none"> – Kosten für die Anlagentechnik: Wärmeerzeuger, Heizkörper und Rohrleitungen, Ventilatoren, ... – Kosten für bauliche Anlagen: Technikzentrale, Schornstein, Brennstofflager, ... – Kosten für Maßnahmen zum Schall- und Wärmeschutz – Anschlusskosten |
| Betriebsgebundene Kosten | <ul style="list-style-type: none"> – Bedienen – Inspizieren – Reinigen und Warten – Instandsetzen |
| Bedarfsgebundene Kosten | <ul style="list-style-type: none"> – Energiekosten (Grundpreis und Arbeitspreis) – Kosten für Hilfsenergie – Kosten für Betriebsstoffe (Schmiermittel, ...) |
| Sonstige Kosten | <ul style="list-style-type: none"> – Planungskosten – Versicherungen, Steuern – allgemeine Abgaben, anteilige Verwaltungskosten – Gewinn und Verlust – Abbruch- und Entsorgungskosten |

Tabelle 17: Beispiele für Bestandteile der Kostenarten nach VDI 2067 [29]

Die **bedarfsgebundenen Kosten** basieren auf dem Jahresenergiebedarf eines Gebäudes mit seiner gebäudetechnischen Anlage. Die Berechnung des Jahresenergiebedarfes für Wärme und ggf. Warmwasserbereitung sowie für den notwendigen Hilfsenergieaufwand erfolgt meist nach DIN V 18599, vgl. Abschnitt 2.3. Wenn für Bestandsgebäude eine derartige Berechnung nicht möglich oder zu aufwändig ist, lässt sich der Bedarfswert aus dem (gemessenen) Verbrauchswert abschätzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Verbrauchswert Verluste der Anlage für die Wärmeübergabe, Wärmeverteilung und Wärmeerzeugung sowie ggf. ein Wärmebedarf für Warmwasser enthalten sind, deren Anteile sich bei einer

grundlegenden Sanierung der Anlage verändern. Bei der Vorgehensweise zur Abschätzung kann man sich an der vereinfachten Heizlastermittlung aus Verbrauchswerten (vgl. Abschnitt 2.2) orientieren.

Bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kommt den anzusetzenden Energiepreisen eine besondere Bedeutung zu. Derzeit aktuelle bundesdeutsche Jahres-Mittelwerte⁵ für verschiedene Energieträger und Abnahmemengen werden beispielhaft in Tabelle 18 angegeben. Die Energiepreise beinhalten sämtliche Steuern. Bei Großabnahme können sich die Kosten durch individuelle Vereinbarungen deutlich verringern.

| Energieträger | Energiepreis | Quelle |
|--|---------------------------|---|
| Erdgas | | |
| Arbeitspreis (Abnahme bis etwa 45.000 kWh) | 0,057 €/kWh _{HS} | BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. |
| Grundpreis | 124 €/a | |
| Arbeitspreis (Abnahme über 45.000 kWh) | 0,054 €/kWh _{HS} | |
| Grundpreis | 227 €/a | |
| Heizöl | | |
| 3.000 l | 0,629 €/l | Statistisches Bundesamt |
| 5.000 l | 0,619 €/l | |
| 10.000 l | 0,608 €/l | |
| Pellets | | |
| 5 t | 251 €/t | C.A.R.M.E.N. e. V. (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.) |
| 10 t | 240 €/t | |
| Strom | | |
| Arbeitspreis Normaltarif (Hilfsenergie der Heizungsanlage) | 0,261 €/kWh | BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. |
| Arbeitspreis Wärmepumpentarif | 0,20 €/kWh | |
| Grundpreis Wärmepumpentarif | 81 €/a | |

Tabelle 18: Energiekosten verschiedener Energieträger und Abnahmemengen

Die **kapitalgebundenen Kosten** beinhalten die in jährliche Kosten umgerechneten Investitionen. Die Berechnung kann mit der Annuitätsmethode erfolgen. Dafür ist ein Betrachtungszeitraum festzulegen. Dieser kann zum Beispiel die rechnerische Nutzungsdauer der Komponenten nach VDI 2067-1 sein. Berücksichtigt man bei einer einfachen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung keine Restwerte, Preisanpassungen oder Ersatzbeschaffungen innerhalb des Betrachtungszeitraumes, ergeben sich die kapitalgebundenen Kosten jeder Investition nach folgender Gleichung:

$$A_{N,K} = A \cdot a$$

mit dem Annuitätsfaktor a nach Gleichung:

$$a = \frac{q - 1}{1 - q^{-T}}$$

Dabei ist
 q der Zinsfaktor,
 T die Zahl der Jahre des Betrachtungszeitraums.

Werte für rechnerische Nutzungsdauern sowie für die Aufwände für Wartung, Instandsetzung und Bedienung werden in VDI 2067-1 angegeben, vgl. Tabelle 19. Alternativ können auch konkrete Daten, zum Beispiel für den Wartungsaufwand aus Angeboten, angesetzt werden. Ebenso liefert die BTGA-Regel 3.001 [30] Anhaltswerte zum Wartungsaufwand heiztechnischer Anlagen.

| | Anlagenkomponente | Rechnerische Nutzungsdauer | Aufwand für Instandsetzung | Aufwand für Wartung und Inspektion | Aufwand für Bedienen |
|---------|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| | Einheiten | Jahre | % | % | h/a |
| 1.3 | Erzeugung | | | | |
| 1.3.1 | Wärmeerzeuger | | | | |
| 1.3.1.1 | Gasfeuerstätte mit Brenner ohne Gebläse | | | | |
| | Umlauf-Gaswasserheizer | 18 | 2 | 1,5 | 5 |
| | Vorrats-Gaswasserheizer | 15 | 2 | 1,5 | 5 |
| | Gas-Brennwertkessel, wandhängend unter 100 kW | 18 | 2 | 1,5 | 5 |
| | Gas-Brennwertkessel, bodenstehend unter 200 kW | 15 | 2 | 1,5 | 5 |
| | Gas-Brennwertkessel, bodenstehend über 200 kW mit Neutralisationsanlage | 15 | 2 | 1,5 | 5 |
| 1.3.1.2 | Spezialkessel für Öl- und Gasfeuerung | | | | |
| | Spezialkessel für Öl- und Gasfeuerung unter 120 kW | 20 | 2 | 1,5 | 10 |
| | Kessel über 120 kW als Spezialkessel für Öl- und Gasfeuerung (Guss, Stahl) | 20 | 2 | 2 | 10 |
| ... | | | | | |
| 1.3.1.8 | Wärmepumpen | | | | |
| | Gaswärmepumpen | 15 | 3 | 1,5 | 40 |

Tabelle 19: Rechnerische Nutzungsdauer, Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion und für Bedienen nach VDI 2067-1 (Auszug) [29]

Einfluss auf die jährlichen Kapitalkosten und damit auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage haben **Investitionsförderungen**. Für innovative Technologien und Wärmeerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien stehen bundesweite Förderungen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zur Verfügung. Zudem wird mit dem neuen Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) für den Austausch ineffizienter Altanlagen durch moderne Heizungen in Kombination mit einer Optimierung des gesamten Heizungssystems ein Zusatzbonus gewährt. Die Höhe der Förderungen bzw. die zu erbringenden technischen Anforderungen unterliegen einer regelmäßigen Anpassung durch den Verordnungsgeber.

Weitere Förderungen stellen Länder, Städte und Gemeinden sowie Energieversorger und Hersteller zur Verfügung. Über die aktuellen Programme und Konditionen informieren u. a. Förderdatenbanken wie beispielsweise Febis[31].

Die Vergütung des in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erzeugten Stromes erfolgt für Erdgas nach dem Kraft-Wärmekopplungs-Gesetz (KWKG-G)[32] und für Anlagen mit Biogas nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG)[33].

Wirtschaftlichkeit

Gas-Brennwertkessel stellen eine wirtschaftliche und energetisch effiziente Lösung für Neubau und Bestand dar. Aufgrund ihrer niedrigen Investitionskosten sind sie seit Jahren marktbestimmend. Bei einem Kessel-austausch kommen daher, bis auf wenige Ausnahmen, Brennwertkessel zum Einsatz. Mit 360.000 verkauften Geräten pro Jahr hat die Brennwerttechnik einen Markt-anteil von 60 % an neuen Wärmeerzeugern. In Kombina-tion mit Solarthermie können sie auch die Anforderun-gen an Neubauten mit moderaten Kosten erfüllen.

Die Wirtschaftlichkeit von Gaswärmepumpen ist stark von den konkreten Rahmenbedingungen abhängig. Die Investitionskosten sind wie bei anderen Effizienztech-nologien deutlich höher als bei Gas-Brennwertkesseln bzw. Gas-Brennwertkesseln mit Solarthermie. Wenn die Marktanteile in den nächsten Jahren weiter steigen, ist eine Reduzierung der Investitionskosten denkbar. Die Wirtschaftlichkeit wird durch die zuvor beschriebenen Fördermaßnahmen deutlich verbessert. Gegenüber Brennwertkesseln weisen Gas-Wärmepumpen deutlich niedrigere Energiekosten auf, die Höhe der Einsparun-gen ist von der konkreten Anlagenkonfiguration (Wär-mequelle, Systemtemperaturen, Kombination mit So-larthermie) abhängig.

Bei der wirtschaftlichen Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sind die zu erzielenden Betriebs-stunden und die dabei erzeugte Strommenge ein we-sentlicher Faktor. Die einzusetzende Menge an Gas ist höher als bei Gas-Brennwertkesseln, jedoch ergeben sich deutliche Gutschriften für den erzeugten Strom. Neben den eingesparten Strombezugskosten beim Ei-genverbrauch (vgl. Tabelle 18) sind ggf. der Zuschlag nach KWK-Gesetz und die Rückerstattung der Energie-steuer zu berücksichtigen.

6. Planungsvorbereitung

Die Planung von Warmwasserheizungsanlagen erfolgt nach DIN EN 12828: 2013-04. Planer und Auftraggeber müssen sich bereits vor bzw. in der Planungsphase über wesentliche Punkte abstimmen und dies dokumentieren. Folgende Angaben und Unterlagen für die Vorbereitung einer genauen Planung des Neubaus oder der Sanierung von Heizungsanlagen in einem Gewerbebau sind erforderlich:

Angaben zum Gebäude

- » Bauzeichnungen mit Lageplan und Himmelsrichtung: Abmessungen der zu beheizenden Räume (Zonen)
- » Klimazone des Standortes nach DIN EN 12831 bzw. DIN V 18599
- » U-Werte der Außenbauteile
- » U-Werte von Bauteilen zwischen angrenzenden Zonen mit unterschiedlichen Raum-Solltemperaturen bzw. zu unkonditionierten Zonen⁶

Nutzung

- » Nutzungsart der verschiedenen Zonen
- » Raum-Solltemperaturen
- » Betriebszeiten
- » Gewerblicher Wärmebedarf vorhanden?
- » Welche inneren Wärmelasten liegen vor?
- » Art der Be-/Entlüftung, Klimatisierung

Energieversorgung und Anlagentechnik

- » Gas-Hausanschluss vorhanden bzw. möglich?
- » Gasart (Heizwert H_i / Brennwert H_s)
- » Gas-Anschlussdruck
- » Stromanschluss und Strombedarf
- » Welche Möglichkeiten zur Abgasführung bestehen?

Die Bemessung des Wärmeerzeugers erfolgt auf der Grundlage der Norm-Gebäudeheizlast nach DIN EN 12831 [13], vgl. Abschnitt 2.2. Beim Einsatz von Brennwertkesseln und Wärmepumpen sind die Auslegungssystemtemperaturen für eine hohe Effizienz des Wärmeerzeugers niedrig zu halten. Auch bei KWK-Anlagen auf Stirlingbasis ist analog zum Brennwertkessel ein Einfluss auf den Jahresnutzungsgrad in Abhängigkeit von den Systemtemperaturen zu verzeichnen. In Bestandsgebäuden ist zu prüfen, inwieweit vorhandene Heizflächen auf Grund von Überdimensionierung bzw. durchgeführten Wärmedämmmaßnahmen an der Gebäudehülle auch für den Betrieb mit niedrigeren Systemtemperaturen geeignet sind.

Lokale Energieversorger sind kompetente Ansprechpartner für alle Fragen rund um den Neubau und die Modernisierung von Heizungsanlagen.

⁶ Für die Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599 ist dies nur relevant, wenn die Temperaturdifferenz der Raum-Solltemperatur größer 4 K ist oder die konditionierte Zone an eine unkonditionierte Zone angrenzt.

Anhang 1 **Normen, Vorschriften, Regeln und Richtlinien (Auswahl)****Baurechtliche Vorschriften**

| | |
|---------------|---|
| EnEV 2014 | Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 16. Oktober 2013 (Energieeinsparverordnung – EnEV 2014) |
| EEWärmeG 2011 | Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), 2011 |
| BlmSchV | Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BlmSchV), 2010 |
| | Bauordnungen der Länder |
| | Feuerungsverordnungen der Länder |

DIN-Normen

| | |
|--------------|---|
| DIN 4108-2 | Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz |
| DIN V 18599 | Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile) |
| DIN EN 12831 | Heizungsanlagen in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast |
| DIN EN 12828 | Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen. |
| DIN EN 442 | Radiatoren und Konvektoren |

Richtlinien

| | |
|-----------------|---|
| DWA-A 251 | Kondensate aus Brennwertkesseln, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2011 |
| VDI 4650 | Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen |
| DVGW-TRGI G 600 | Technische Regel für Gasinstallationen |
| VDI 2067 | Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung |
| | Arbeitsstätten-Richtlinie |

Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl)

| Niedertemperatur- und Brennwertkessel | | |
|---------------------------------------|--|---|
| August Brötje GmbH | August-Brötje-Straße 17 26180 Rastede T: 04402 80-0 F: 04402 80-583 | info@broetje.de www.broetje.de |
| Bosch Thermotechnik GmbH | Sophienstraße 30-32 35576 Wetzlar T: 06441 418-0 F: 06441 45602 | info@buderus.de junkers.infodienst@de.bosch.com www.buderus.de www.junkers.com |
| Max Weishaupt GmbH | Max-Weishaupt-Straße 14 88477 Schwendi T: 07353 83-0 F: 07353 83-358 | info@weishaupt.de www.weishaupt.de |
| OERTLI-ROHLEDER Wärmetechnik GmbH | Raiffeisenstraße 3 71696 Möglingen T: 07141 2454-0 F: 07141 2454-88 | info@oertli.de www.oertli.de |
| Paradigma Deutschland GmbH | Ettlinger Straße 30 76307 Karlsbad T: 07202 922-0 F: 07202 922-100 | info@paradigma.de www.paradigma.de |
| Remeha GmbH | Rheiner Straße 151 48282 Emsdetten T: 02572 9161-0 F: 02572 9161-102 | www.remeha.de |
| Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG | Berghauser Straße 40 42859 Remscheid T: 0180 6 824552 F: 02191 1828-10 | info@vaillant.de www.vaillant.de |
| Viessmann Werke GmbH & Co. KG | Viessmannstraße 1 35108 Allendorf (Eder) T: 06452 70-0 F: 06452 70-2780 | info@viessmann.com www.viessmann.de |
| Wolf GmbH | Industriestraße 1 84048 Mainburg T: 08751 74-0 F: 08751 74-1600 | info@wolf-heiztechnik.de www.wolf-heiztechnik.de |

Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl)

| Gasmotorische Wärmepumpen | | |
|---|---|---|
| Aisin Europe S.A. Niederlassung Deutschland | Schleussnerstraße 56 63263 Neu Isenburg T: 06102 36789-0 F: 06102 36789-13 | www.aisin-europe.com |
| KKU CONCEPT GmbH (YANMAR-Wärmepumpe) | Elbestraße 4 45768 Marl T: 02365 92490-44 F: 02365 92490-59 | info@kku-concept.de www.kku-concept.de |
| Adsorptionswärmepumpen | | |
| Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG | Berghauser Straße 40 42859 Remscheid T: 0180 6 824552 F: 02191 1828-10 | info@vaillant.de www.vaillant.de |
| Viessmann Werke GmbH & Co. KG | Viessmannstraße 1 35108 Allendorf (Eder) T: 06452 70-0 F: 06452 70-2780 | info@viessmann.com www.viessmann.de |
| Absorptionswärmepumpen | | |
| Bosch Thermotechnik GmbH | Sophienstraße 30-32 35576 Wetzlar T: 06441 418-0 F: 06441 45602 | info@buderus.de www.buderus.de |
| OERTLI-ROHLEDER Wärmetechnik GmbH | Raiffeisenstraße 3 71696 Möglingen T: 07141 2454-0 F: 07141 2454-88 | info@oertli.de www.oertli.de |
| Remeha GmbH | Rheiner Straße 151 48282 Emsdetten T: 02572 9161-0 F: 02572 9161-102 | www.remeha.de |
| ROBUR GmbH | Paulinenstraße 94 88046 Friedrichshafen T: 07541 603391-0 F: 07541 603391-90 | info@robur-gmbh.de www.robur-gmbh.de |

Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl)

| Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (ohne Brennstoffzellen) | | |
|---|--|---|
| August Brötje GmbH | August-Brötje-Straße 17 26180 Rastede T: 04402 80-0 F: 04402 80-583 | info@broetje.de www.broetje.de |
| Bosch Thermotechnik GmbH | Sophienstraße 30-32 35576 Wetzlar T: 06441 418-0 F: 06441 45602 | info@buderus.de www.buderus.de |
| Remeha GmbH | Rheiner Straße 151 48282 Emsdetten T: 02572 9161-0 F: 02572 9161-102 | www.remeha.de |
| SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH | Carl-Zeiss-Straße 18 97424 Schweinfurt T: 09721 651-0 F: 09721 651-272 | info@senertec.de www.senertec.de |
| Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG | Berghauser Straße 40 42859 Remscheid T: 0180 6 824552 F: 02191 1828-10 | info@vaillant.de www.vaillant.de |
| Viessmann Werke GmbH & Co. KG | Viessmannstraße 1 35108 Allendorf (Eder) T: 06452 70-0 F: 06452 70-2780 | info@viessmann.com www.viessmann.de |
| Wolf GmbH | Industriestraße 1 84048 Mainburg T: 08751 74-0 F: 08751 74-1600 | info@wolf-heiztechnik.de www.wolf-heiztechnik.de |

Anhang 2 **Hersteller und Anbieter (Auswahl)**

| Brennstoffzellen | | |
|---|---|--|
| Bosch Thermotechnik GmbH | Sophienstraße 30-32 35576 Wetzlar T: 06441 418-0 F: 06441 45602 | info@buderus.de www.buderus.de |
| Elcore GmbH | Bayerwaldstraße 3 81737 München T: 089 6780463-77 F: 089 6780463-33 | vertrieb@elcore.com www.elcore.com |
| HEXIS GmbH | Schulthaißstraße 15 78462 Konstanz T: 07531 363 1911 F: 07531 363 1959 | info@hexis.com www.hexis.com |
| SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH | Carl-Zeiss-Straße 18 97424 Schweinfurt T: 09721 651-0 F: 09721 651-272 | info@senertec.de www.senertec.de |
| SOLIDpower GmbH | Am Stadtpark 18 21465 Wentorf bei Hamburg Postanschrift: Borsigstraße 80 52525 Heinsberg T: 02452 153-758 F: 02452 153-755 | bluegen@solidpower.com www.solidpower.com |
| Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG | Berghauser Straße 40 42859 Remscheid T: 0180 6 824552 F: 02191 1828-10 | info@vaillant.de www.vaillant.de |
| Viessmann Werke GmbH & Co. KG | Viessmannstraße 1 35108 Allendorf (Eder) T: 06452 70-0 F: 06452 70-2780 | info@viessmann.com www.viessmann.de |

Anhang 3 Literaturverzeichnis

- [1] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 16. Oktober 2013 (Energieeinsparverordnung – EnEV 2014)
- [2] EEWärmeG 2011: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), 2011
- [3] BDEW: Strahlungsheizung Erdgas-Infrartheizsysteme, Juni 2010
- [4] BDEW: Warmluftheizung, in Überarbeitung 2016
- [5] IER Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung: Beitrag des Gewerbes im Smart Market mit Fokus auf erdgasspezifische Anwendungen, im Auftrag des BDEW, Februar 2016
- [6] DIN V 18599:2016–10. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile)
- [7] DIN EN 12831 Beiblatt 1: 2008. Heizsysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Nationaler Anhang NA
- [8] RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&qid=1450192636370&from=DE>. Last access: 03
- [9] DIN 4108–2:2013–02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [10] EE-RL 2009: Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.04.2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, DE, 05.06.2009
- [11] DIN V 18599 Bbl.2: 2012–06: Beschreibung der Anwendung von Kennwerten aus der DIN V 18599 bei Nachweisen des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG)
- [12] ITG Dresden GmbH/Weber EnergieConsult: Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude nach Energieeinsparverordnung EnEV 2014 und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2011, im Auftrag der figawa Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e. V., mit Förderung des BMWi, Januar 2015
- [13] DIN EN 12831: 2003. Heizungsanlagen in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

Anhang 3 Literaturverzeichnis (Fortsetzung)

- [14] DIN EN 12831 Beiblatt 2: 2012-05. Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Beiblatt 2: Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung der Gebäude-Heizlast und der Wärmeerzeugerleistung
- [15] DIN EN 12831 Beiblatt 3: 2014-08. Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Beiblatt 3: Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung der Raum-Heizlast
- [16] RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte
- [17] Arbeitsblatt DWA-A 251: Kondensate aus Brennwertkesseln, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. 2011
- [18] Recknagel/Sprenger/Albers: Taschenbuch für Heizung + Klima-Technik: 77. Auflage 2015/2016
- [19] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Planungshandbuch Anlagen-technik, Oktober 2013
- [20] VDI-Richtlinie VDI 4650 Blatt 2: 2010-11: Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads von Sorptionswärmepumpenanlagen
- [21] DIN EN 12828: 2013-04: Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen
- [22] DIN EN 442-1:2015-03: Radiatoren und Konvektoren – Teil 1: Technische Spezifikationen und Anforderungen
- [23] DIN EN 442-2:2015-03: Radiatoren und Konvektoren – Teil 2: Prüfverfahren und Leistungsangabe
- [24] Viessmann Werke GmbH & Co. KG: Vitoset-Preisliste 2016 DE Heizsysteme
- [25] DVGW-TRGI Arbeitsblatt G 600: 2008-04; Technische Regel für Gasinstallationen
- [26] GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) Version 4.9, <http://www.iinas.org/gemis-de.html>
- [27] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 26.01.2010

Anhang 3 Literaturverzeichnis (Fortsetzung)

- [28] BDEW (2015): Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2015) – Foliensatz zur Energie-Info.
BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Erneuerbare-Energien
- [29] VDI 2067 Blatt 1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012
- [30] BTGA-Regel 3.001 2015-03: Wartung heiztechnischer Anlagen – Richtzeiten für die Durchführung
- [31] <http://www.fe-bis.de/>
- [32] Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz), Gesetz zur Neuregelung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes vom 21. Dezember 2015
- [33] Gesetz für den Ausbau Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG), Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29. Juni 2015 (BGBl. I S. 1010) geändert worden ist

Anhang 4 Bildnachweis

Abbildung 1: ITG Dresden GmbH, Datengrundlage [5]

Abbildung 2: ITG Dresden GmbH

Abbildung 3: ITG Dresden GmbH

Abbildung 4: ITG Dresden GmbH

Abbildung 5: ITG Dresden GmbH

Abbildung 6: ITG Dresden GmbH

Abbildung 7: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 8: Viessmann Werke GmbH & Co KG

Abbildung 9: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 10: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 11: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 12: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 13: ITG Dresden GmbH

Abbildung 14: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 15: ITG Dresden GmbH

Abbildung 16: Oventrop GmbH & Co. KG

Abbildung 17: IMI Hydronic Engineering Deutschland GmbH

Abbildung 18: Danfoss GmbH

Abbildung 19: ITG Dresden GmbH

Abbildung 20: Viessmann Werke GmbH & Co KG

Abbildung 21: VARIO THERM

Anhang 4 Bildnachweis (Fortsetzung)

Abbildung 22: Kermi GmbH, Pankofen-Bahnhof 1,
94447 Plattling, Deutschland

Die Schriftwerke, Bilder, Videos sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung des Urhebers rechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Gleiches gilt für die Veröffentlichung im Internet.

Abbildung 23: ITG Dresden GmbH

Abbildung 24: Zehnder Group

Abbildung 25: ITG Dresden GmbH

Abbildung 26: Uponor GmbH

Abbildung 27: Reflex Winkelmann GmbH

Abbildung 28: Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland

Abbildung 29: Viessmann Werke GmbH & Co KG

Abbildung 30: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

Abbildung 31: ITG Dresden GmbH, Datengrundlage [5]

Abbildung 32: Viessmann Werke GmbH & Co KG

Herausgeber

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin

Telefon +49 30 300199-0
Telefax +49 30 300199-3900
E-Mail info@bdew.de
www.bdew.de

Ansprechpartner BDEW

Geschäftsbereich Vertrieb, Handel und gasspezifische Fragen
Dipl.-Ing. Ingram Täschner
E-Mail ingram.taeschner@bdew.de

Redaktion

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Bayreuther Straße 29
01187 Dresden

Dipl.-Ing. Bettina Mailach
Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

Layout und Satz

EKS – DIE AGENTUR
Energie Kommunikation Services GmbH
www.eks-agentur.de

Stand: Oktober 2016

