

MODERNE HEIZSYSTEME FÜR WOHNGEBÄUDE

EIN ÜBERBLICK ZUM STAND DER TECHNIK



Informationsbroschüre

Für Bauherren, Eigentümer, Käufer,
Neumieter, Energieberater,
Handwerksbetriebe, Makler
und Immobilienverwalter



**MACH MIT.
BAU NACHHALTIG.**
Energieeffizientes Bauen in Sachsen

saena
Sächsische
Energieagentur GmbH



Vorwort

Planen Sie einen Neubau oder eine Modernisierung Ihrer Heizung, dann sind Sie der richtige Adressat für diese Broschüre.

Die bei anstehendem Hausbau oder Sanierungsmaßnahmen relevante Frage nach einem passenden Heizsystem treibt viele Bauherren und Hausbesitzer um. Die Wunschvorstellungen bestehen dabei zumeist aus ökologischen, ökonomischen, aber auch den Komfort und die Unabhängigkeit betreffenden Kriterien. Die Angebote des Marktes sind vielfältig. Gerade in den letzten Jahren hat sich die Produktpalette durch verstärkte Forschung und Förderungen im Hinblick auf effizientere und regenerativere Haustechnik erweitert.

Da jedes Haus, jeder Wohnort, jedes Nutzungsverhalten und damit verbundene Vorgaben eine andere Gesamtsituation ergeben, wird es keine Patentlösung geben. Mit dieser Broschüre möchte die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH dennoch über die verschiedenen aktuellen Möglichkeiten des Heizens informieren: Welche Anlagentechnik benötigt welche Brennstoffe, welche Voraussetzungen und wieviel Platz? Welche Technologien lassen sich besonders vorteilhaft miteinander kombinieren? Welche Heizungsvarianten sind wirtschaftlich darstellbar?

Des Weiteren werden in dieser Broschüre wichtige Systemkomponenten wie Wärmespeicher und Wärmeübergabesysteme vorgestellt. Neben Systemen zur reinen Wärmeversorgung werden auch solche mit kombinierter Wärme- und Stromversorgung betrachtet. Steckbriefe zu den möglichen Anlagenkomponenten geben einen schnellen Überblick, Infokästen und ein Glossar helfen beim Verständnis häufig verwendeter Fachbegriffe und möchten motivieren, sich tiefergehend mit dem Thema Heizungssysteme zu beschäftigen.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen die Sächsische Energieagentur.

Haftungsausschluss

Der Inhalt dieser Broschüre ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Texte bzw. Darstellungen und auf Vollständigkeit des Inhaltes. Aufgezeigte Abbildungen stellen keine Hersteller- und Qualitätsauswahl dar. Ebenso stellt diese Broschüre keine Planungs- und Rechtsgrundlage dar.

Wenn Sie der Redaktion Hinweise zu dieser Broschüre geben möchten, zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren.

1	Einleitung	4
2	Gesetzliche Anforderungen	5
3	Energieeffizienz	6
4	Wärmeerzeuger	7
4.1	Brennwertkessel	8
4.2	Heizen mit Holz	11
4.2.1	Holzvergaserkessel	11
4.2.2	Pelletkessel	14
4.2.3	Hackschnitzelkessel	17
4.2.4	Kaminofen	20
4.3	Mikro-KWK	23
4.3.1	Brennstoffzellenheizung	24
4.4	Wärmepumpen	27
4.4.1	Kompressionswärmepumpe	30
4.4.2	Sorptionswärmepumpe	38
4.5	Nah- und Fernwärme	40
4.6	Solaranlagen	43
4.6.1	Solarthermieanlage	44
4.6.2	Photovoltaikanlage	48
4.7	Infrartheizung	52
5	Multivalente Heizsysteme (Hybridheizung)	55
6	Wärmeübergabesysteme	57
6.1	Raumheizkörper	57
6.2	Flächenheizung	57
7	Warmwasserbereitung	58
7.1	Direkt beladene Speicher	58
7.2	Indirekt beladene Speicher	58
7.2.1	Speicherlade- und Frischwassersystem	59
8	Zusatzfunktionen der Heizungssteuerung	60
9	Bewertung der Wirtschaftlichkeit	61
10	Übersicht Anforderungen und Beratungspflicht gemäß GEG 2024	64
10.1	Übersicht Anforderungen für neue Heizungsanlagen gemäß GEG 2024	64
10.2	Beratungspflicht	64
10.3	Übergangsfristen	65
11	Selbsttest Heizenergieverbrauch	66
12	Checklisten „Neue Heizung“	68
13	Glossar	72
14	Abbildungs- und Quellenverzeichnis	74

1 Einleitung

Wenn ein Wohngebäude neu errichtet oder saniert wird, stellt sich auch immer die Frage, wie der Wärme- bzw. zunehmend auch Kältebedarf gedeckt werden kann. Die **Entscheidung für ein Heizungssystem** ist im Idealfall eine, mit der Sie sich für die nächsten 20 bis 30 Jahre festlegen. Aufgrund von internationalen und nationalen Klimaschutzziele gilt es bei der Wahl einer geeigneten Heizungsanlage auch einige gesetzliche Vorgaben zu beachten. Dabei sind zum einen Lösungen mit maximaler Energieeffizienz und zum anderen Lösungen mit einem möglichst hohen Anteil an CO₂-freiem Energieeinsatz gefragt. In diesem Spagat eine lokal realisierbare und vor allem **finanzierbare individuelle Lösung** zu finden, ist keine leichte Aufgabe.



Ein Gebäude mit einem hohen Wärmedämmstandard hat den Vorteil eines geminderten Heizwärmebedarfes. Heizenergiekosten und CO₂-Emissionen sind geringer gegenüber denen eines weniger wärmegeprägten Gebäudes mit gleicher Heiztechnologie. Perspektivisch werden bei neuen Wohnbauten die laufenden Kosten für Haushaltsstrom über denen für **Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung** liegen, sodass eine gesamtheitliche Betrachtung von Heizung und Strom eine immer bedeutendere Rolle spielt.

Höhere Investitionskosten in Wärmedämm- und Qualitätsicherungsmaßnahmen bewirken niedrigere Heizkosten während der gesamten Nutzungszeit des Gebäudes, mindern aber auch das Budget, das für das Heizsystem zur Verfügung steht. Die Entscheidung für die Art einer neuen Heizungsanlage ist von vielen Faktoren abhängig – unter anderem, ob sie vollautomatisch funktionieren oder manuell „zugeheizt“ werden soll, aber auch, wie die ökonomischen und ökologischen Bewertungen verschiedener Varianten ausfallen. Hierzu bietet das Kapitel 9 Wirtschaftlichkeit ein paar Hilfestellungen.

Rechtzeitig fachliche Hilfe holen!

Alles zu 100 % richtig zu machen, ist fast unmöglich – um so viele Fehler wie möglich zu vermeiden, ist fachliche Hilfe geraten. Eine unabhängige Bauherrenberatung hilft, die bevorstehenden komplexen Aufgaben besser zu verstehen, das Bauvorhaben fachlich besser einzuschätzen und Entscheidungen qualifizierter zu treffen. Für Ratsuchende, die ein Gebäude errichten oder sanieren möchten, stehen kostenfrei kompetente

Architekten und Ingenieure der Sächsischen Energieagentur für eine Erstberatung zur Verfügung. Am Bürgertelefon (siehe TIPPI unten) können erste Fragen zum geplanten Bauvorhaben und zu aktuellen Fördermöglichkeiten beantwortet werden.



Abbildung 1: Neue Heizungsanlage mit Sole-Wasser Wärmepumpe und Pufferspeicher

Für die energetische Fachplanung sowie die Bauüberwachung und Qualitätssicherung sollte unbedingt ein bzw. mehrere unabhängige Sachverständige oder Fachplaner beauftragt werden. Diese Baubegleitung wird zudem durch die KfW bundesweit gefördert. Im Online-Portal „Energie-Experten-Sachsen“ unter www.saena.de/energie-experten der Sächsischen Energieagentur finden Sie u. a. qualifizierte Energieberater, Architekten, Ingenieurbüros, Fachfirmen für hocheffizientes Bauen, Energieeffizienzhandwerker SHK und Kompetenzträger in der Elektromobilität.

TIPP! Unsere Angebote für Bürger

Aktuelle Informationen rund um das Thema energieeffizientes Bauen und Sanieren erhalten Sie unter: www.saena.de/buerger

oder direkt bei der Sächsischen Energieagentur.

Bürgertelefon: 0351 4910-3179
Mailanfrage: buergerberatung@saena.de

2 Gesetzliche Anforderungen

Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das Gebäudeenergiegesetz führte 2020 das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) im **Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden** zusammen. Das GEG stellt Anforderungen an zu errichtende Gebäude sowie bei Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden, sofern dabei Außenbauteile geändert bzw. erstmalig eingebaut werden – unter Wahrung des Wirtschaftlichkeitsgebotes. Neubauten müssen dem Niedrigstenergiegebäudestandard entsprechen. Insbesondere für den Einbau bzw. die Erneuerung von Heizungsanlagen kamen mit den Veränderungen dieses Gesetzes ab 01.01.2024 schrittweise Anforderungen an eine zukünftig mindestens 65%ige Deckung des Heizwärmebedarfs mit erneuerbaren Energien neu hinzu. Heizkessel mit fossilen Energieträgern dürfen längstens bis zum Ablauf des 31.12.2044 betrieben werden. Ziel ist bis spätestens 2045 die Wärmeversorgung vollständig durch erneuerbare Energien abzudecken.

Anforderungen für Neubauten

Neu zu errichtende Gebäude können gemäß GEG im Referenzgebäudeverfahren energetisch bilanziert oder mit einem vereinfachten Tabellenverfahren nachgewiesen werden. Beim **Referenzgebäudeverfahren** wird zur Ermittlung des geplanten energetischen Standards ein virtuelles Gebäude zum Vergleich herangezogen. Dieses theoretische Referenzgebäude besitzt die gleiche Geometrie, Nutzfläche und Ausrichtung wie das zu errichtende Gebäude sowie festgelegte Kennwerte für den Wärmeschutz einzelner Außenbauteile und Vorgaben zur technischen Gebäudeausrüstung. Als **Referenzheizsystem** wird ein **Gas-Brennwertkessel mit einer Solarthermieanlage** zur Warmwasserbereitung angenommen. Für das Referenzgebäude werden der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasser und Hilfsstrom und der maximale Jahres-Transmissionswärmeverlust für die Gebäudehülle mit einer zugelassenen Software berechnet. Allerdings stellt nicht der Jahres-Primärenergiekennwert des Referenzgebäudes den Anforderungswert dar, sondern ein per Faktor abgeminderter Wert (seit 2023 Faktor: 0,55 – d.h. um 45%). Die beiden ermittelten Werte (Jahres-Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust) stellen die Maximalwer-

te für das geplante Gebäude dar, die nicht überschritten werden dürfen. Das geplante Gebäude misst sich mit diesen Anforderungen und kann in diesem Rahmen Wärmedämmung bzw. U-Werte einzelner Außenbauteile und die **Ausführung des Heizsystems nach eigenen Wünschen oder wirtschaftlichen Lösungen ausgestalten**.

Effizienz- und Nutzungsanforderungen erneuerbarer Energien bestehender Gebäude

Gemäß dem GEG müssen Einrichtungen der Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie der Warmwasserversorgung betriebsbereit, bestimmungsgemäß und sachgerecht betrieben sowie regelmäßig gewartet werden. Werden neue Wärmeerzeuger eingebaut, darf die energetische Qualität des Gebäudes nicht verschlechtert werden. **Wärme- bzw. Kälteverteilungs- und Warm- bzw. Kaltwasserleitungen sowie Armaturen**, die in einem Gebäude eingebaut oder erstmalig ersetzt werden, aber auch ungedämmt und in unbeheizten Räumen zugänglich sind, müssen mit Mindestdicken gedämmt werden. Neue Heizungen dürfen nur eingebaut werden, wenn sie den geltenden Anforderungen zur Nutzung von mindestens 65% erneuerbarer Energien entsprechen bzw. gemäß festgelegter Übergangsfristen ab dem Stichtag entsprechen werden. Dafür kann durch zugelassene Sachverständige (§ 88) ein unmittelbarer Nachweis für das gewählte System erbracht werden bzw. alternativ eine der in § 71 genannten Anlagen bzw. Kombinationen daraus eingebaut werden, die den Heizwärmebedarf zu 100% decken.

Beratungspflicht beim Einbau von herkömmlichen Heizungen

Vor Einbau und Aufstellung einer Heizungsanlage, die mit einem festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoff betrieben wird, hat eine Beratung zu erfolgen, die auf mögliche Auswirkungen der Wärmeplanung und eine mögliche Unwirtschaftlichkeit, insbesondere aufgrund ansteigender Kohlenstoffdioxid-Bepreisung, hinweist.

TIPP! Übersicht S. 64:

→ Anforderungen für neue Heizungsanlagen gemäß GEG 2024, Beratungspflicht, Übergangsfristen

Übersicht Einführung Verpflichtung Heizen mit erneuerbaren Energien nach GEG 2024



3 Energieeffizienz

Wie gut die Energieeffizienz von Heizsystemen ist, hängt von dem Energieaufwand zur Erreichung eines bestimmten Nutzens ab und von der Überwachung des optimalen Betriebes. Heizgeräte sind effizient, wenn der benötigte Nutzwärmebedarf für die Beheizung der Wohnräume und die Warmwasserbereitung mit minimalem Energieaufwand bereitgestellt wird. Neu errichtete Anlagen sind immer hydraulisch abzugleichen, während des Betriebs auf die tatsächliche Nutzung einzustellen und regelmäßig zu warten. Hierfür sind die Heizzeiten gemäß der Anwesenheit der Bewohner und die Heizkennlinien (Heizkurven) für jeden Heizkreis optimal einzustellen. Eine richtig eingestellte Heizung hilft unnötige Wärmeverluste und somit höhere Heizkosten zu vermeiden.

Seit September 2015 schreibt die EU-Kommission ein **Energieeffizienzlabel** für neue und alte Heizgeräte vor. Durch das EU-Label soll die Energieeffizienz von Heizgeräten für den Verbraucher sofort ersichtlich werden. Das Label, wie bei Kühlschränken, soll auch dazu führen, dass die Austauschrate bei alten Heizgeräten erhöht wird und Verbrauchern einen Effizienzvergleich von neuen Heizungsanlagen gibt.

Je nachdem, ob es sich um eine neue oder eine alte Heizungsanlage handelt, enthalten die Energieeffizienzlabel zahlreiche Informationen, wie z. B. über:

- den Hersteller und Modellbezeichnung
- den Einsatzbereich und die Funktion der Heizung
- die Energieeffizienzklasse
- die Lautstärke
- die maximale Wärmeleistung

Das Energieeffizienzlabel enthält jedoch keine Angaben zu den Betriebskosten. Diese sind von sehr vielen Faktoren im Betrieb abhängig.



Abbildung 2: Energieeffizienzlabel für bestehende und neue Heizungen

TIPP! Weitere Infos zum Thema

BMUV: Energieeffizienzkennzeichnung

→ www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/konsum-und-produkte/energieeffizienzkennzeichnung

Broschüre hydraulischer Abgleich

→ www.saena.de/broschueren

BAFA-Förderung Heizungstechnik und Optimierung

→ www.bafa.de → Energie → Bundesförderung für effiziente Gebäude

Energieeffizienzlabel für neue Heizungen

Grundsätzlich wird in Produktlabels, die ausschließlich der Hersteller ausstellt, und Verbundanlagenlabels unterschieden. Produktlabels gibt es nur für die reinen Wärmeerzeuger, z. B. Warmwasser-Wärmepumpen, Wärmepumpen für Raumheizung und Trinkwassererwärmung oder Brennwertkessel. Verbundanlagenlabels können von Herstellern, Großhändlern oder Handwerkern ausgestellt werden. Diese symbolisieren die Effizienz vom Wärmeerzeuger, dessen Regelung sowie weitere Komponenten, bspw. Warmwasserbereitung oder Solaranlage. Seit dem 26.09.2019 änderten sich die Energieeffizienzklassen in A+++ bis D.

Zur Orientierung einige Beispiele der Einordnung von Heizsystemen in die neuen Effizienzklassen:

- Heizungen mit regenerativen Energieträgern, wie Wärmepumpen und Holzheizungen in Kombination mit Solaranlagen zur Heizungsunterstützung: A+++, A++, A+
- KWK-Anlagen bis 50 kW: A+++ bis B
- Gas- und Ölbrennwertkessel: A oder B als Hybridanlage z. B. mit einer Solarthermie oder Wärmepumpe auch besser

Energieeffizienzlabel für alte Heizungen

Das Energieeffizienzlabel für die alten Heizungsanlagen wurde zum 01.01.2016 für Öl- und Gasheizungen bis 400 Kilowatt eingeführt. Festbrennstoffkessel und Wärmepumpen sind davon ausgenommen. Heizungsinstallateure, Schornsteinfeger, Energieberater und Energieausweis-Ausstellungsberechtigte sind berechtigt, das Label auszustellen. Bezirksschornsteinfeger hingegen sind verpflichtet, die Energielabels für alle alten Heizungsanlagen in zwei Zyklen bei der turnusmäßigen Überprüfung der Heizungsanlage anzubringen. Der erste Zyklus endet am 30.06.2020. Dabei sind alle Heizungen bis einschließlich Baujahr 1994 zu kennzeichnen und im zweiten Zyklus bis einschließlich 2008. Dieser ist bis zum 31.12.2023 festgesetzt. Danach sind alle Heizungen mit einem Energieeffizienzlabel zu versehen, die mindestens 15 Jahre alt sind. Für Verbraucher fallen keine Kosten für das Anbringen der Energielabels an.

4 Wärmeerzeuger

Liegt die Außentemperatur unter der Innentemperatur eines Gebäudes, wird – je nach Wärmedämmstandard mehr oder weniger – Wärme über die Gebäudehülle und ihre Undichtigkeiten sowie durch Lüftungsvorgänge an die Umgebung abgegeben. Eine Heizungsanlage hat die Aufgabe, diese Wärmeverluste eines Gebäudes auszugleichen, indem sie den Wohnräumen Wärme zuführt, sodass sich ein für die Bewohner als behaglich empfundenen Temperaturniveau einstellt. Ob ein Raum als behaglich empfunden wird, hängt aber neben der Lufttemperatur auch von der Oberflächentemperatur der raumumgebenden Flächen, dem Feuchtegehalt der Luft (Luftfeuchte), der Luftgeschwindigkeit (Luftzug), der CO₂-Konzentration in der Luft sowie von Geruchsstoffen ab.

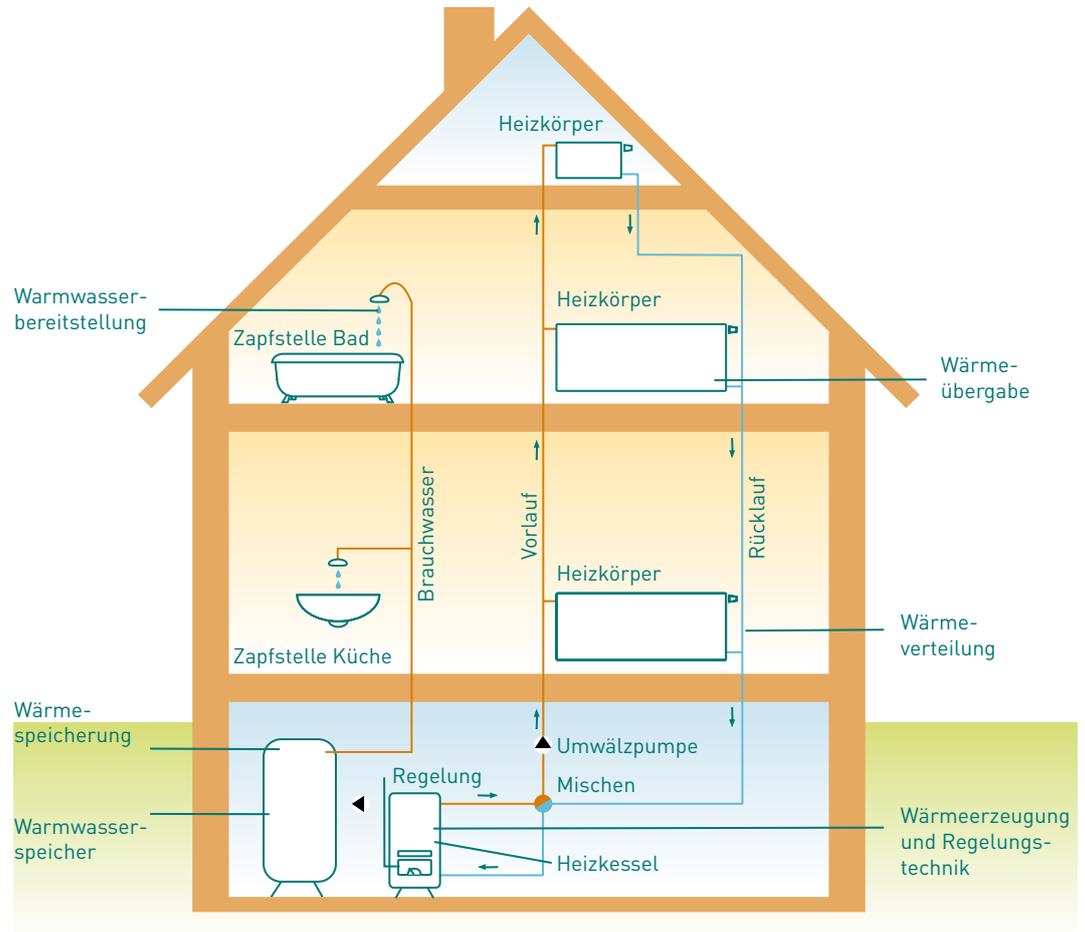


Abbildung 3: Komponenten einer klassischen Wärmeversorgung

Komponenten einer Heizungsanlage

Eine typische zentrale Heizungsanlage hat zunächst immer einen **Wärmeerzeuger**, der Wärme an ein Wärmeträgermedium überträgt. Da Wasser über eine Reihe von Vorteilen verfügt, findet es dafür überwiegend Anwendung. Es besitzt eine hohe spezifische Wärmekapazität, ist ungiftig und in einem relativ großen Temperaturbereich (0–100 °C) flüssig. Mit Hilfe des Heizwassers wird die Wärme über ein Rohrsystem zum **Wärmeübergabesystem**, die Heizkörper bzw. Flächenheizungen transportiert. Das abgekühlte Heizwasser strömt zurück zum Wärmeerzeuger, der es erneut aufheizt und so den sogenannten Heizkreislauf schließt. Nötig für diesen Kreislauf sind außerdem weitere Bauteile, wie Umwälzpumpen und Misch- und Regelventile. Eine zusätzliche Wärmespeicherung in Heizungspuffer- oder Warmwasserspeichern erweist sich in vielen Fällen als sinnvoll. Oft bietet es sich an, die Trinkwassererwärmung (TWE) mit dem Wärmeerzeuger für die Heizungsanlage zu koppeln. Für einen optimalen Betrieb einer Heizungsanlage ist eine automatische Regelung notwendig, die z. B. in Abhängigkeit der Außen- oder Raumtemperatur bzw. der Anwesenheit der Bewohner die Heizungsanlage steuert.

Jede dieser Komponenten bringt ihre eigenen technischen Besonderheiten und materiellen Anforderungen mit sich, die beachtet werden müssen, um ein funktionales und effizientes Zusammenspiel garantieren zu können. Welcher Wärmeerzeuger bei einer Sanierungsmaßnahme oder im Neubau gewählt wird, hängt neben den wirtschaftlichen Faktoren, gesetzlichen Vorgaben und örtlichen Gegebenheiten auch von subjektiven Faktoren, wie dem Wunsch nach Unabhängigkeit (z. B. von globalen Preisentwicklungen) oder Nachhaltigkeit und dem eigenen Behaglichkeitsempfinden ab.

Besonders bei Sanierungsmaßnahmen muss auf örtliche Gegebenheiten und verfügbare Flächen für die Heizungsanlage geachtet werden. Kostengünstig gestalten sich bei Modernisierungen von bestehenden Heizsystemen natürlich neue Komponenten, die sich in das bestehende System integrieren lassen. Empfehlenswert ist, die Entscheidung für eine Heizungsanlage auf Basis einer (professionellen) **Variantenuntersuchung** zu treffen.

In den kommenden Abschnitten werden aktuell auf dem Markt verfügbare Wärmeerzeuger vorgestellt. In Steckbriefen werden die Spezifika der Wärmeerzeuger noch einmal zusammenfasst.

4.1 Brennwertkessel

Die prinzipielle Aufgabe eines Heizkessels ist die Umwandlung der chemisch gebundenen Energie des Brennstoffes in thermische Energie. Dafür wird der Energieträger verbrannt und die frei werdende Wärme an ein Wärmeträgermedium (zumeist Wasser) übertragen. Dieses wiederum gibt über die Heizflächen Wärme an die Umgebung ab. Je weniger Brennstoff benötigt wird, um das Wärmeträgermedium auf Zieltemperatur zu erwärmen, desto günstiger gestalten sich die Betriebskosten und die CO₂-Bilanz. Dass inzwischen kaum noch Heizkessel ohne Brennwerttechnik verbaut werden, liegt an deren höheren Wirkungsgrad.



Abbildung 4: Wandhängende Gasbrennwerttherme

Brennwerttechnik – was ist das?

Die Besonderheit der Brennwerttechnik liegt darin, dass – im Gegensatz zu konventionellen Kesseln – zusätzlich die **Kondensationswärme** des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes genutzt wird. Dazu wird das Abgas hinter dem Brenner durch einen Abgaswärmetauscher geleitet, der einen Großteil der Abgase unter den Taupunkt kühlt. Kondensiert ein Gas, wird genau die Menge an Wärme wieder frei, die bei der Verdampfung aufgenommen wurde. Bei Wasser ist das ungefähr so viel Wärme, wie benötigt wird, um dieselbe Menge Wasser von 0 °C auf 80 °C zu erwärmen. Diese Wärme wird auch als „latente“ (verborgene) Wärme bezeichnet, im Gegensatz zur „sensiblen“ (fühlbaren) Wärme. Damit arbeiten Brennwertkessel deutlich effizienter als konventionelle (Heizwert-)Kessel: Erdgas ermöglicht einen theoretischen Nutzungsgrad von 110% bezogen auf den Heizwert Hi, während Heizöl eine verhältnismäßig geringere (theoretische) Steigerung auf 106 % ermöglicht.

Definition: Heizwert Hi und Brennwert Hs

Der Heizwert Hi eines Brennstoffes bezeichnet die spezifische Wärmemenge, die bei der Verbrennung und anschließenden Abkühlung auf 25 °C frei wird – mit der Einschränkung, dass der im Abgas enthaltene Wasserdampf nicht kondensiert, die im Abgas enthaltene Kondensationswärme ungenutzt entweicht.

Der Heizwert war besonders zu Zeiten relevant, als das Wasser im Abgas möglichst dampfförmig bleiben musste, um Feuchtigkeitsschäden in der Heizungsanlage und dem Schornstein zu vermeiden.

Im Gegensatz dazu berücksichtigt der Brennwert Hs (Hs > Hi) diese Kondensationswärme. Da bei der Berechnung des Nutzungsgrades noch immer der Heizwert herangezogen wird, ergeben sich bei der inzwischen üblichen „Brennwerttechnik“ Nutzungsgrade von über 100 %.

Einheiten von Hi und Hs:

massebezogen: kJ/kg, kWh/kg

volumenbezogen: kJ/l, kJ/m³

(Umrechnung über die Dichte)

Brennstoff

Brennwertkessel werden im Allgemeinen mit den beiden fossilen Energieträgern **Erdgas** oder **Heizöl** betrieben. Beide Brennstoffe sind reich an Wasserstoff und Kohlenstoff. Erdgas kann über einen Anschluss aus dem Erdgasnetz oder, wenn kein Gasanschluss vorhanden ist, als **Flüssiggas** aus einem Tank im Keller oder Garten bezogen werden. Für Heizöl ist ebenfalls ein Tank erforderlich. Grundsätzlich ist aber auch die Befeuerung mit Biomethan möglich bzw. mit einer Mischung aus Erdgas und Biomethan. Einige Biogasanlagen speisen z. B. das gewonnene Biomethan in das anliegende Erdgasnetz ein. Bei dem teilweise verwendeten Begriff „Bio-Heizöl“ handelt es sich im Prinzip um Biodiesel, der mit Additiven versetzt wird, die längere Lagerzeiten ermöglichen. Wie beim Brennstoff für Kraftfahrzeuge wird dem Heizöl ein kleiner Anteil (mindestens 3 %) an Fettsäuremethylester, das aus Pflanzenöl (z. B. aus Raps, Soja oder Sonnenblumen) gewonnen wird, beigemischt. Eine weitere Variante stellen außerdem Kessel mit Brennwerttechnik für **Scheitholz, Hackschnitzel oder Pellets** dar, sie werden aktuell aber nur von sehr wenigen Firmen angeboten.

Bei Erdöl und Erdgas handelt es sich um ein nicht bzw. nur zu sehr geringen Teilen lokales Produkt. Aufgrund der Abhängigkeit von Marktsituation und geopolitischen Entwicklungen kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Preise für fossile Energieträger in den nächsten Jahren stabil bleiben werden. Das lässt Schwankungen nach oben und unten zu, genaue Vorhersagen gestalten sich schwierig.

Abgastemperatur

Die **Rücklauf­temperatur** des Wärmeträgermediums im Heiz­kreislauf sollte **möglichst niedrig** sein, je niedriger diese ist, desto höher ist der Wirkungsgrad des Abgaswärmetauschers. Da die Kondensation des Abgases mittels eines Abgaswärmetauschers über den Rücklauf des Heizwassers erfolgt, ist die Rücklauf­temperatur entscheidend für den Wirkungsgrad. Eine Kondensation kann nur erfolgen, wenn die Rücklauf­temperatur unterhalb der Kondensationstemperatur des Abgases liegt. Bei einer Ölheizung liegt die Kondensationstemperatur bei 48 °C und bei einer Erdgasheizung bei 56 °C. Eine hundertprozentige Kondensation wird erst bei einer Rücklauf­temperatur von 30–35 °C erreicht. Hier bieten sich deshalb Flächenheizungen mit ihren niedrigeren Vor- und Rücklauf­temperaturen an.

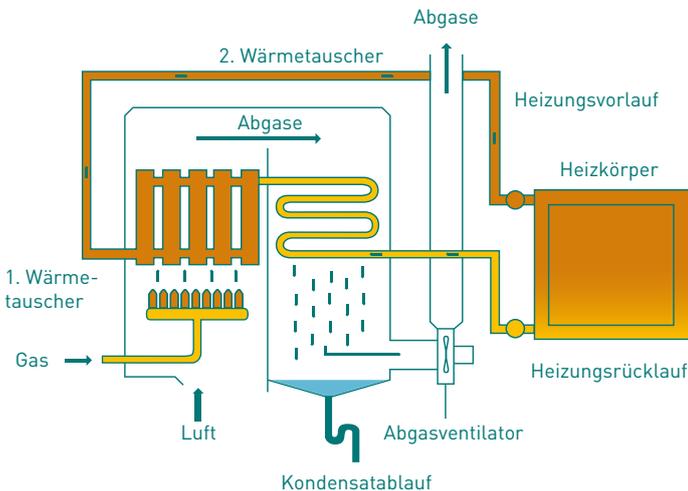


Abbildung 5: Funktionsweise der Brennwerttechnik

Abgasführung

Brennwertkessel besitzen immer einen Gebläse­brenner, da der abgekühlte Rauch nicht mehr von allein im Schornstein aufsteigt. Die Abgasführung muss außerdem feuchteresistent und druckdicht (bis 1.000 Pa Überdruck) sein, dazu kann oft ein säurebeständiges Rohr aus Polypropylen oder Edelstahl durch vorhandene Schornsteine gezogen werden. Nötig ist auch ein **Abwasseranschluss für das entstehende Kondensat**. Das Kondensat ist zumeist sauer, da auch Dämpfe von Säuren (vor allem Schwefelsäure) im Abgas kondensieren, die Abwasserinstallation im Haus sollte deshalb auf ihre Säureempfindlichkeit geprüft werden. In der Regel muss eine Neutralisationseinheit eingebaut werden.

Brennwertkessel werden aufgrund ihrer guten Modulierbarkeit sehr oft als Spitzenlastkessel/zusätzlicher Kessel in multivalenten Systemen (siehe Kapitel 5) eingesetzt.

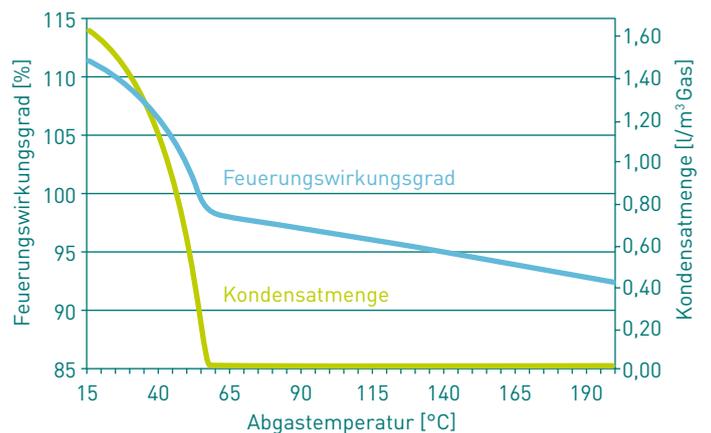


Abbildung 6: Abhängigkeit des Feuerungswirkungsgrades und der entstehenden Kondensatmenge von der Abgastemperatur

Was ist bei Feuerungsanlagen zu beachten?

Sicherheitsbelange bei der Einrichtung	Sicherheitsbelange im Betrieb
<ul style="list-style-type: none"> → Brandschutz → Beschaffenheit der Brennstofflagerräume → sichere Abgasführung → keine Belästigung der Umgebung 	<ul style="list-style-type: none"> → Kehrpflicht/Kehrintervalle → erlaubte Brennstoffe → Anforderungen an Emissionsgrenzwerte → Anforderungen an den Mindestwirkungsgrad → Übergangsregelungen für Altanlagen
<ol style="list-style-type: none"> 1. Sächsische Bauordnung (SächsBO) 2. Sächsische Feuerungsverordnung (SächsFeuVO) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verordnung über die Kehrung und Überprüfung von Anlagen (Kehr- und Überprüfungsordnung – KÜO) 2. Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – 1.BImSchV

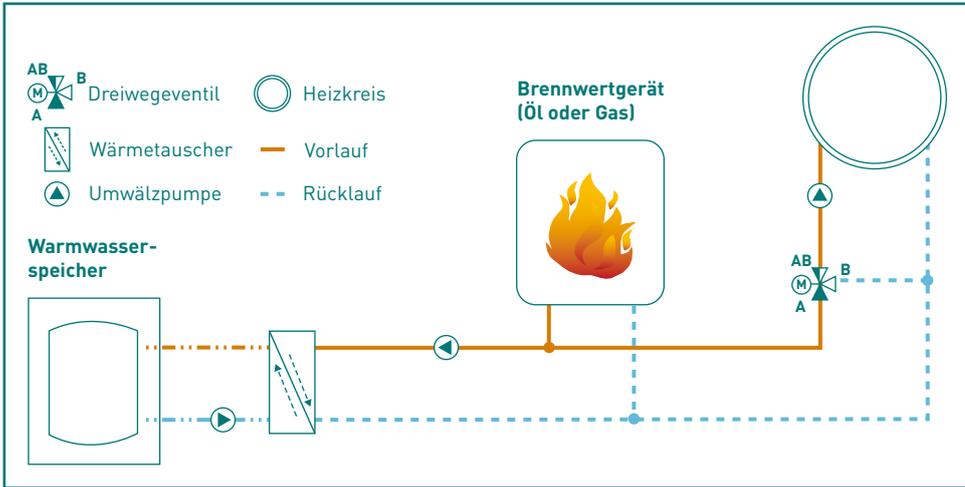
→ Wärmerezeuger

Steckbrief

Brennwertkessel/ Brennwerttherme (Gas/Öl)

- fossil erneuerbar (Biomethan)
- gleichzeitige Stromerzeugung

- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★★	★☆☆☆☆	★★★★★☆☆	★★★★★☆☆

Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C

↓ Vorlauf
↑ Rücklauf

- Checkliste:**
- Gasanschluss/Flüssiggastank und Platz für Flüssiggastank vorhanden?
 - Pufferspeicher/Platz für Pufferspeicher vorhanden?

Energieträger	Erdgas, Heizöl, Flüssiggas, Biomethan, Holz(-pellets) (Tarife mit anteiligem dem Erdgas beigemischten Biomethan möglich)	
Varianten	bodenstehend/wandhängend	
Nutzungsgrad	Erdgas: bis zu 110 %; Heizöl: bis zu 106 % (jeweils bezogen auf den Heizwert Hi)	
Primärenergiefaktor f_p	Erdgas: 1,1; Heizöl EL ¹ : 1,1; Biogas: 0,5 (nicht erneuerbarer Anteil); Holz: 0,2	
Spez. Heizkosten	Erdgas: 10 ct/kWh; Heizöl: 10 ct/kWh (Stand Juni 2023) Biogas: 11 ct/kWh, Mischverträge 6–14 ct/kWh (Stand Juni 2023)	
Trinkwassererwärmung (TWE)	direkt/indirekt	
Speicher	in der Regel nicht erforderlich	
Platzbedarf	Heizung: 2 m ²	Brennstofflagerung: ca. 5 m ² (Heizöltanks) für ein EFH
Besonderheiten	- Nutzung der Kondensationswärmeenergie (= latente Wärme) des im Abgas enthaltenen Wassers	
Lebensdauer der Anlage	18 Jahre (wandhängend) bis 20 Jahre (bodenstehend)	
Vorteile	ca. 10 % weniger Energieaufwand als konventioneller Heizkessel	
Nachteile	Preis abhängig von innen- und außenpolitischen Entwicklungen (bei Erdöl stark schwankend)	
Wärmeübergabesystem	- Heizkörper - Niedertemperatur-Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- und Deckenheizung) -> durch die niedrigere Rücklaufstemperatur besonders geeignet	
Kombinierbar mit	Kaminofen, Wärmepumpe, Solarthermie, Photovoltaik	

¹ EL: Extra leicht

4.2 Heizen mit Holz

Häufig werden Heizkessel, die mit Holz heizen, unter dem Begriff „Festbrennstoffkessel“ geführt. Der Begriff „feste Brennstoffe“ umfasst neben Holz aber auch Stein- und Braunkohle sowie Brenntorf. In diesem Kapitel werden nur üblich verwendete **holz-befeuerte Festbrennstoffkessel** beschrieben. Diese umfassen:

- **Stückholz- und Holzvergaserkessel**
- **Pelletkessel**
- **Holz hackschnitzelkessel**
- **Kaminöfen**

Holzheizungen können Wärme für ein ganzes Haus (Zentralheizung) oder einzelne Räume erzeugen. Teilweise dienen sie auch der Unterstützung der Heizung und werden nur gelegentlich betrieben (bspw. Kaminöfen). Als (Holz)-Heizwerk werden dagegen Anlagen bezeichnet, die sehr große Häuser oder kleine Siedlungen versorgen.



Abbildung 7: Holzfeuer

Je nach Anwendungsbereich gibt es hinsichtlich ihrer Funktionsweise und der Brennstoffe zu unterscheidende Holzheizungen. Abbildung 8 gibt eine grobe Orientierung über die auf dem Markt befindlichen Typen. Unterschiede ergeben sich vor allem in der **Beschickung** mit dem Brenngut aus Holz. Eine automatische Beschickung des Kessels mit Scheitholz oder Briketts ist technisch schwer zu realisieren – in der Regel muss der Kessel während der Betriebszeit in regelmäßigen Abständen manuell beschickt werden.

Die Brennstoffe Pellets und Holz hackschnitzel haben den Vorteil, dass mittels **Förderschnecken** oder **Saugsystemen** eine automatische Beschickung des Kessels aus einem Brennstofftank oder integriertem Behälter möglich ist.

Im Folgenden sollen die Varianten Holzvergaserkessel, Pelletkessel, Holz hackschnitzelkessel und Kaminöfen näher beschrieben werden.

Auf dem Markt gibt es auch eine kleine Anzahl an „**Kombi-kesseln**“. Diese zeichnen sich durch zwei getrennte Brennkammern aus, z. B. eine für Scheitholz und eine für Pellets. Ein solcher Kessel ist damit in der Lage, bei Bedarf vom manuellen (Scheitholz-) Betrieb in den automatischen (Pellet-) Betrieb umzuschalten.

Heizen mit Holz

Brenngut

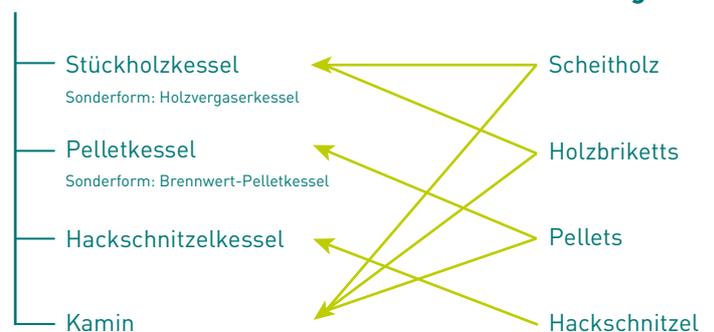


Abbildung 8: Übersicht gängiger Holzheizungen und geeigneter Brennstoffe

4.2.1 Holzvergaserkessel

Ein Holzvergaserkessel ist die Variante des Stückholzessels mit dem besten Wirkungsgrad und geringstem Ascheanfall. Im Vergaserkessel gibt es zwei durch eine keramische Brennerplatte getrennte Brennkammern, eine Ober- und eine Unterkammer. Der Verbrennungsvorgang besteht aus den Prozessen „Holzvergasung“ und „Holzgasverbrennung“, die räumlich getrennt sind und sich separat steuern lassen. Die Holz-scheite müssen zwar manuell in die obere Brennkammer eingelegt werden, das kann jedoch chargenweise erfolgen, weshalb die Beschickung seltener erfolgen muss als bspw. bei einem Scheitholz-Kamin. Wird der Kessel angefeuert, verdampft zunächst das im Holz enthaltene Wasser, das Holz wird dabei getrocknet und in Holzgas umgewandelt. Leicht entzündliche Anteile des Holz-gases verbrennen schon mit in der Oberkammer. Die schwer entzündlichen Anteile gelangen durch kleine Bohrungen in der Brennerplatte in die Unterkammer, wo sie bei hohen Temperaturen über 1.000 °C verbrannt werden. Die Verbrennungsgase strömen von dort in den Abgasanschluss. Ein Holzvergaserkessel folgt dem Prinzip des „**unteren Abbrandes**“.

Ein Nachteil ist die schlechte Regulierbarkeit des Kessels, er erbringt seine beste Leistung unter Vollast. Der zugehörige Puffer-

→ Wärmerezeuger

speicher sollte deshalb so groß sein, dass der Kessel über die gesamte Brenndauer im Vollastbetrieb arbeiten kann. Je nach nutzbarer Temperaturspannung lassen sich pro m³ Wasserinhalt 50–60 kWh Wärme im Pufferspeicher einlagern. Die so gespeicherte Wärme kann anschließend über einen längeren Zeitraum (bis zu mehreren Tagen) bedarfsgerecht abgerufen werden.



Abbildung 9: Holzvergaserkessel mit Ober- und Unterkammer

Damit die Gase von der oberen in die untere Brennkammer gelangen, ist ein Gebläse bzw. ein Saugzugventilator nötig. Die Luft, die der Oberkammer zugeführt wird, wird Primärluft genannt, die der Unterkammer Sekundärluft. Die Regelung der Primär- und Sekundärluftzufuhr erfolgt getrennt und wird je nach Hersteller und Kesseltyp elektronisch geregelt oder manuell eingestellt.

Brenngut

Beschriftet wird ein Holzvergaserkessel mit **Scheitholz**, auch Holz-briketts sind teilweise möglich. Holz gilt als natürlicher, nachwachsender Rohstoff. Die Verbrennung wird in der Bilanzierung oft als CO₂-neutral angegeben, dabei wird angenommen, dass das bei der Verbrennung frei werdende CO₂ der Menge gleichzusetzen ist, die der Baum während seines Wachstums gebunden hat. Genau genommen müsste hier auch die Nachforstung mit einbezogen werden – es dürfte eigentlich nicht mehr verbrannt werden, als in der Verbrennungszeitspanne nachwachsen kann. Außerdem sind Verarbeitungsschritte und Transportvorgänge mit zu betrachten. Wird mit Holz geheizt, kann auf regionale Zulieferer geachtet werden.

Als **Holz-briketts** werden maschinell in Brikettform gepresste, unbehandelte Holzpartikel wie Hobelspäne und Sägemehl bezeichnet. Sie unterscheiden sich von Pellets hauptsächlich in der Größe. Die Bundes-Immissionsschutzverordnung (1. BImSchV) schreibt eine maximale Restfeuchte für Brennstoffe vor, vor allem, da bei der Verbrennung von nassem Holz mehr Schadstoffe entstehen und Schornsteine stärker beschädigt werden. Hier muss entweder von einem Betrieb getrocknetes Feuerholz gekauft werden oder das frisch geschlagene Holz selbst über 2–3 Jahre gelagert werden. Bei der Lagerung ist auf Schutz vor Bodennässe und Regen sowie auf eine gute Durchlüftung zu achten. Keller sind häufig aufgrund der fehlenden Luftzirkulation nicht geeignet. Überschlägig sind als Ersatz für einen Liter Heizöl ca. 2,5 kg Scheitholz nötig.

Die gebräuchlichste Maßeinheit beim Handel mit Brennholz ist der **Raummeter (rm)**. Er entspricht einem Kubikmeter Rauminhalt mit geschichteten Holzstücken einschließlich der Zwischenräume. Der **Schüttraummeter (srm)** entspricht dagegen einer lose geschütteten Holzmenge von einem Kubikmeter und ein **Festmeter (fm)** bezeichnet die Menge Holz-scheite, welche nach Abzug der Zwischenräume einen Kubikmeter Holz ergibt. Die benötigte Holzmenge für Wohnhäuser und damit der notwendige Lagerplatz ist natürlich abhängig von der Größe der beheizten Wohnfläche, dem Wärmedämmstandard des Gebäudes, dem lokalen Klima sowie den Komfortanforderungen. Für ein Einfamilienhaus sollte ungefähr mit einem Lagerplatzbedarf von 12–15 m² gerechnet werden.

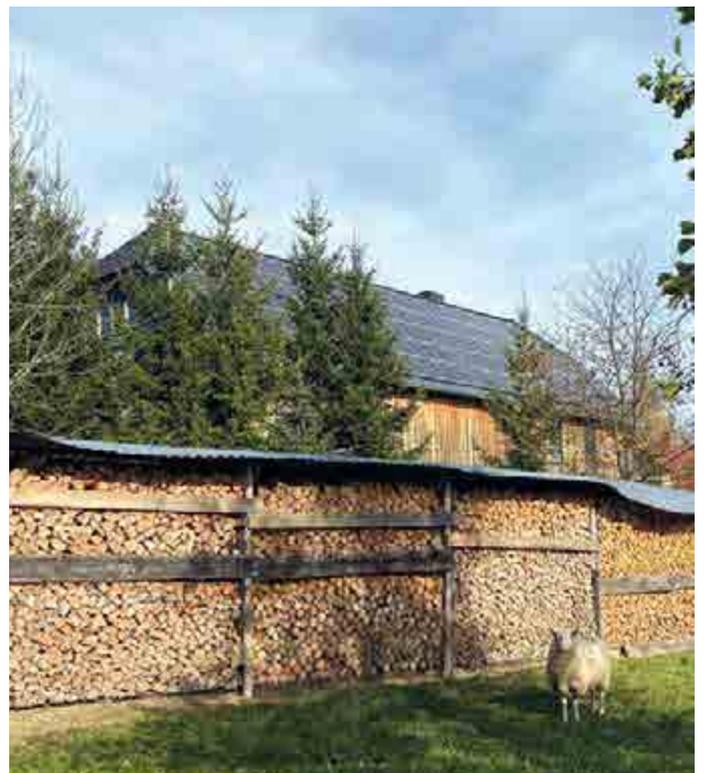


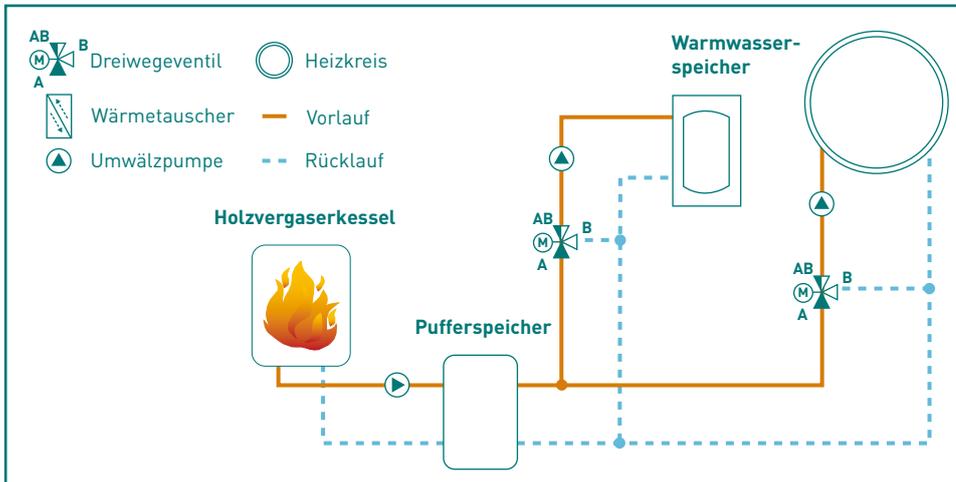
Abbildung 10: Holzlager

Holzvergaserkessel

(Variante des Stückholzkessels)

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★★	★★★★☆	★★★★☆	★★★★★

Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C

↓ Vorlauf
↑ Rücklauf

Checkliste:

- genügend Lagerfläche für Scheitholz/Briketts?
- Platz für Speicher vorhanden?

Energieträger	Stückholz, Holzbriketts		
Varianten	Die Luftmengen (Primär- und Sekundärluftzufuhr) werden je nach Hersteller und Bauart manuell eingestellt oder elektronisch geregelt		
Nutzungsgrad	bis 95 %		
Primärenergiefaktor f_p	Brennholz: 0,2 (nicht erneuerbarer Anteil, verursacht durch Herstellung und Transport)		
Spez. Heizkosten	Mischholz: 9 ct/kWh (Stand Juni 2023)		
Trinkwassererwärmung (TWE)	direkt/indirekt		
Speicher	Pufferspeicher sinnvoll (erhöht Wirkungsgrad)		
Platzbedarf	Kessel: 1–2 m ²	Speicher: 1–2 m ²	Brennstofflagerung: 5–10 m ² (für EFH)
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> - zwei getrennte Brennkammern (Holzvergassung und Holzgasverbrennung) - Gebläse sorgt für ausreichende Sauerstoffzufuhr, um Brennvorgang zu starten - Rücklaufanhebung 		
Lebensdauer der Anlage	15–20 Jahre		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - variable, regenerative Brennstoffnutzung - Brennstoffe kostengünstig - höherer Wirkungsgrad als bei anderen Festbrennstoffkesseln 		
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Wartungsaufwand (Entleerung und Reinigung der Aschkammer) - manuelle Holzzufuhr nötig (chargenweise möglich) - hoher Platzbedarf zur Lagerung der Festbrennstoffe 		
Wärmeübergabesystem	<ul style="list-style-type: none"> - Heizkörper - Niedertemperatur-Flächenheizungen 		
Kombinierbar mit	Brennwertkessel (Gas/Öl), Kaminöfen, Solarthermie, Photovoltaik		

4.2.2 Pelletkessel

Auch bei Pelletkesseln basiert die Wärmebereitstellung auf der Verbrennung von Holz. Das Brenngut Holz wird hier allerdings dem Verbrennungsprozess in Form von Pellets, **kleinen Presslingen** aus Sägespänen zugeführt. Die genormte Form und geringe Größe der Pellets macht eine automatische Beschickung der Brennkammer via spezieller Fördereinrichtungen möglich.



Abbildung 11: Förderschnecke für Holzpellets

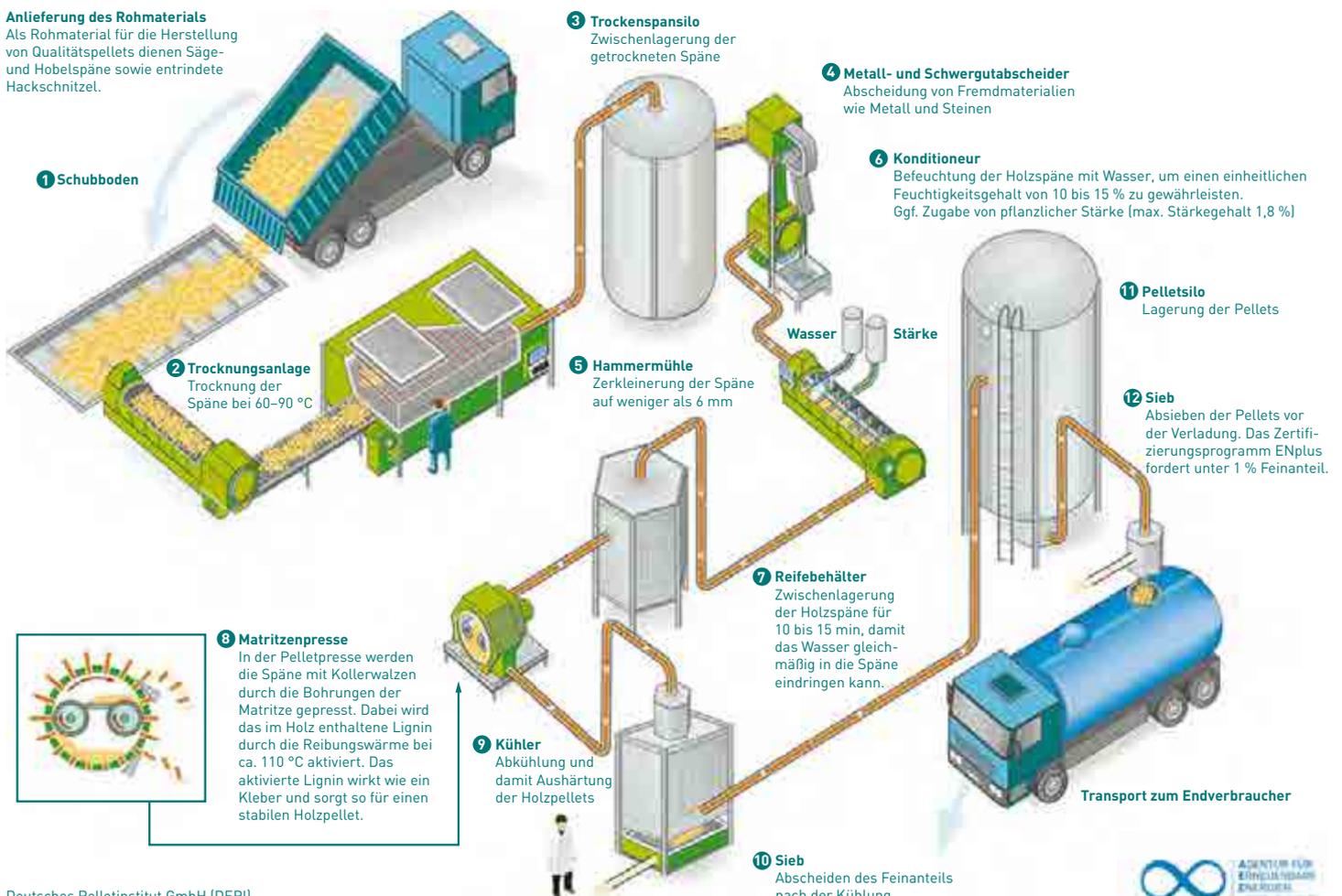
Dabei reicht es meist aus, die Brennstoffvorräte am Haus einmal pro Jahr aufzufüllen. Lediglich die Aschekammer erfordert zumeist eine manuelle Reinigung, je nach Anlage nach mehreren Tagen. Die Asche kann als ökologischer Dünger im Garten ausgebracht werden.

Die Brennstoffzufuhr lässt sich in **halb- und vollautomatische Beschickung** unterscheiden. Eine halbautomatische Anlage besitzt einen Vorratsbehälter am Heizkessel, der in der Heizperiode alle paar Tage händisch mit Pellets aus dem Jahreslager befüllt werden muss. Bei einer vollautomatischen Anlage entfällt dieser Zwischenschritt, da der Brennstoff direkt vom Lagerraum in die Brennkammer gefördert wird. Daraus ergeben sich Grenzwerte für den maximal möglichen bzw. wirtschaftlichen Abstand von Lagerraum zu Heizkessel.

Auf dem Markt verfügbar sind Öfen mit verschiedenen Brennersystemen, zumeist aber rutschen die Pellets von der Förderschnecke über einen Fallschacht in einen sogenannten „Brennertopf“ und verbrennen auf einer Rostplatte, die Asche fällt nach unten in einen Aschebehälter.

Anlieferung des Rohmaterials

Als Rohmaterial für die Herstellung von Qualitätspellets dienen Säge- und Hobelspäne sowie entrindete Hackschnitzel.



Deutsches Pelletinstitut GmbH (DEPI)

Abbildung 12: Herstellung von Holzpellets

Pufferspeicher

Eine Pelletheizung muss nach §5 der 1. BImSchV (Bundes-Immissionsschutzverordnung) [1] bis auf wenige dort geregelte Ausnahmen über einen Wasser-Wärmespeicher verfügen. Das bietet sich auch an. Zwar können Pelletkessel ihre Leistung über die Brennstoffzugabe modulieren und damit an den Bedarf des Hauses anpassen, aber die Leistungsanpassung ist sehr träge und hat Grenzen. Bei niedrigem Wärmebedarf kann es bei einer Anlage ohne Speicher zum sogenannten Takten kommen, das heißt, die Anlage liefert mehr Wärme als benötigt wird und schaltet deshalb ständig An und Aus. Das sorgt für einen deutlich schlechteren Wirkungsgrad und einen stärkeren Anlagenverschleiß.

Pelletherstellung

Holzpellets stammen zu einem Großteil aus sogenannten Sägenebenprodukten, das sind Holzreste in Form von Hobel- oder Sägespänen bspw. aus Sägewerken. Dazu kommt ein geringer Anteil an nicht sägefähigem Rundholz, das entrindet und gehackt werden muss. Welche Zwischenschritte vor und nach dem eigentlichen Pressvorgang der Holzspäne durch eine Stahlmatrize mittels Walzen nötig sind, verdeutlicht Abbildung 12. Pellets haben nach dem Pressvorgang einen höheren Energiegehalt als Scheitholz und ermöglichen daher im Vergleich eine platzsparende Lagerung.

Bei der Pelletherstellung kommen **keine chemischen Bindemittel** zum Einsatz. Das im Holz enthaltene Lignin wird bei dem hohen Druck und der Temperatur des Pressvorganges klebfähig und sorgt für die Formstabilität sowie die glänzende Oberfläche der Pellets. Die Pelletqualität ist europaweit durch die DIN EN ISO 17225-Teil 2 geregelt. Zur nichtindustriellen Verwendung in Wohngebäuden werden zwei verschiedene Größen 6 mm oder 8 mm Durchmesser in der Wassergehaltsklasse M10 (maximal 10 % Restfeuchte) gehandelt. Die Schüttdichte muss mindestens 600 kg/m³, der Feingutanteil darf höchstens 1 %, der Pressmittelzusatz (in der Regel Stärke) höchstens 2 % betragen. Der für die Produktion und Bereitstellung der Pellets benötigte Energieaufwand liegt bei ca. 3–7 % der Endenergie, je nach verwendetem Holz und dessen Feuchtegehalt.

TIPP! Qualitätssiegel für Holzpellets

Pellets mit dem Siegel „ENplus“ entsprechen den Richtlinien der DIN EN ISO 17225-2. Entsprechend der 3 Qualitätsklassen gibt es das Siegel als „ENplus-A1, ENplus-A2 und ENplus-B.“

Pelletlagerung

Die fertigen Pellets werden in einzeln abgepackter (Silopacks) oder loser Form verkauft. Für die Abnahme von losen Pellets ist ein Vorratsraum nötig, in den die Pellets von einem Silopumpwagen über ein Schlauchsystem eingeblasen werden können. Der Vorratsraum muss eine absolut trockene Lagerung der Pellets garantieren können. Quellen Pellets bei Wasserzutritt bis zu ihrem dreifachen Ausgangsvolumen auf, kann es zum Bersten des Lagerraums kommen, aber auch eine Vermehrung von Mikroorganismen in zu feuchten Pellets kann gefährlich werden. Ist ein alter Öllagerraum vorhanden, lässt er sich oft in ein Pelletlager umrüsten, aber auch Erdtanks sind denkbar. Für die abgepackten Pellets reicht häufig eine Art Gartenunterstand, unter dem die Silopacks ohne Berührung des Erdbodens (z. B. auf Paletten) lagern können.

Bei der Lagerung von Holzpellets sollte zudem auf **ausreichende Belüftung** des Lagers geachtet werden, um Kohlenmonoxidvergiftungen vorzubeugen.

Holz gehört zu den nachwachsenden Rohstoffen, die Menge an sich jährlich erneuerndem Holzvorkommen ist aber gegebenermaßen begrenzt. Es ist daher empfehlenswert, in der Planungsphase der neuen Heizung aktuelle Zahlen und Prognosen zu Pelletabnahme, dem Produktionsvolumen sowie verfügbaren Kapazitäten in der Region zu Rate zu ziehen.

Neben Holzpellets gibt es auch einen kleinen Markt für eine Vielzahl anderer Pellets, z. B. aus Stroh, Torf, Gräsern, Olivenkernen, Ölpresskuchen und Mischungen daraus. Hier muss allerdings genau auf die Herstellerangaben des Heizkessels und die Regelungen in der 1. BImSchV geachtet werden, ob und in welchen Mengen solche Pellets verfeuert werden dürfen.



Abbildung 13: Pelletkessel mit kleinem Pelletsilo

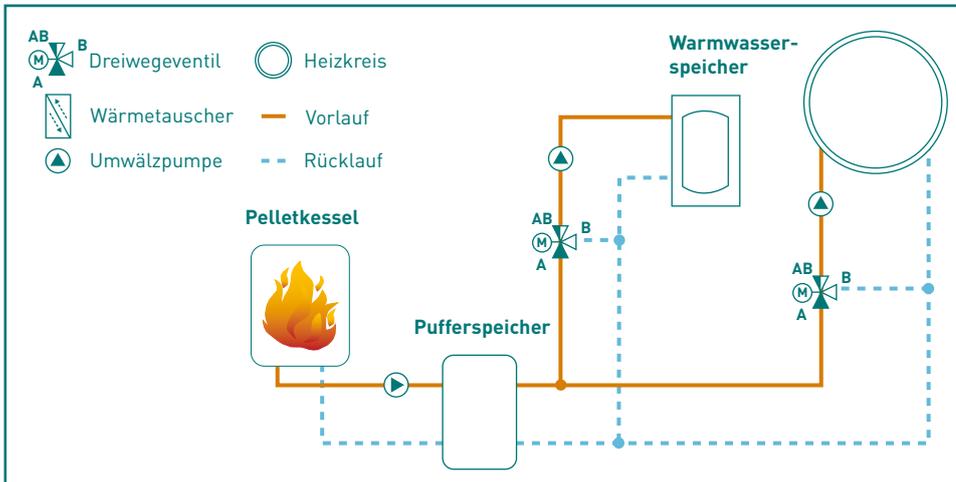
→ Wärmerezeuger

Steckbrief

Pelletkessel

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
 monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★

Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C

↓ Vorlauf
↑ Rücklauf

Checkliste:

- genügend Lagerfläche für Pellets?
- Platz für Speicher vorhanden?

Energieträger	Holzpellets		
Varianten	mit halb- oder vollautomatischer Beschickung (selten als Brennwert-Pelletkessel)		
Nutzungsgrad	bis 95 %		
Primärenergiefaktor f_p	Pellets: 0,2 (nicht erneuerbarer Anteil, verursacht durch Herstellung und Transport)		
Spez. Heizkosten	Holzpellets: 8 ct/kWh (Stand Juni 2023, Preis variiert je nach Abnahmemenge)		
Trinkwassererwärmung (TWE)	direkt/indirekt		
Speicher	Pufferspeicher laut 1. BImSchV bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Einzelraumfeuerstätten) nötig, verbessert den Jahresnutzungsgrad		
Platzbedarf	Kessel: 1–2 m ²	Speicher: 1–2 m ²	Brennstofflagerung: 5–10 m ² (für EFH)
Besonderheiten	Schornstein nötig		
Lebensdauer der Anlage	15 Jahre (theoretische Nutzungsdauer gemäß VDI 2067 Blatt 1)		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - variable, regenerative Brennstoffnutzung - Brennstoffe kostengünstig - automatische Brennstoffzufuhr möglich 		
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Wartungsaufwand (Entleerung und Reinigung der Aschekammer) - hoher Platzbedarf zur Lagerung der Festbrennstoffe - nur im Volllastbetrieb am effizientesten 		
Wärmeübergabesystem	<ul style="list-style-type: none"> - Heizkörper - Niedertemperatur-Flächenheizungen 		
Kombinierbar mit	Brennwertkessel (Gas/Öl), Kaminöfen, Solarthermie, Photovoltaik		

4.2.3 Hackschnitzelkessel

Unter Holzhack- oder Hackschnitzeln werden gehäckselte Holzstücke mit und ohne Rinde verstanden. Sie werden zum **Großteil aus Waldrestholz** hergestellt, das sich in der Holzindustrie stofflich nicht verwerten lässt. In Frage kommen aber auch Sägereistholz oder Industrierestholz, sowie Hackgut aus sogenannten Kurzumtriebsplantagen, in denen schnellwachsende Baumarten angebaut werden. Dabei beträgt die Energie, die zur Herstellung der Hackschnitzel aufgewendet werden muss, nur 0,2–0,6 % der Energiemenge, die im Holz enthalten ist [2]. Beachtet werden muss, dass die Größe, Form und der Rindenanteil bei Hackschnitzeln erheblich variiert, was die Störanfälligkeit der Anlagen erhöht. Erhältlich sind Hackschnitzel in verschiedenen Wassergehaltsklassen und Feinanteilen. **Holz-hackschnitzelqualität** und Feuerungstechnik müssen genau aufeinander abgestimmt sein und die Anlagen regelmäßig kontrolliert werden. In der Regel sind die Kessel auf einen bestimmten Feuchtebereich der Hackschnitzel ausgelegt. Klassifiziert werden Hackschnitzel nach der DIN EN ISO 17225-Teil 4.

TIPP! Qualitätsmerkmale von Hackschnitzeln

- möglichst niedriger Wassergehalt
- möglichst einheitliche Größe
- geringer Staubanteil
- wenig Grünanteil (Blätter, Nadeln) und Verunreinigung (z. B. in Form von Sand, Steinchen, ...)
- geringer Rindenanteil
- geringe Zerfaserung

Der Rindenanteil der Hackschnitzel beeinflusst maßgeblich den Aschegehalt und damit die Häufigkeit, mit der die Leerung des Aschekastens erfolgen muss. Größere Anlagen können auch über eine automatische Ascheaustragung verfügen. Mit höherem Aschegehalt steigen auch die Schadstoffemissionen und die **Gefahr von Verschlackungen** in der Brennkammer. Es ist zu prüfen, ob die Grenzwerte für Schadstoffemissionen eingehalten werden oder der Einbau eines Moduls zur Rauchgasreinigung erforderlich ist. Meistens sind die Kessel so ausgelegt, dass sie neben Hackschnitzeln auch Pellets verbrennen können.



Abbildung 14: Hackschnitzel

Funktionsweise

Ähnlich wie bei Pelletheizungen werden die Hackschnitzel mittels voll- oder halbautomatischer Zuführeinrichtungen je nach Wärmebedarf in die Brennkammer eingebracht. Die Zuführeinrichtungen können z. B. aus Rührrädern oder Schubböden mit anschließenden Schneckenförderern bestehen. In der Brennkammer kommt es zu einer automatischen Zündung. Unter ebenfalls automatisch geregelter Luftzufuhr findet der eigentliche Verbrennungsvorgang statt. Zur Verhinderung einer möglichen Ausbreitung des Feuers bis in das Brennstofflager verfügen Hackschnitzelkessel über verschiedene Sicherheitseinrichtungen, wie Absperrschieber. In der Regel ist bei Hackschnitzelkesseln ein Pufferspeicher in den Heizkreis integriert, der warmes Wasser zwischenspeichert, da die möglichst vollständige Verbrennung der Hackschnitzel nur im Volllastbetrieb möglich ist, bzw. eine Modulation sehr verzögert wirkt.

Lagerung

Die Schüttdichte von Hackschnitzeln ist geringer als bei gepressten Pellets, weshalb der Lagerraum für einen Jahresvorrat etwa die zwei- bis dreifache Größe eines Pellettspeichers betragen muss. Als grobe Faustregel für das Gewicht handelsüblicher Hackschnitzel gelten 250 kg pro Schüttraummeter [2]. Der Lagerort sollte möglichst trocken und luftig sein. Der hohe Wassergehalt in frischen Hackschnitzeln macht das Brenngut anfällig für Fäule und Schimmel. Außerdem besteht die Gefahr der Selbstentzündung.

Bei der Lagerung von Holzhackschnitzeln sollte zudem auf eine **ausreichende Belüftung** des Lagers geachtet werden, um Kohlenmonoxid-Vergiftungen vorzubeugen.

→ Wärmerezeuger

Definition: Verschlackung

In der Feuerungstechnik wird mit „Schlacke“ Asche bezeichnet, die so stark erhitzt wurde, dass sie beginnt zu schmelzen. Die vorher pulverige Asche wird dann teigig bis (zäh-)flüssig.

Kühlt sie ab, erstarrt sie zu einer festen, oftmals porösen, gesteinsartigen Masse. Häufig bäckt sie an Brennkammer-Innenwänden, Feuerungsrosten oder anderen Bauteilen an und kann erhebliche Effizienzverluste und Störungen in der Feuerung verursachen.

Kosten

Hackschnitzelheizungen sind besonders bei Agrarbetrieben und in der Industrie verbreitet. Im Wohngebäudebereich eignen sie sich besonders für Mehrfamilienhäuser oder kleine Wohnsiedlungen (über ein Nahwärmenetz). Auch private Waldbesitzer sollten diese Möglichkeit prüfen. Die Investitionskosten liegen meist deutlich über denen für Gas-, Öl- oder Pellettheizkessel, die Brennstoffkosten lagen dagegen in den letzten Jahren deutlich unterhalb von Öl, Gas oder Pellets, wie Abbildung 16 verdeutlicht.

Zu beachten ist, dass die Preise regional und saisonal stark schwanken. Außerdem bestimmen die Wassergehaltsklasse und weitere Qualitätsmerkmale, wie der Staubanteil den Preis. Allgemein gilt: Je höher der Heizwert der Hackschnitzel, umso teurer sind sie.

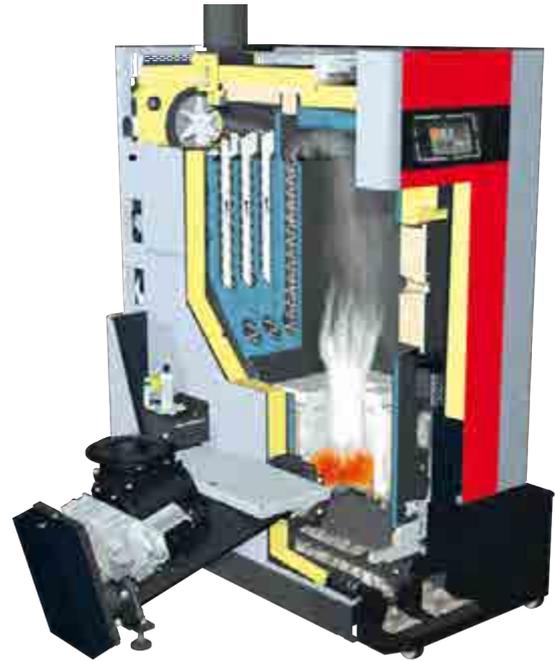


Abbildung 15: Aufbau eines Hackschnitzelkessels

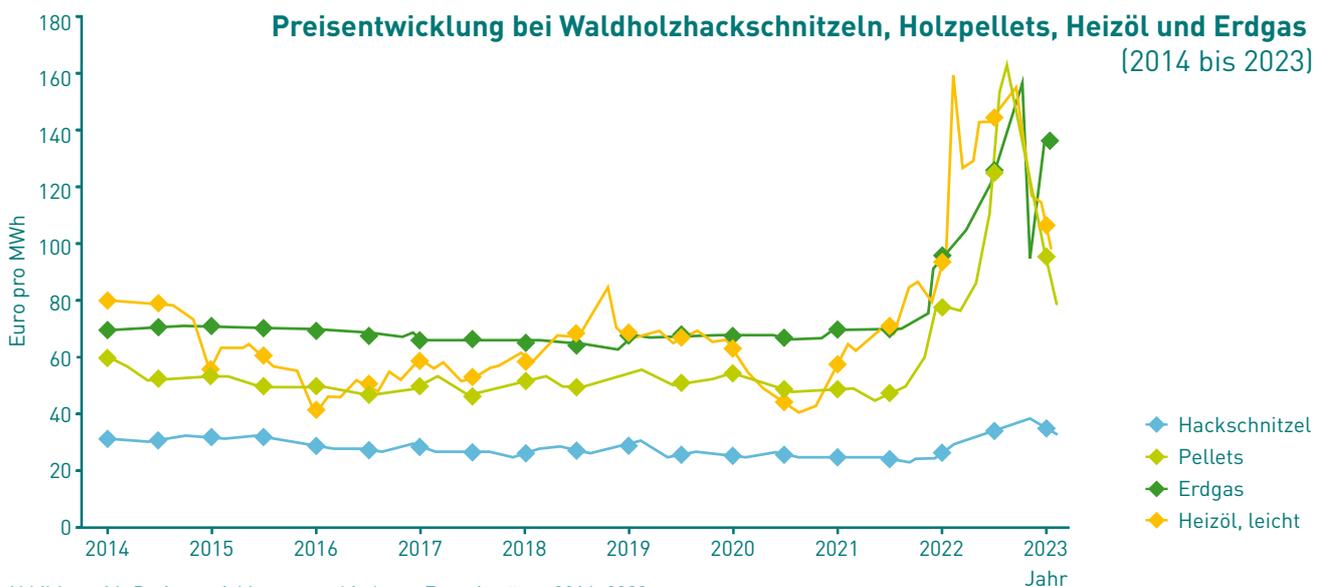


Abbildung 16: Preisentwicklung verschiedener Energieträger 2014–2023

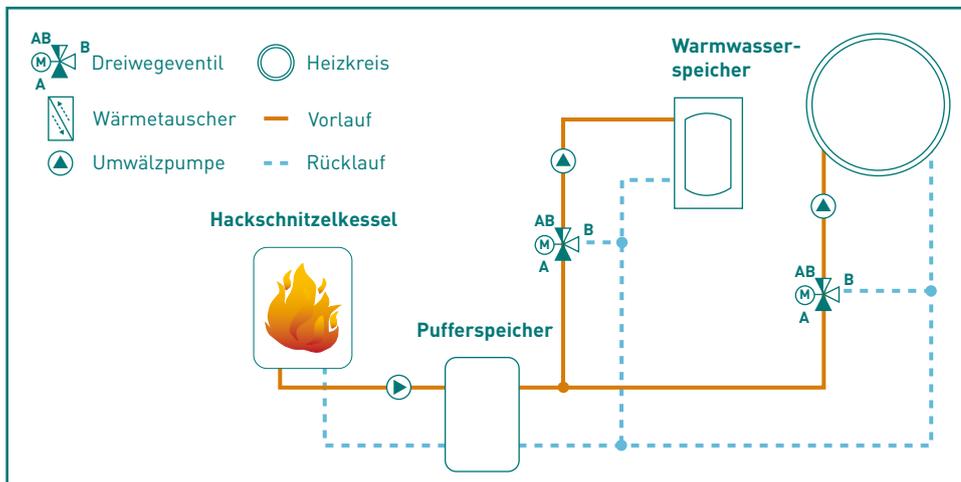
Quelle: Heizöl- und Erdgaspreise: Statistisches Bundesamt, Daten zur Energiepreisentwicklung, lange Reihe, inkl. MwSt; Pellet- und Waldhackschnitzelpreise: C.A.R.M.E.N. e. V. (Stand: Juni 2023)
 Hackschnitzel: Wassergehalt 20 %
 Pellets: Lieferung im Umkreis von 50 km (alles inklusive), bei Abnahme von ca. 5 Tonnen

Hackschnitzel- kessel

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich

Steckbrief



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C			
		↓ Vorlauf	↓
		↑ Rücklauf	↑

Checkliste:

- genügend Lagerfläche für Hackschnitzel?
- Platz für Speicher vorhanden?

Energieträger	Hackschnitzel		
Varianten	mit halb- oder vollautomatischer Beschickung		
Nutzungsgrad	bis 95 %		
Primärenergiefaktor f_p	0,2 (nicht erneuerbarer Anteil, verursacht durch Herstellung und Transport)		
Spez. Heizkosten	Hackschnitzel: 3,5–4 ct/kWh (Stand Juni 2023, Preis variiert je nach Abnahmemenge)		
Trinkwassererwärmung (TWE)	direkt/indirekt		
Speicher	Pufferspeicher laut 1. BImSchV bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Einzelraumfeuerstätten) nötig, verbessert den Jahresnutzungsgrad		
Platzbedarf	Kessel: 1–2 m ²	Speicher: 1–2 m ²	Brennstofflagerung: 7–12 m ² (für EFH)
Besonderheiten	Schornstein nötig		
Lebensdauer der Anlage	15 Jahre (theoretische Nutzungsdauer gemäß VDI 2067 Blatt 1)		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - variable, regenerative Brennstoffnutzung - Brennstoff sehr kostengünstig - automatische Brennstoffzufuhr möglich 		
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Wartungsaufwand (Entleerung und Reinigung der Aschekammer) - hoher Platzbedarf zur Lagerung der Festbrennstoffe - Volllastbetrieb ist am effizientesten 		
Wärmeübergabesystem	<ul style="list-style-type: none"> - Heizkörper - Niedertemperatur-Flächenheizungen 		
Kombinierbar mit	Brennwertkessel (Gas/Öl), Kaminöfen, Solarthermie, Photovoltaik		

4.2.4 Kaminofen

Die Begriffe „Kamin“ und „Kaminofen“ werden umgangssprachlich oft gleichbedeutend verwendet, genau genommen können sie aber hinsichtlich ihrer Bau- und Funktionsweise unterschieden werden. Unter einem Kamin wird in der Regel ein in das Gebäude integriertes oder eigenständiges Bauwerk verstanden, das sich nicht einfach „umrücken“ lässt und in dem das Feuer offen, also ungeschützt zum Aufstellraum hin brennt.



Abbildung 17: Offener Kamin

Ein Kaminofen ist dagegen ein Ofen, bei dem das Feuer durch eine feuerfeste Sichtglasscheibe aus Glaskeramik vom Aufstellraum getrennt ist. Daher auch oft die Bezeichnung „geschlossener Kamin“.

Die in der 1. BImSchV festgelegten Grenzwerte für Schadstoffemissionen unterbinden den Neubau von offenen Kaminen in Wohngebäuden fast vollständig.

Ein sogenannter „Heizeinsatz“ bietet die Möglichkeit, einen offenen Kamin in einen geschlossenen Kamin umzurüsten. Dabei handelt es sich um eine geschlossene Kassette, bei der die Brennkammer mit einer wärmespeichernden Verkleidung und einem Sichtfenster/einer Sichtglastür umschlossen ist. Anschlüsse für die Verbrennungsluft- und Abgasführung sind ebenfalls vorgesehen.

Generell sind die meisten Kaminöfen dafür gedacht, **direkt im Wohnraum** (z. B. im Wohnzimmer) aufgestellt zu werden und durch ihren hohen Anteil an Strahlungswärme und die direkte Blickbeziehung zum Feuer die Behaglichkeit im Wohnraum zu erhöhen. Zumeist sind sie als Zusatzheizung zur individuellen zeitlichen Nutzung an besonders kalten Tagen geplant.

In der Ausführung kann in wasserführende und nicht **wasserführende Kaminöfen** unterschieden werden. Ein wasserführender Kamin ist über eine sogenannte Wassertasche an das zentrale Heizsystem angeschlossen. Bei der Wassertasche handelt es sich um einen integrierten Wärmetauscher (auch „Wärmeübertrager“ genannt), der im Betrieb vom Heizungswasser durchflossen wird und einen Teil der bei der Verbrennung frei werdenden Wärme an das Heizungswasser bzw. einen Pufferspeicher überträgt. So wird auch eine Überhitzung des Raumes verhindert bzw. verzögert. Ein **nicht wasserführender Kamin** gibt die bei der Verbrennung freiwerdende Wärme direkt an den Raum und gegebenenfalls an den (teilweise sehr massiv ausgeführten) Speichermantel (z. B. Schamottsteine) ab.

In sehr gut wärmegeprägten Neubauten mit geringem Wärmebedarf (z. B. KfW-Effizienzhaus 55 und besser) sind Kaminöfen auch als alleiniges Heizsystem möglich. Automatisch beschickte wasserführende Pellet-Kaminöfen können somit auch als zentrales Heizsystem fungieren.



Abbildung 18: Wasserführender Kaminofen

Immissionsschutz

Die 1. BImSchV enthält Grenzwerte für die Staub- und Kohlenmonoxidemissionen für neue und bestehende kleine und mittlere Feuerungsanlagen. Für den Weiterbetrieb bestehender Einzelraumfeuerungsanlagen (Kaminöfen) gelten gewisse Grenzwerte und Austausch- bzw. Nachrüstpflichten in Abhängigkeit des Herstellungsdatums.

Brenngut

Am weitesten verbreitet sind Kamine, die mit Holzscheiten oder Holzbriketts gefeuert werden, erhältlich sind aber auch Pelletkaminöfen mit automatischer Beschickung oder Gaskamine. Bei Gaskaminen wird die Sauerstoffzufuhr so dosiert, dass die Gasflammen, die häufig um hitzebeständige Holzscheitimitate lodern, die charakteristischen Farben eines Holzbrandes annehmen. Scheitholz und Briketts müssen während des Betriebs manuell in bestimmten Zeitabständen nachgelegt werden.



Abbildung 19: Hartholzbriketts

Abgasführung

Ein Kamin benötigt immer eine Abgasführung, die dafür sorgt, dass die Verbrennungsgase ins Freie geleitet werden. Schornsteine in traditioneller Bauweise werden vermehrt durch Abgasleitungen abgelöst. Diese kann – wenn benötigt – mit der Zuluftführung kombiniert werden. Für den Verbrennungsvorgang benötigt ein Kamin Sauerstoff. Dieser kann entweder der Luft des Aufstellraumes oder der Außenluft entnommen werden. Dementsprechend kann in **raumluftabhängige und raumluftunabhängige Kaminöfen** unterschieden werden.

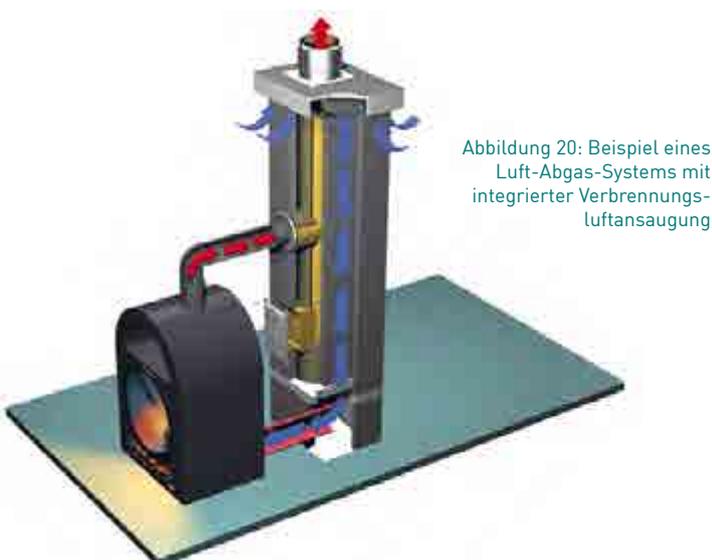


Abbildung 20: Beispiel eines Luft-Abgas-Systems mit integrierter Verbrennungsluftansaugung

TIPP! Richtige Lagerung von Scheitholz

Erntefrisches Holz enthält 50 bis 60 % Wasser, sodass damit eine saubere Verbrennung nicht möglich ist bzw. hohe Schadstoffemissionen die Folge sind. Brennholz darf nur mit einem Wassergehalt von höchstens 20 % (max. Holzfeuchte von 25 % nach 1. BImSchV) verheizt werden. Das entspricht, je nach Lagerstandort, einer Austrocknungszeit von circa ein bis zwei Jahren.

Freilufttrocknung

Brennholz sollte nicht in geschlossenen Räumen getrocknet werden, sondern im Freien. Die Lagerung zur Austrocknung sollte möglichst sonnig, mit ausreichendem Schutz vor Regen und aufsteigender Bodenfeuchtigkeit sein. Die Trocknungszeit lässt sich verkürzen, wenn eine luftige Lagerung mit Querhölzern und von kurzen, gespaltenen Scheithölzern erfolgt.

Weitere Informationen erhalten Sie in der Broschüre „Heizen mit Holz in Kaminöfen“ des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft.

Bei raumluftabhängigen Systemen besteht die Gefahr, dass der Sauerstoffgehalt im Aufstellraum stark sinkt und damit die Erstickungsgefahr steigt. Auch bei der Kombination mit Lüftungsanlagen muss darauf geachtet werden, dass keine giftigen Abgase durch den erzeugten Unterdruck der Lüftungsanlage in den Raum gelangen. Die gängigere Praxis sind inzwischen raumluftunabhängige Kaminöfen mit einem speziellen Außenluftanschluss.

Bei einem **Luft-Abgas-System (LAS)** wird die (kühle) Zuluft in einer getrennten Leitung an den (warmen) Abgasen vorbeigeführt und kann so von den Abgasen vorgewärmt werden. Technisch sind verschiedene Varianten möglich, von einschalig bis dreischalig, konzentrischen oder nebeneinanderliegenden Rohren. Auch bestehende Schornsteine können bei Sanierungsmaßnahmen oftmals in ein Luft-Abgas-System einbezogen werden.

TIPP! Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsanlagen/ Dunstabzugshauben und Feuerstätten

Informationen zum gemeinsamen Betrieb von Lüftungsanlagen/Dunstabzugshauben und Feuerstätten finden Sie in der SAENA-Broschüre „Wohnungslüftung“.

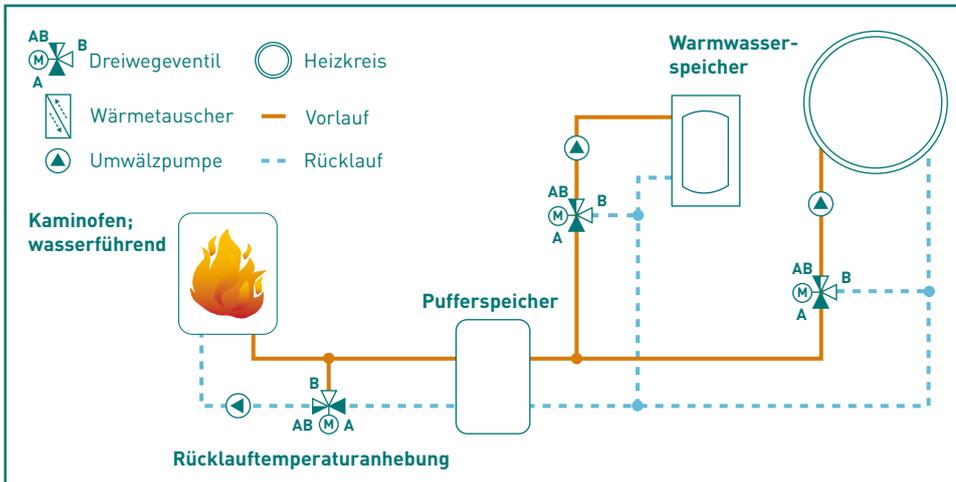
→ Wärmeezeuger

Steckbrief

Kaminofen (Holzfeuerung)

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
 monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> ↑ Rücklauf ↓ Vorlauf </div>			

Checkliste:

- Lagerung der Holzsplitte/Briketts möglich?
- Schornstein vorhanden/möglich?
- Verbrennungsluftzufuhr von außen möglich?

Energieträger	feste Biomasse (Stückholz, Holzbriketts, Pellets)	
Varianten	mit oder ohne Wärmetauscher („Wassertasche“)	
Nutzungsgrad	bei wasserführenden Kaminen höher (bis zu 95 %)	
Primärenergiefaktor f_p	Brennholz, Briketts, Pellets: 0,2	
Spez. Heizkosten	Mischholz: 9 ct/kWh; Briketts: 8 ct/kWh (Stand Juni 2023); Pellets: Holzpellets: 8 ct/kWh (Stand Dez. 2019, Preis variiert je nach Abnahmemenge)	
Trinkwassererwärmung (TWE)	zur Unterstützung in Kombination mit Speicher	
Speicher	Wasserspeicher möglich und sinnvoll	
Platzbedarf	Kamin: 1 m ²	Brennstofflager: je nach Nutzung mehrere m ²
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> - kann in den Wohnraum (z. B. Wohnzimmer) integriert werden - Reinigung der Bauteile sollte mit wenig Aufwand und Staubbelastung im Wohnraum durchführbar sein 	
Lebensdauer der Anlage	15 Jahre	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - sehr behaglich + individuelle zeitliche Nutzung möglich - mit Wassertasche: Einbindung in das zentrale Heizsystem möglich - ohne Wassertasche: Wärmeezeugung auch bei Stromausfall möglich 	
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Wartungsaufwand (z. B. Reinigung der Brennkammer) - Scheite oder Briketts müssen manuell nachgelegt werden - höhere Investitionskosten für wasserführende Kamine 	
Wärmeübergabesystem	Wärmestrahlung vom Kamin an den Raum (Kaminwände können hier auch als kurzzeitiger Speicher dienen), Flächenheizungen (besonders Wand- und Fußbodenheizung)	
Kombinierbar mit	Brennwertkessel (Gas/Öl), Wärmepumpe, Solarthermie, Photovoltaik	

4.3 Mikro-KWK

In zentralen Heizkraftwerken, die vor allem große Ballungszentren mit elektrischer Energie und Fernwärme versorgen, sind schon seit vielen Jahren Kraft-Wärme-Kopplung-Anlagen im Einsatz. Als Technologien kommen im größeren Leistungsbereich konventionell vor allem:

- Gasturbinen
- Dampfturbinen
- Gas- und Dampfturbinen
- Verbrennungsmotoren

in Frage. Sie werden hauptsächlich mit Stein- oder Braunkohle, Erdgas oder Heizöl betrieben. In Betracht kommt aber z. B. auch die Verbrennung von Klärgas, Holz oder Müll. Seit der Jahrtausendwende werden neben den großen Heizkraftwerken zunehmend sogenannte Mini-, Mikro- oder sogar Nano-KWKs eingesetzt. Diese Anlagen in einem Leistungsbereich von wenigen Kilowatt thermisch und elektrisch kommen vor allem in öffentlichen Einrichtungen, Gewerbe- und Industriebetrieben, aber auch in Wohngebäuden vor. Je näher eine KWK-Anlage am Verbraucher ist, desto geringer werden die Übertragungsverluste – und der Bau großer Wärmenetze entfällt. Kleinere, vorzugsweise dezentrale KWK-Anlagen werden auch als BHKW (Blockheizkraftwerke) oder Mini-BHKW bezeichnet. Besonderheit der kleinen Kraftwerke ist, dass sie für einen effizienten Betrieb möglichst lange Laufzeiten benötigen und der überwiegende Teil der erzeugten elektrischen Energie direkt verbraucht werden sollte. Idealerweise läuft ein Mini-BHKW ohne Unterbrechung und erwärmt das Wasser eines Pufferspeichers. Geeignet sind daher Gebäude mit einem sowohl thermischen als auch elektrischen Grundlastbedarf, welcher der Leistung des BHKW entsprechen sollte. Eine allgemein gültige definierte Einteilung für die Leistungsbereiche von KWKs gibt es nicht, können aber an folgenden elektrischen Leistungszahlen unterschieden werden:

- Mini-KWK: 15–50 kW_{el}
- Mikro-KWK: <15 kW_{el}
- Nano-KWK: <2,5 kW_{el}

Für den Bereich der Mikro und Nano-KWKs wurde in den letzten Jahren verstärkt an innovativen Antriebstechnologien geforscht, und zwar an:

- Stirlingmotoren
- Dampfexpansionsmaschinen
- Brennstoffzellen

Anlagen mit Stirlingmotor oder Dampfexpansionsmaschine konnten sich aktuell noch nicht durchsetzen. Brennstoffzellen-Heizgeräte zur gleichzeitigen Strom- und Wärmebereitstellung für den Wohngebäudesektor sind auf dem Markt erhältlich aber sehr kostenintensiv.

Definition: Kraft-Wärme-Kopplung

Wie der Begriff beschreibt, spielen bei der Kraft-Wärme-Kopplung mechanische Energie („Kraft“) und thermische Energie („Wärme“) eine Rolle. Gemeint ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie, die in der Regel allerdings via Generator direkt in elektrische Energie umgewandelt wird und von Wärme, die zu Heizzwecken oder als Prozesswärme abgeführt werden kann. Im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme kann in dem gemeinsamen thermodynamischen Kreisprozess bis zu einem Drittel der Primärenergie eingespart werden. Zwar sinkt der Wirkungsgrad der Erzeugung elektrischer Energie leicht ab, es können aber Gesamtnutzungsgrade von bis zu 90 % erreicht werden.

Primärenergieeinsatz bei getrennter Erzeugung von Elektroenergie und Wärme

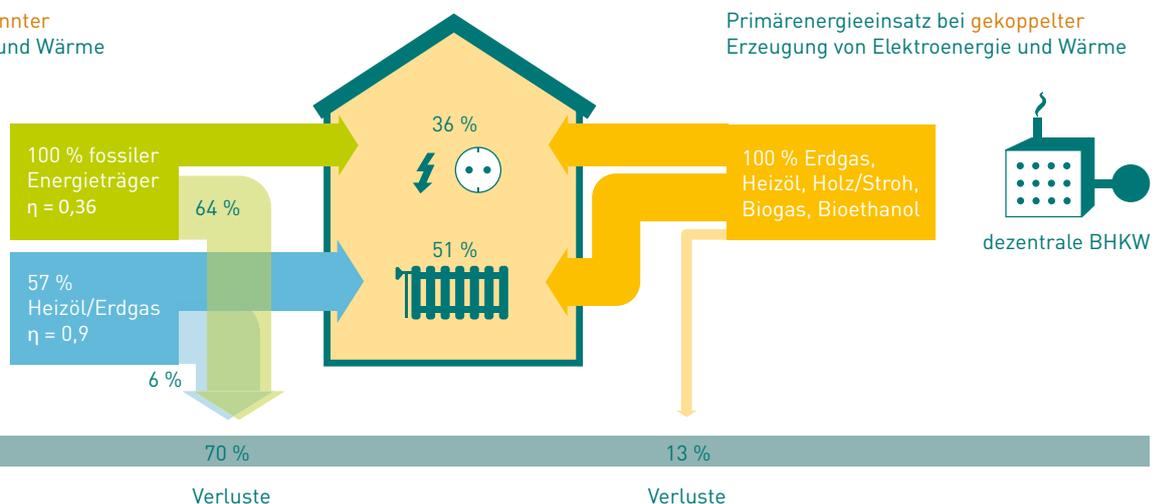


Abbildung 21: Bilanzvergleich einer KWK-Anlage und einer konventionellen getrennten Erzeugung von Strom und Wärme

4.3.1 Brennstoffzellenheizung

„Kalte Verbrennung“ – mit diesem scheinbaren Widerspruch wird das Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle gern beschrieben, die **Umkehrreaktion der Elektrolyse**. Während bei der Elektrolyse – einem gern gezeigten Schulexperiment – Wasser in seine chemischen Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wird, reagieren in einer Brennstoffzelle Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser bei gleichzeitiger Abgabe von Wärme und Elektrizität. Deshalb wird die Brennstoffzellenheizung zur **Kraft-Wärme-Kopplung** gezählt.

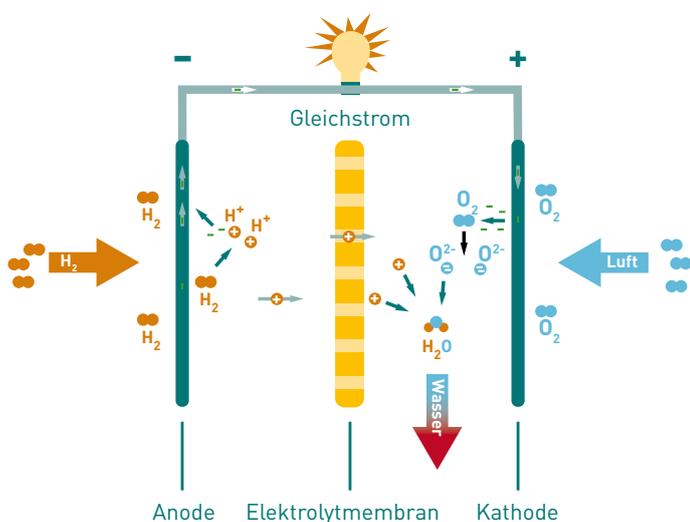


Abbildung 22: Funktionsprinzip der Brennstoffzelle

Funktionsweise

Der prinzipielle Aufbau einer Brennstoffzelle ist in Abbildung 22 dargestellt. Sie besteht aus zwei Elektroden, der Anode (Pluspol) und der Kathode (Minuspol). Diese sind durch ein Elektrolyt, welches für Protonen durchlässig ist, getrennt. Die Elektroden sind mit einem Katalysator beschichtet. Wird der Anode kontinuierlich Wasserstoff zugeführt, wird dieser in Elektronen (e^-) und Protonen (H^+) zerlegt. Die Protonen können durch die Elektrolyt-Membran zur Kathode gelangen, die Elektronen jedoch nicht. Dabei entsteht eine elektrische Spannung. Da beide Elektroden durch einen äußeren Stromkreis miteinander verbunden sind, kann durch einen angeschlossenen Verbraucher ein elektrischer (Gleich-)Strom fließen. Ein Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um, der in das Stromnetz eingespeist werden kann. Um eine nutzbare Spannung zu erhalten, werden viele einzelne Brennstoffzellen zu einem Stapel („Stack“) aufgebaut und in Reihe geschaltet. Dabei addieren sich die Spannungen.

An der Kathode reagieren die Elektronen und Wasserstoffionen mit zugeführtem Sauerstoff (aus der Umgebungsluft) zu reinem Wasser. Diese elektrochemische Reaktion verläuft exotherm, das heißt, es wird Wärme freigesetzt, die durch einen Wärmeaustauscher dem Heizungswasser zugeführt werden kann.

Für den Wohngebäudesektor sind auf dem Markt hauptsächlich zwei Varianten erhältlich, die nach Höhe der Prozesstemperatur und nach Art des Elektrolyts unterteilt werden können: Die **PEM-Brennstoffzelle („Proton Exchange Membrane“)** ist eine Niedertemperatur-Brennstoffzelle, die mit Zellstapeltemperaturen von 50–180 °C arbeitet. Zu den Hochtemperatur-Brennstoffzellen gehören z. B. die **SOFC („Solid Oxide Fuel Cells“)** mit keramischen Zellen, die in einem Temperaturbereich von 650–1.000 °C arbeiten.



Abbildung 23: Aufbau einer Brennstoffzellenheizung mit Brennstoffzelle, Gas-Brennwertgerät und Trinkwarmwasserspeicher in einem Gerät

Energieträger

Von Vorteil ist, dass Wasserstoff (H_2) ein geruchloses und ungiftiges Gas ist. Es kommt allerdings nicht in Reinform auf der Erde vor. Deshalb kommen als Energieträger wasserstoffhaltige Gase zum Einsatz, hauptsächlich Erdgas. Erdgas besteht zum Großteil aus Methan (CH_4), einer sehr wasserstoffreichen Verbindung. In einer Brennstoffzellenheizung befinden sich der Brennstoffzelle vorgelagert Anlagen zur Gasreinigung und Gasreformierung, die Wasserstoff extrahieren. Auch hier kann schon Abwärme für den Heizkreis abgeführt werden. Damit lässt sich eine Brennstoffzellenheizung an häufig schon vorhandene Gasanschlüsse anbinden. Während Hochtemperatur-Brennstoffzellen auch mit unreinem Wasserstoff oder sogar direkt (mit entschwefeltem) Erdgas betrieben werden können, sind Niedertemperatur-Brennstoffzellen empfindlicher gegenüber Kohlenmonoxid, was vorgelagerte Gasreinigungsprozesse dringend nötig macht.

Betrieb

Für einen effizienten und wirtschaftlichen Einsatz sollte eine Brennstoffzelle möglichst kontinuierlich betrieben werden. In der Regel beinhalten Brennstoffzellenheizgeräte einen Spitzenlastkessel in Form einer kleinen Gasbrennwerttherme zur Abdeckung der Wärmebedarfsspitzen oder lassen sich mit dem bestehenden Gasbrennwertkessel kombinieren. Außerdem sind ein Pufferspeicher für die Bevorratung von Heizwasser und ein Trinkwarmwasserspeicher sinnvoll.

Im Vergleich zur Energieversorgung mit anderen Erdgasheizungen und Strombezug aus dem Netz besitzt eine Brennstoffzellenheizung durch die gleichzeitige Bereitstellung von Strom und Wärme einen höheren Gesamtwirkungsgrad und damit geringere CO₂-Emissionen, liegt aber in den Anschaffungskosten deutlich darüber.

Im Vergleich zu anderen KWK-Anlagen besitzen Brennstoffzellenheizungen i. d. R. eine höhere Stromkennzahl, d. h. das Verhältnis von Strom zu Wärme ist größer.

Grundsätzlich gilt für die Auslegung: Die elektrische und die Wärmegrundlast des Gebäudes sollten innerhalb der Betriebszeit möglichst der Leistung der Brennstoffzelle entsprechen. Geräte für den Gebrauch in Einfamilienhäusern haben eine elektrische Leistung zwischen 0,3–1,5 kW. Am wirtschaftlichsten ist es, wenn möglichst viel des erzeugten Stromes selbst genutzt werden kann – hier lohnt es sich, über eine Kopplung mit einem Akku, z. B. dem eines Elektroautos, nachzudenken. Für den eingespeisten Strom gibt es ähnlich wie bei Photovoltaikanlagen unter bestimmten Voraussetzungen eine Einspeisevergütung.



Abbildung 24: Beispiel Brennstoffzellenheizung (multivalent)

Einordnung

Die Brennstoffzelle an sich wurde schon im 19. Jahrhundert entwickelt, die Forschung ruhte aber zeitweise und nahm hauptsächlich in Energiekrisenzeiten erneut Fahrt auf. Die Brennstoffzellenheizgeräte sind in Deutschland erst seit wenigen Jahren erhältlich.

Hohe Produktionskosten und geringe Abnahmemengen bedingen sich gegenseitig. Daraus resultieren derzeit noch hohe Anschaffungskosten. Die Wartungsarbeiten können nur von Fachpersonal durchgeführt werden, oft gibt es die Geräte vom Hersteller inklusive eines Wartungsvertrages.

Den größten Markt für Brennstoffzellenheizgeräte gibt es zurzeit, auch aufgrund hoher Förderung, in Japan.

Der Brennstoffzellenheizung wird im Zuge der Energiewende ein Platz als Brückentechnologie eingeräumt, der aus ihrem Potential zur Reduktion des Erdgasbedarfes und damit des Schadstoffausstoßes resultiert. Steigt die Anzahl der Power-to-Gas-Anlagen, bei denen via Elektrolyse mittels erneuerbarem Strom Wasserstoff aus Wasser abgespalten wird (Stichwort „grüner Wasserstoff“), könnten Brennstoffzellen auch zunehmend zu den nichtfossilen Technologien gehören. Hier bereitet die geringe volumenbezogene Energiedichte von Wasserstoff Probleme: Wasserstoff wird in der Regel unter hohem Druck (bei 700–800 bar) oder in flüssiger Form (bei ca. -253 °C) gespeichert und transportiert, was einen hohen Energie- und Materialaufwand mit sich bringt. Geforscht wird daher verstärkt an der Möglichkeit, Wasserstoff an ein Trägeratom oder -molekül für Transport und Speicherung an- und wieder auszubinden.



Abbildung 25: Beispiel Brennstoffzellenheizung (multivalent)

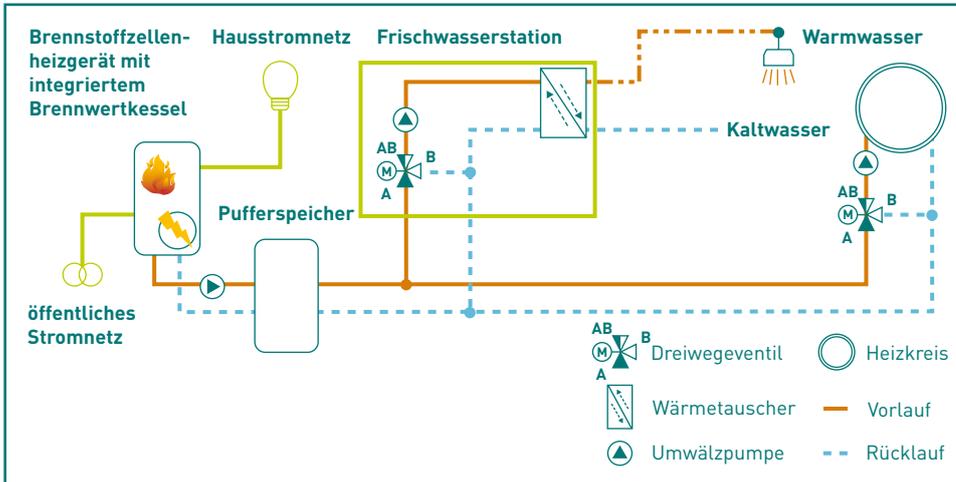
→ Wärmerezeuger

Steckbrief

Brennstoffzellen- heizung

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
 monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★ ★ ☆ ☆ ☆	★ ★ ★ ★ ☆	★ ★ ★ ★ ☆	★ ★ ☆ ☆ ☆
Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C			
↓ Vorlauf ↓ ↑ Rücklauf ↑			

Checkliste:

- Gasanschluss vorhanden?
- Pufferspeicher vorhanden/möglich?

Energieträger	Wasserstoff, gewonnen aus Erdgas		
Varianten	- Niedertemperatur-Brennstoffzelle (NT-BZ)/Hochtemperatur-Brennstoffzelle (HT-BZ) - unterschiedliche Elektrolytmaterialien		
Nutzungsgrad	- NT-BZ: 30-40 % Stromerzeugung, 50-55 % Wärmerezeugung - HT-BZ: 60-62 % Stromerzeugung, 25 % Wärmerezeugung - Gesamtwirkungsgrad bis zu 92 %		
Primärenergiefaktor f_p	Erdgas: 1,1		
Spez. Heizkosten	Erdgas: 10 ct/kWh (Stand Juni 2023)		
Trinkwassererwärmung (TWE)	direkt/indirekt		
Speicher	Pufferspeicher, meist im Gesamtpaket enthalten		
Platzbedarf (bis ca. 1 kWel. Erzeugerleistung)	Heizung: 2 m ²	Speicher: 1-2 m ²	Erdgasanschluss oder Flüssiggastank
Besonderheiten	- oftmals Wartungsverträge über z. B. 10 Jahre - zur Abdeckung der Strom- und Wärmegrundlast gedacht		
Lebensdauer der Anlage	ca. 10 Jahre		
Vorteile	gemeinsame Strom- und Wärmerezeugung, dadurch sehr effizient und geringe Emissionen		
Nachteile	- sehr hohe Anschaffungskosten (da noch neue Technologie), - spezielle Wartungsarbeiten durch Fachmann nötig		
Wärmeübergabesystem	- Heizkörper - Niedertemperatur-Flächenheizungen		
Kombinierbar mit	Spitzenlastkessel (Erdgas, teilweise schon integriert), Photovoltaik, Solarthermie, Kamin		

4.4 Wärmepumpen

Eine weitere Option für die Beheizung von Gebäuden liegt in der Nutzung von „Umweltwärme“. Eine Wärmepumpe macht es möglich, thermische Energie aus einem niedrigen Temperaturniveau auf ein zu beheizendes System (hier: Raumheizung) mit höherem Temperaturniveau zu übertragen. Was nach einem physikalischen Widerspruch klingt, funktioniert wie ein „umgekehrter“ Kühlschrank, nur dass nicht die Kühlfunktion im Inneren genutzt wird, sondern die an die Umgebung abgegebene Wärme. Eine Wärmepumpe besteht dabei im Wesentlichen aus drei Bestandteilen: **der Wärmequellenanlage, der Wärmepumpe und den Heizflächen**. Entzogen wird die auf das Heizungswasser zu übertragende Wärme zumeist der **Umgebung**, konkreter:

- **der Außenluft: Luft-Wasser-Wärmepumpe**
- **dem Erdreich: Sole-Wasser-Wärmepumpe**
- **dem Grundwasser: Wasser-Wasser-Wärmepumpe**

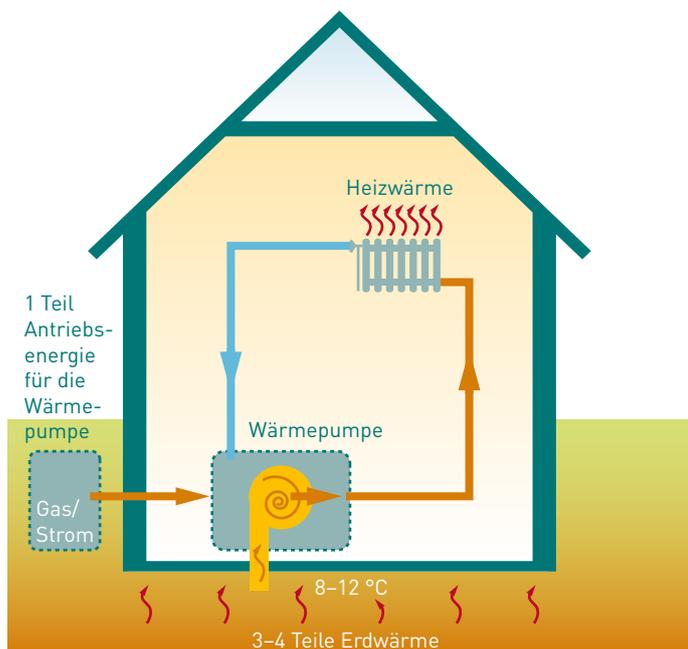


Abbildung 26: Funktionsprinzip der Wärmepumpe

Wärmequellenanlage

In der Wärmequellenanlage zirkuliert eine Flüssigkeit, z. B. Sole oder Wasser. Die Definition für den Begriff „Sole“ finden Sie auf Seite 33. Eine Ausnahme bilden Luft-Wasser-Wärmepumpen, bei denen ein Ventilator die Außenluft ansaugt, welcher die Wärme entzieht.

Definition: Wärmepumpe

Die Wärmepumpe selbst besteht aus den Komponenten Verdampfer, Verdichter („Kompressor“), Verflüssiger und Entspannungsventil. In der Wärmepumpe zirkuliert ein Kältemittel, das mit Hilfe der von außen zugeführten Wärme verdampft. Diese Umweltwärme liegt meist auf einem Temperaturniveau von 2–12 °C. Anschließend wird das Kältemittel mithilfe einer Antriebsenergie verdichtet. Dabei erhöht sich die Temperatur des Kältemittels. Im Verflüssiger kondensiert das heiße, unter hohem Druck stehende Kältemittel und gibt die Wärme an das Heizmedium (meist Wasser) für die Heizflächen oder einen Pufferspeicher ab. Das Entspannungsventil mindert den Druck des Kältemittels wieder, das im Anschluss (flüssig und entspannt) zum Verdampfer geführt wird, wo der thermodynamische Kreisprozess von neuem beginnt.

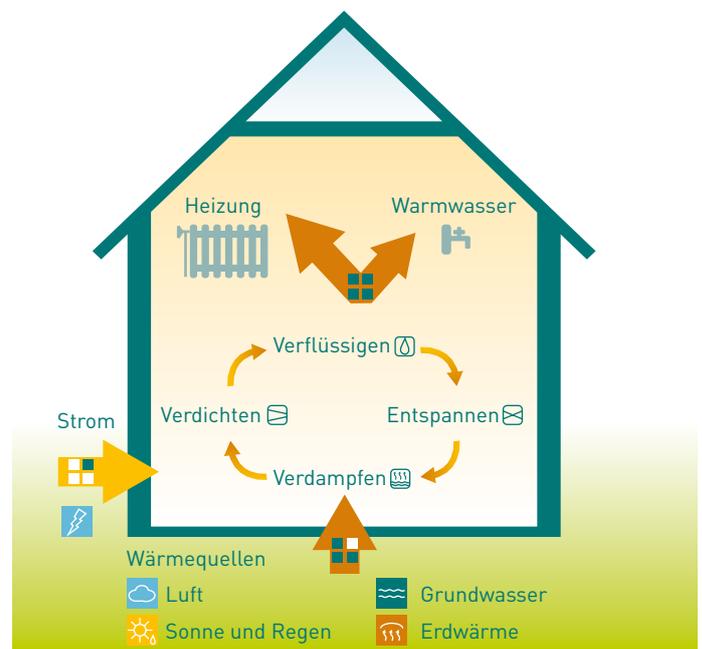


Abbildung 27: Kreislauf einer Kompressionswärmepumpe

Kältemittel

Das Kältemittel wird in den Kältekreislauf der Wärmepumpe gefüllt und ist nicht zu verwechseln mit dem Frostschutzmittel (Glykol), das in der Sole von Sole-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt wird. Es verändert im Kältekreis seinen Aggregatzustand pro Zyklus von flüssig zu gasförmig zu flüssig. Für eine Wärmepumpe in Ein- und Zweifamilienhäusern kommen meist 1–3 kg Kältemittel zum Einsatz. Ein gutes Kältemittel für Wärmepumpen sollte einen möglichst niedrigen Siedepunkt und eine hohe volu-

→ Wärmerezeuger

metrische Kälteleistung besitzen. Eine niedrige Viskosität verringert die notwendige Pumpenleistung. Die teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), die bisher verwendet werden, haben den Nachteil, dass ihr GWP (Global Warming Potential) sehr hoch ist. Das GWP gibt an, um wieviel mehr das Gas bei Austritt in die Atmosphäre den Treibhauseffekt verstärkt als Kohlenstoffdioxid (CO₂). Die **F-Gase-Verordnung der EU** regelt seit 2015 eine stufenweise Reduzierung der am Markt verfügbaren Mengen der HFKW auf nur noch 21 % im Jahr 2030 [3]. Dies soll Anreize für die Forschung an klimaschonenderen Kältemitteln setzen. Im Zuge dessen haben sich die Preise für die gängigen Kältemittel R410A und R404A um 400–700 % erhöht. Jetzt sind sie auf hohem Niveau relativ stabil. Das „R“ steht dabei für das englische Wort für „Kältemittel“ (refrigerant). Als sogenannte natürliche Kältemittel kommen bislang vor allem Ammoniak, Propan und Kohlendioxid (CO₂) in Betracht. Die meisten Kältemittel werden der Wassergefährdungsklasse 1 („schwach wassergefährdend“) zugeordnet. Ozonschädigend wie die früher verwendeten FCKW sind die Kältemittel allerdings nicht mehr.

Häufig verwendete Kältemittel	GWP
R404A	3.922
R410A	2.088
R134a	1.430
R407C	1.174
R32	675
„natürliche Kältemittel“	
R717 (Ammoniak)	0
R744 (CO ₂)	1
R290 (Propan)	3

Kenngrößen

Als Antriebsenergie nutzen Wärmepumpen zumeist Strom (**Kompressionsanlagen** mit mechanischer Verdichtung), selten auch Erdgas (**Sorptionsanlagen** mit thermischer Verdichtung). Das Verhältnis zwischen Antriebs- und Umgebungsenergie variiert je nach Ausführungsart, hier gibt die **Jahresarbeitszahl (JAZ)** Aufschluss über die Effizienz der Anlage:

Definition: Jahresarbeitszahl (JAZ)

$$JAZ = \frac{\text{über ein Jahr gewonnene Wärme in kWh/a}}{\text{über ein Jahr aufgewendete Energie in kWh/a}}$$

Sie beinhaltet damit Einflussgrößen wie die jeweilige Anlagenspezifikation und den jeweiligen Jahresverlauf der Wärmequellentemperatur. Für den Endkunden ist sie das eigentliche Maß für die Effizienz der Anlage und wird als Messlatte für Fördermittel verwendet. Unter aufgewendeter Energie wird die Antriebsenergie für den Verdichter und die benötigte Energie der Hilfsaggregate, wie Förder- und Umwälzpumpen verstanden. Es wird in eine (nach VDI 4650-1) berechnete und eine mittels Strom- und Wärmemengenzähler gemessene Jahresarbeitszahl unterschieden. Letzteres ist erst im Betrieb möglich.

Empfehlung: Achten Sie bei der Installation auf extra Strom- und Wärmemengenzähler, so kann die JAZ der eigenen Anlage ermittelt und überwacht werden.

Außerdem geben die Hersteller für jedes Gerät eine **Leistungszahl** an. Diese hilft, um die Modelle untereinander vergleichen zu können:

Definition: Leistungszahl (ε, COP)

$$COP = \frac{\text{abgegebene Heizleistung in kW}}{\text{aufgewendete elektr. Leistung in kW}}$$

Die Leistungszahl wird nach DIN EN 14511 unter Teststandardbedingungen für die einzelnen Wärmepumpenmodelle ermittelt. Häufig wird die englische Abkürzung „COP“ für „Coefficient of Performance“ verwendet, teilweise auch ein ε.

Leistungszahlen beziehen sich – damit ein Vergleich möglich wird – auf festgelegte Betriebspunkte, diese wiederum werden meist in einer Abkürzung festgehalten, wie A2/W35 oder W10/W35.

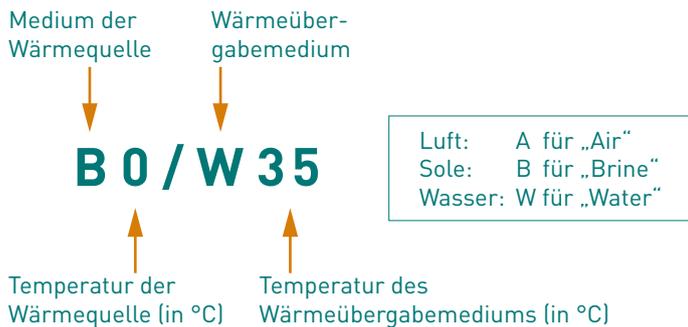


Abbildung 28: Erklärung Leistungszahl für Wärmepumpen

Bei der Leistungszahl handelt es sich um einen Quotient aus Leistungen, während die Arbeitszahl als Quotient von Energien gebildet wird. Aussagen zur Wirtschaftlichkeit einer Anlage erfordern daher in der Regel Arbeitszahlen, da der COP als Momentaufnahme kein Zeitverhalten der Wärmequellenanlage und Wärmepumpe berücksichtigt.

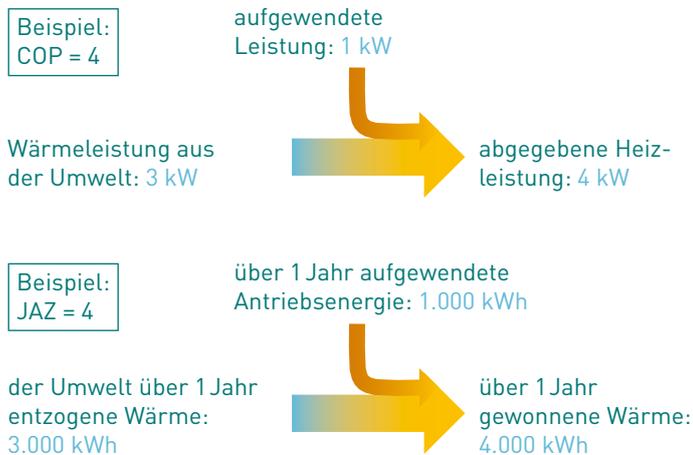


Abbildung 29: Unterschied zwischen COP und JAZ

Je effizienter die Wärmepumpe arbeitet, wenn sie mit möglichst wenig Strom viel Heizwärme gewinnt, desto positiver fällt die Klima- und Kostenbilanz aus. Die Umweltfreundlichkeit der Wärmepumpe hängt auch von der Art der Stromerzeugung ab. Ein Stromtarif mit Strom aus regenerativen Energiequellen verbessert die CO₂-Bilanz dieses Heizsystems erheblich.

Heizflächen

Die Wärmepumpe ist ein Niedertemperatur-Wärmeerzeuger: Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen der Umweltwärmequelle und der Zielheiztemperatur ist, desto geringer ist der Anteil der Antriebsenergie und umso größer wird die Jahresarbeitszahl der Anlage. Aus diesem Grund bieten sich Niedertemperaturheizungen wie Fußbodenheizung und Wandheizungen an. Sind Flächenheizungen schon vorhanden, dann kann sich eine Wärmepumpe auch bei Sanierungsmaßnahmen als sinnvolle Ergänzung des Heizsystems erweisen. Gleichmaßen von Vorteil ist eine Wärmequelle mit einem möglichst hohen, über das Jahr konstanten Temperaturniveau.

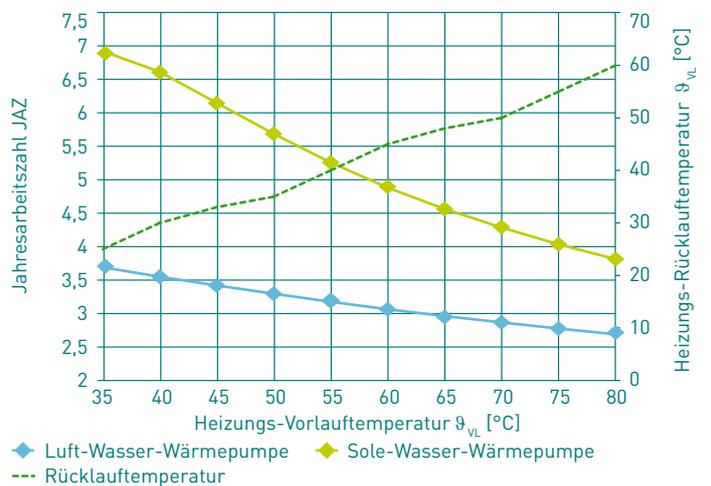


Abbildung 30: Theoretische Maximalwerte von Jahresarbeitszahlen verschiedener Wärmepumpentypen bei üblichen Heiztemperaturspreizungen (Carnot-Wirkungsgrad)

Wärmepumpen-Tarife

Wärmepumpentarife sind günstiger als normale Haushaltsstromtarife, dafür behält sich der Stromversorger vor, die Stromversorgung der Wärmepumpe für max. dreimal am Tag für je höchstens zwei Stunden zu unterbrechen. Auf diese Weise entlasten die Anbieter die Stromnetze zu Spitzenzeiten und glätten den Verbrauch. In der Realität fallen diese Zeiten allerdings nur sehr kurz aus. Bei Abschluss eines Wärmepumpentarifes lohnt sich dennoch die Anschaffung eines Warmwasser-Pufferspeichers besonders, damit es zuhause zu keinen Versorgungslücken kommt. Die Angebote und ihre Bedingungen variieren je nach Ort und Stromversorgungsunternehmen. Der Wärmepumpentarif kann auch aus einem Doppeltarif bestehen: Tagsüber wird der Strom zum Hochtarif (HT) und nachts zum Niedertarif (NT) bezogen. Wer seine Wärmepumpe anteilig mit Strom von der eigenen PV-Anlage versorgen möchte, kann das in der Regel nicht mit einem Wärmepumpentarif kombinieren.

Kühlen mit der Wärmepumpe

Wärmepumpen haben den Vorteil, dass neben dem Heizbetrieb und der Trinkwassererwärmung auch das Kühlen des Gebäudes möglich ist. Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto relevanter werden auch Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz. Zuerst sollten dabei Verschattungsmaßnahmen das übermäßige Aufheizen verhindern, bevor über Kühlung, die ggf. Energiekosten verursacht, nachgedacht wird. Zwei Kühlarten mittels Wärmepumpen können unterschieden werden: die aktive und die passive Kühlung. Die Kühlung des Gebäudes erfolgt über die vorhandenen Wärmeübergabeflächen, wie die Fußboden- und Wandheizung oder Heiz- und Kühldecken.

Bei der **passiven Kühlung** ist der Verdichter der Wärmepumpe gar nicht in Betrieb, benötigt werden stattdessen ein zusätzlicher Wärmeaustauscher und ein Umschaltventil. Möglich ist eine passive Kühlung nur bei Sole-Wasser- oder Wasser-Wasser-Wärmepumpen, da hier die im Winter genutzte Wärmequelle (Erdreich oder Grundwasser mit etwa 8–15 °C) im Sommer als Wärmesenke genutzt wird. Die Umwälzpumpe lässt das Wärmeträgermedium (Sole oder Wasser) durch die Wärmequellenanlage zirkulieren, diese kühlt im Wärmeaustauscher das Wasser des Heizkreislaufs. Dabei sind höhere Masseströme nötig als im Heizbetrieb, welche eine höhere Pumpenleistung und damit ggf. mehr Energiekosten erfordern.

Eine **aktive Kühlung** ist mit sämtlichen Wärmequellen, auch mittels Luft-Wärmepumpen möglich, hier ist es erforderlich, dass der Kältekreis der Wärmepumpe umkehrbar ist („reversibler Betrieb“). Wärmequelle und Wärmesenke werden vertauscht, die Flussrichtung des Kältemittels wird umgekehrt, die Wärmepumpe funktioniert dann quasi wie ein Kühlschranks. Bei Luft-Wärmepumpen liegt die Außenlufttemperatur im Sommer zumeist über der gewünschten Kühltemperatur, weshalb eine Kühlung ohne Verdichter nicht möglich ist – daher der Name „aktive Kühlung“.

4.4.1 Kompressionswärmepumpe

Die gebräuchlichste Form der Wärmepumpe – besonders im Wohngebäudebereich – ist die Kompressionswärmepumpe. Die Verdichtung des Kältemittels erfolgt mechanisch mithilfe eines Kompressors. Dieser wiederum wird meist mit einem Elektromotor angetrieben, der elektrische Energie über das Stromnetz bezieht. Eine weitere Möglichkeit stellt der Antrieb über einen Verbrennungsmotor dar. Für die Beschreibung der Luft-Wasser-, Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpe wird im Folgenden (der Marktlage entsprechend) jeweils eine mit Elektromotor angetriebene Kompressionswärmepumpe beschrieben.

Luft-Wasser-Wärmepumpe

Wie der Name schon vermuten lässt, dient bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe die Umgebungsluft als Wärmequelle. Da diese überall verfügbar ist, sind Luftwärmepumpen recht universell einsetzbar und mit wenig Aufwand zu installieren. Die Investitionskosten liegen unter denen für Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Allerdings ist zu beachten, dass die Umgebungsluft starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Gerade in der Heizperiode ist das Temperaturniveau naturgemäß am niedrigsten. Je größer aber der Temperaturunterschied der Wärmequelle zur Zielvorlauftemperatur der Heizung ist, desto höher ist der Strombedarf der Heizung: **Den geringeren Investitionskosten stehen höhere Verbrauchskosten** gegenüber. Mit der Jahresarbeitszahl einer gut eingestellten Sole-Wasser- oder Wasser-Wasser-Wärmepumpe können Luftwärmepumpen nicht mithalten. Senkend auf die Verbrauchskosten wirken sich wiederum ein hoher Dämmstandard und damit ein niedriger Wärmebedarf des Gebäudes aus sowie Flächenheizsysteme mit geringer Vorlauftemperatur. Hier liegt das bevorzugte Einsatzgebiet der Luft-Wasser-Wärmepumpen.

Erhältlich sind außerdem kleinere Wärmepumpen, die ausschließlich der Warmwasserbereitung dienen. Häufig sind sie direkt auf den zugehörigen Warmwasserspeicher montiert und entziehen dem Aufstellraum Wärme.

Aufstellung

Luft-Wasser-Wärmepumpen gibt es in verschiedenen Bauarten, die sich hauptsächlich darin unterscheiden, welche Bauteile wo untergebracht sind. Dabei wird in Kompakt- und Splitwärmepumpen unterschieden. Bei **Kompaktgeräten** befinden sich alle Bauteile des thermo-dynamischen Kreisprozesses in einem gemeinsamen Gehäuse. Kompaktgeräte können innen oder außen aufgestellt werden. Bei einer Innenaufstellung sind für den Außenluftein- und austritt Öffnungen in der Wand notwendig.



Abbildung 31: Inneneinheit Wärmepumpe und zentrales Lüftungsgerät

Bei **Splitwärmepumpen** teilen sich Kompressor, Verdampfer, Verflüssiger und Entspannungsventil auf zwei Gehäuse auf, eines (mit Verdampfer) außerhalb und eines (mit Verflüssiger) innerhalb des Gebäudes.



Abbildung 32: Luft-Wasser-Splitwärmepumpe

Abluft-Wärmepumpe

Der Unterschied zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ist einzig, dass nicht der Außenluft, sondern der Abluft des Gebäudes Wärme entzogen wird. Diese steht nur in begrenzter Menge, dafür aber besonders im Winter mit einer höheren Temperatur zur Verfügung. Abluftwärmepumpen kommen oft in Kombination mit einer zentralen Lüftungsanlage zum Einsatz. In Wärmepumpen-Kompaktgeräten (siehe Abbildung 33) nutzt die Wärmepumpe dabei die verbleibende Restwärme in der Fortluft nach dem Luftwärmetauscher, da diese immer noch einige °C über der angesaugten Außenlufttemperatur liegt. In diesem System kann ein integrierter oder separater Warmwasser- oder Pufferspeicher (anteilig) aufgeheizt, jedoch aber auch ein Zuluftnacherhitzer für die Wohnraumlüftungsanlage angeschlossen werden. Zusätzlich benötigte Wärme wird jedoch oft nur elektrisch bereitgestellt, was wiederum zu höheren Stromkosten führt. Optional kann eine thermische Solaranlage, ein Kaminofen oder jeder herkömmlicher Heizkessel integriert werden um die restliche benötigte Wärme zu erzeugen. Geeignet sind Abluftwärmepumpen besonders für Gebäude mit Maschinen z. B. Serverräumen oder Schwimmbäder, in denen eine große Menge an warmer Abluft zur Verfügung steht.

Luft-Luft-Wärmepumpe

Das Prinzip einer Luft-Luft-Wärmepumpe kommt klassisch in Klimageräten zum Einsatz. Durch die integrierte Wärmepumpe wird das Temperaturniveau der Außenluft im Sommer gesenkt bzw. im Winter angehoben. Spezielle Kombi-Klimageräte kön-

nen Räume kühlen und heizen. Je kälter es draußen wird, desto ineffizienter arbeitet ein Klimagerät als Heizung. Der Stromverbrauch steigt überproportional an und somit auch die Heizkosten. Zudem leidet die Behaglichkeit durch die hohen Luftvolumenströme.

Lärmschutz

Luft-Wärmepumpen verursachen im Betrieb Geräusche. Der Geräuschpegel hängt von vielen verschiedenen Einflussgrößen, wie der Bauart und des Standortes ab. Hier hilft ein Vergleich der Herstellerangaben des Schalleistungspegels unter Normbedingungen (LWA) verschiedener Modelle. Betreiber müssen außerdem sicherstellen, dass die Luftwärmepumpe die Anforderungen der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) einhält. Da sich bei einer Splitwärmepumpe der Geräusche verursachende Verdichter im Gebäude befindet, kommt es außen zu keinem hohen Geräuschpegel. Zum Stand der Technik gehören mittlerweile drehzahlgeregelte Ventilatoren in den Außeneinheiten (Inverter). Geräusche werden minimiert, indem sich die Drehzahl des Ventilators der benötigten Heizleistung anpasst. Mit Hilfe eines Heizungspufferspeichers kann jede Wärmepumpe auch nur am Tag betrieben werden, wodurch der Schlaf nachts nicht gestört wird und auch eigen erzeugter Solarstrom direkt genutzt werden kann (vgl. [4]).

Zuheizung

Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen aber auch bei Abluft- und Luft-Luft-Wärmepumpen in Gebäuden die hohe Heiztemperatur über 60 °C benötigen ist ein zweiter Wärmeerzeuger, der an besonders kalten Tagen unterstützt oder ganz übernimmt meist von (finanziellem) Vorteil. Ein Beispiel für so eine bivalente Betriebsweise ist die Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einer Gasbrennwerttherme. Häufig ist bei Luft-Wärmepumpen ein Heizstab integriert, der das Heizwasser direkt elektrisch zuheizt. Das schlägt sich allerdings auf der Stromrechnung nieder.



Abbildung 33: Lüftungskompaktgerät mit Wärmerückgewinnung, Abluftwärmepumpe und Trinkwasserspeicher

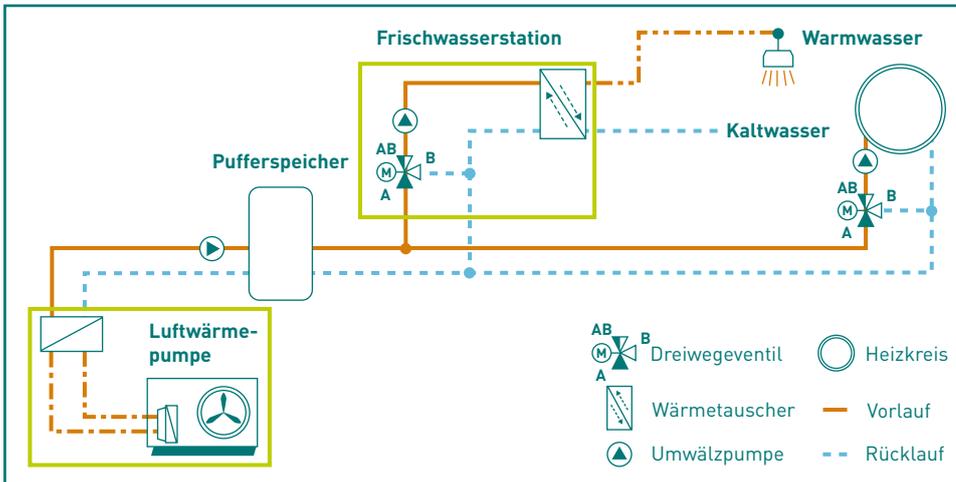
→ Wärmerezeuger

Steckbrief

Kompressions- Luft-Wasser- Wärmepumpe

- fossil (je nach Strommix) erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★ ★ ★ ☆ ☆	★ ★ ★ ★ ☆	★ ★ ★ ★ ☆	★ ★ ★ ☆ ☆
Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C			

Checkliste:

- Flächenheizung vorhanden/möglich?
- Außenaufstellung möglich?
- Lautstärke außen beachtet?

Energieträger	Umgebungswärme der Außenluft und Strom	
Varianten	Split- oder Kompaktanlage	
Jahresarbeitszahl	2,7–4,2 (1 Teil Strom bringt 2,7–4,2 Teile Wärme)	
Primärenergiefaktor f_p	Strom: 1,8; Umgebungswärme: 0,0	
Spez. Heizkosten	Haushaltsstromtarif 28–38 ct/kWh _{el} bzw. Wärmepumpentarif: 22–28 ct/kWh _{el} (Stand Juni 2023)	
Trinkwassererwärmung (TWE)	möglich, verringert aber die Effizienz bzw. JAZ	
Speicher	Warmwasserspeicher möglich und sinnvoll	
Platzbedarf	Innen: (Kellerraum, Abstellraum, Garage) 3 m ² (1 m ³ für Technik)	Außen: (bei Splitanlage) 1 m ²
Besonderheiten	Bei Splitanlagen Korrosion und Lärmschutz (Strömungs- und Ventilationsgeräusche), sowie Mindestabstände beachten!	
Lebensdauer der Anlage	18 Jahre	
Vorteile	geringere Investitionskosten als andere Wärmepumpen, kein Schornstein nötig, geringere CO ₂ -Emissionen, Wärmequelle überall ausreichend vorhanden	
Nachteile	höhere Betriebskosten als andere Wärmepumpen, extreme Temperaturschwankungen der Außenluft (Sommer/Winter) führen zu höherem Stromverbrauch	
Wärmeübergabesystem	Niedertemperatur-Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- und Deckenheizung)	
Kombinierbar mit	Photovoltaik, Solarthermie, Spitzenlastkessel, Kamin	

Sole-Wasser-Wärmepumpe

Als „Erdwärme“ wird die in Form von Wärme unter der Erdoberfläche gespeicherte Energie bezeichnet. Diese wird zum einen in oberen Schichten durch den Niederschlag, den Grundwasserfluss und die Außentemperatur, d. h. ursächlich von der Sonneneinstrahlung, beeinflusst. Unterhalb dieses Einflussbereiches, ab ca. 20 m ist die Temperatur wetterunabhängig und beträgt in Sachsen noch etwa 10 °C. Sie nimmt in Abhängigkeit des Gesteinsaufbaus um ungefähr 3 °C pro 100 m Tiefe zu.

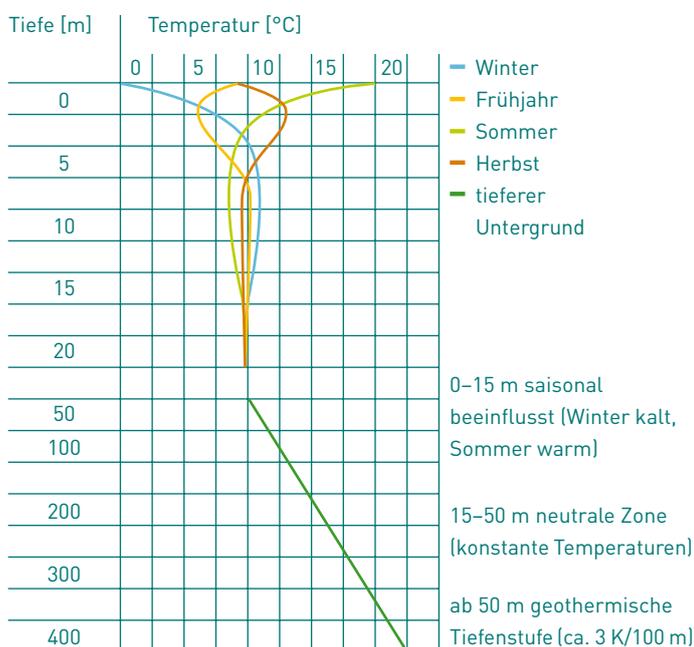


Abbildung 34: Temperaturverlauf unter der Erdoberfläche

Funktionsweise

Bei einer Sole-Wasser-Wärmepumpe wird diese Erdwärme genutzt, indem Rohre bzw. Sonden im Erdboden verlegt werden, in denen eine Sole zirkuliert und währenddessen Wärme aus dem Erdboden aufnimmt.

Es wird unterschieden in „Oberflächennahe Geothermie“ und „Tiefengeothermie“, wobei die Oberflächennahe Geothermie Bohrungen bis zu 400 m einschließt. Für den Bereich der Einfamilien- und kleineren Mehrfamilienhäuser kommt demnach fast ausschließlich **Oberflächennahe Geothermie** zum Einsatz. Außerdem sind Sole-Wasser-Wärmepumpen bei den „**geschlossenen Systemen**“ einzuordnen. Die Sole als Wärmeträgermedium kommt nicht direkt mit dem Erdreich in Berührung.

Bei der Einbringung der Soleleitungen gibt es mehrere Möglichkeiten. Weit verbreitet sind Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren. Zusätzlich gibt es Varianten wie Spiralkörbe und Energieföhle.

Definition: Sole

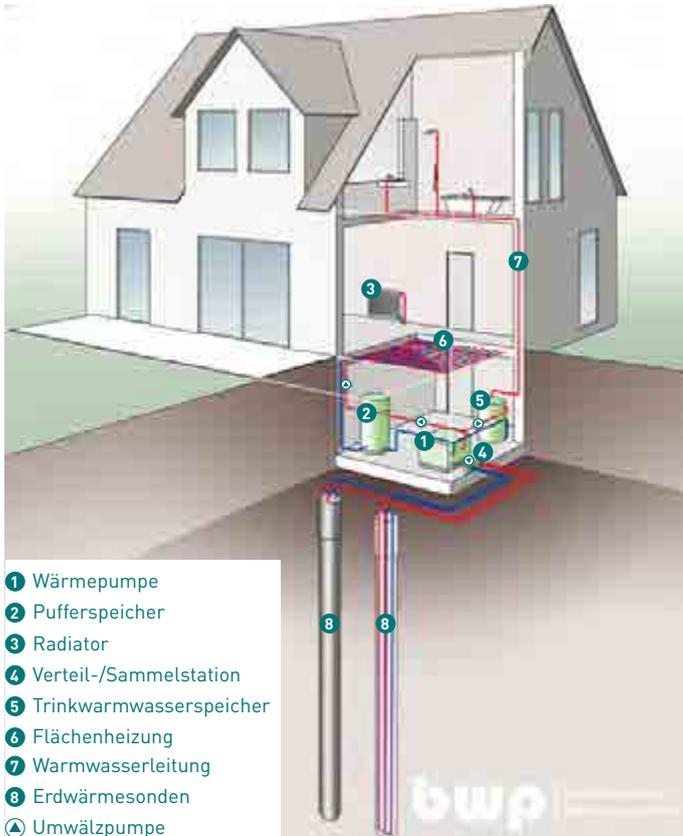
Eine „Sole“ ist eine wässrige Lösung von Salzen mit einem Salzgehalt von mindestens 14 g Salz auf 1 kg Wasser, deren Vorteil darin besteht, dass ihr Gefrierpunkt unter dem von Wasser liegt. Es besteht Korrosionsgefahr für Metallrohrleitungen, die von der Sole durchflossen werden. Als Wärmeträgerfluid in geschlossenen Erdsonden finden inzwischen meist Wasser-Glykol-Gemische, **Wasser-Frostschutzmittel-Gemische** (mit zusätzlichen Korrosionsinhibitoren) Verwendung. Der Begriff „Sole-Wasser-Wärmepumpe“ ist geblieben. Den Vorteilen der Wasser-Glykol-Gemische steht eine etwas geringere Wärmekapazität als bei reinem Wasser und da sie etwas zähflüssiger sind, eine höhere erforderliche Pumpenleistung entgegen. Die Wasser-Glykol-Gemische gehören üblicherweise der Wassergefährdungsklasse 1 („schwach wassergefährdend“) an.

Einfluss des Bodens auf die Wärmeentzugsleistung

Erdwärmekollektor		Erdwärmesonde	
Bodenqualität	spezifische Wärmeentzugsleistung [W/m ² (Kollektorfläche)]	Bodenqualität	spezifische Wärmeentzugsleistung [W/m (Sondenlänge)]
trockener nichtbindiger Boden	8–10	Kies, Sand trocken	20–25
bindiger Boden feucht	16–30	Kies, Sand wasserführend	55–80
wasser-gesättigter Sand/Kies	30–40	Ton, Lehm feucht	30–50
		Kalkstein	45–70
		Sandstein	55–80
		Gneis, Granit	55–85

Die Werte (nach VDI 4640) können aufgrund der Lage des Gebäudes und durch Grundwassereinfluss u. ä. abweichen. Die spezifische Entzugsleistungen beider Erdwärmequellentypen sind nicht direkt miteinander vergleichbar, da es sich um verschiedene Maßeinheiten handelt. Quelle: BINE Informationsdienst

→ Wärmeezeuger



- 1 Wärmepumpe
- 2 Pufferspeicher
- 3 Radiator
- 4 Verteil-/Sammelstation
- 5 Trinkwarmwasserspeicher
- 6 Flächenheizung
- 7 Warmwasserleitung
- 8 Erdwärmesonden
- ▲ Umwälzpumpe

Abbildung 35: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden

Erdwärmesonden

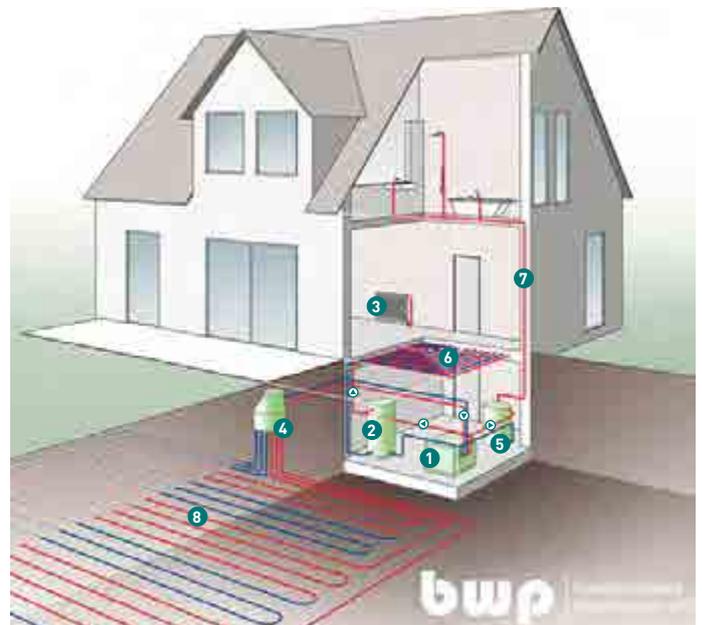
In den meisten Fällen kommen für die Sonden Doppel-U-Rohre aus Polyethylen zum Einsatz. Die Anzahl und Länge der Sonden wird hauptsächlich aus dem Heizwärmebedarf des Gebäudes und den thermischen Gegebenheiten des Untergrundes bestimmt. Typisch im Wohngebäudebereich sind einzelne Sondenlängen von 50–100 m. Installiert werden die Sonden in **vertikalen**, selten schrägen Bohrlöchern. Für diese Bohrungen ist demnach ein bestimmter Flächenbedarf erforderlich, der bei Erdwärmesonden allerdings nach Inbetriebnahme überbaut werden kann.

Für eine gute thermische Anbindung der Sonden an das umliegende Gestein wird das Bohrloch abschließend mit einem Verpressmaterial mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit verfüllt („Ringraumabdichtung“). Diese Verfüllmaterialien sollten außerdem das Bohrloch stabilisieren und das Sondenrohr vor Beschädigungen schützen. Die Erdwärmesonden einer Anlage werden oben zusammengeführt. Von diesem Sammler bzw. Verteiler wird die Sole zur Wärmepumpe geleitet.

Erdwärmekollektoren

Im Gegensatz zu Erdwärmesonden werden Erdwärmekollektoren horizontal verlegt. Die Kunststoffrohre für die Sole werden in ei-

ner frostsicheren Tiefe von ca. 1,2 bis 1,5 m verlegt. Im Gegensatz zu den Sonden besteht die Möglichkeit, die Grabungen aufgrund der deutlich geringeren Tiefe in Eigenleistung zu erbringen. Für Erdwärmekollektoren muss deutlich mehr Fläche eingeplant werden. Die genaue Dimensionierung hängt von den genauen klimatischen Randbedingungen, dem Beschattungsgrad und der Regenwasserdurchlässigkeit des Bodens ab. Erdwärmekollektorflächen dürfen nicht überbaut werden, das würde insbesondere die Regenerationsfähigkeit des Erdreiches stark einschränken.



- 1 Wärmepumpe
- 4 Verteil-/Sammelstation
- 7 Warmwasserleitung
- 2 Pufferspeicher
- 5 Trinkwarmwasserspeicher
- 8 Erdwärmekollektoren
- 3 Radiator
- 6 Flächenheizung
- ▲ Umwälzpumpe

Abbildung 36: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor

Regeneration

Die Wärme, die dem Untergrund durch eine Wärmepumpe entzogen wird, muss ihm auch wieder zugeführt werden. Dafür sorgen Wärmetransportprozesse über das fließende Grund- und Regenwasser (Konvektion) und vom wärmeren zum kälteren Gestein (Konduktion). Daher ist eine gute Planung bei der Dimensionierung der Erdwärmesonden oder -kollektoren besonders wichtig. Ist die Wärmequellenanlage zu knapp bemessen, kann sich das Erdreich nicht ausreichend regenerieren und kühlt immer stärker ab. Eine Überdimensionierung führt zu höheren Kosten. Auch der Mindestabstand der Sonden untereinander bzw. zu Nachbaranlagen muss beachtet werden. Das Risiko einer nicht vollständigen Regeneration kann bei Wärmepumpen mit Kühlfunktion des Gebäudes deutlich reduziert werden, da hier Wärme aus dem Gebäude über die Sonden bzw. Kollektoren an den Untergrund wieder abgegeben wird.

Genehmigungen

Anlagen zur Nutzung von Erdwärme bedürfen generell eines Anzei- und Genehmigungsverfahrens. Zu beachten sind in Sachsen das **Wasserrecht**, das **Bergrecht** und das **Lagerstättengesetz**:

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG)
- Bundesberggesetz (BbergG)
- Lagerstättengesetz (LagerstG)

Ausgeschlossen ist die Errichtung von Erdsonden in den Schutz-zonen I und II der Trinkwassergewinnungsanlagen (vgl. [5]). In den meisten Fällen ist das Planungs- oder Ausführungsbüro bei den einzuholenden Genehmigungen behilflich.

TIPP! Richtlinie VDI 4640

Die **Richtlinie VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“** bildet in Deutschland die Grundlage für die Nutzung von Erdwärme. In ihr sind die wichtigsten Grundlagen und Planungsschwerpunkte rund um die Geothermie ausführlich zusammengefasst.

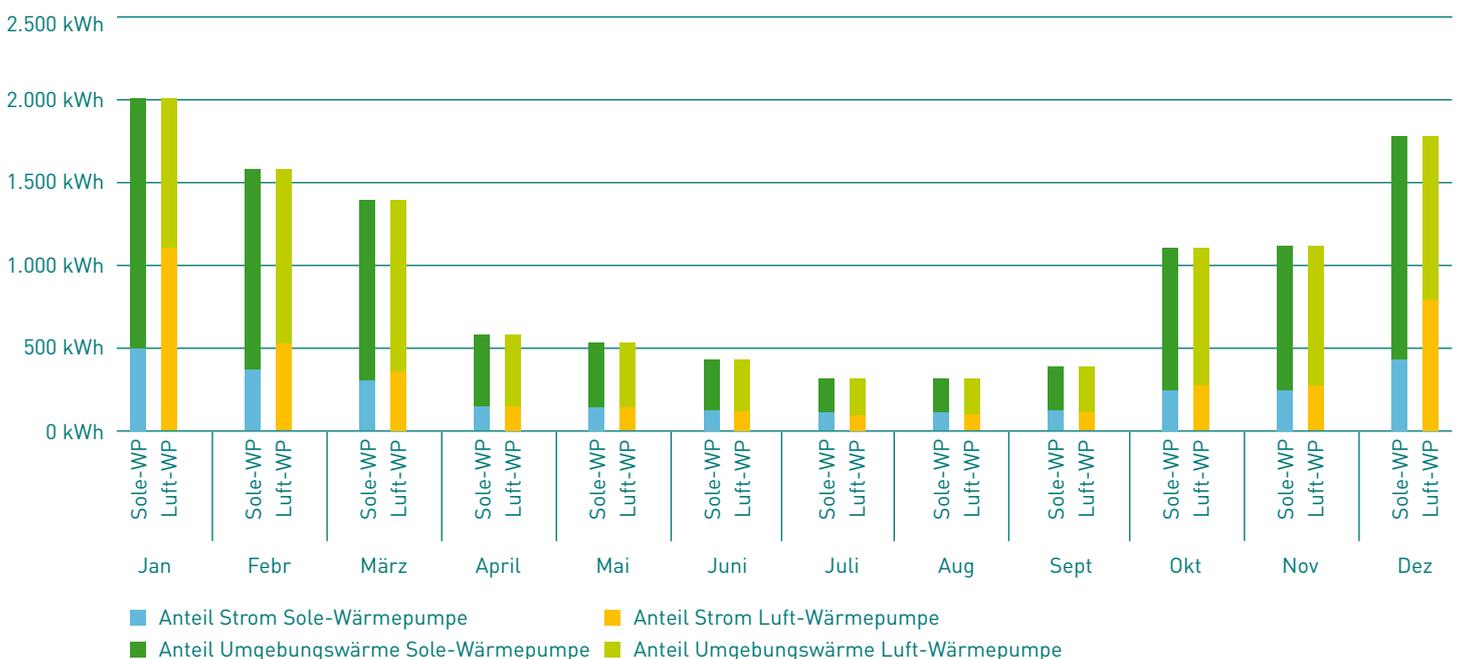
Kombination mit Eisspeicher

Erwähnt werden soll außerdem die bisher nur von wenigen Herstellern angebotene Möglichkeit der Nutzung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem Eisspeicher. Dabei wird eine Zisterne ca. 4 m tief in der Erde installiert. Die Wände der Zisterne bestehen meist aus Beton – eine Wärmedämmung ist hier nicht nötig, bzw. gar nicht gewünscht, da Wärme aus dem umliegenden Erdreich aufgenommen werden soll. Die Größe der Zisterne kann bei Einfamilienhäusern um die 10 m³ betragen. Im Inneren der Zisterne befinden sich ein Entzugs-wärmetauscher (im Zentrum) und ein Regenerationswärmetauscher (an den Außenwänden), beide in Form von langen spiralförmig gelegten Rohren. Gefüllt werden kann die Zisterne mit normalem Grund- oder Leitungswasser.

Der Name „Eisspeicher“ rührt von der Nutzung der latenten Wärme des Wassers während des Gefriervorganges. Die Vereisung wird gezielt von innen nach außen geführt, um ein Sprengen der Zisterne zu verhindern. Die Regeneration des Eisspeichers erfolgt zum einen durch den Untergrund selbst, zum anderen häufig durch Solar-Luftabsorber auf dem Dach. Hierbei werden das Erdreich, die Außenluft und die direkte solare Einstrahlung bis zu einem sehr niedrigen Strahlungsangebot gleichermaßen genutzt. Besonders für Gebäude mit Kühlbedarf im Sommer kann sich ein Eisspeichersystem lohnen, da passives Kühlen die Regeneration des Eisspeichers weiter unterstützt.

Rechenbeispiel Anteil Hilfsenergie zu Umgebungswärme bei Wärmepumpen

Abbildung 37: Vergleich der Verteilung von eingesetzter Hilfsenergie (Strom) zur genutzten Umgebungswärme für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe und eine Sole-Wasser-Wärmepumpe für die Heizung und Warmwasserbereitung



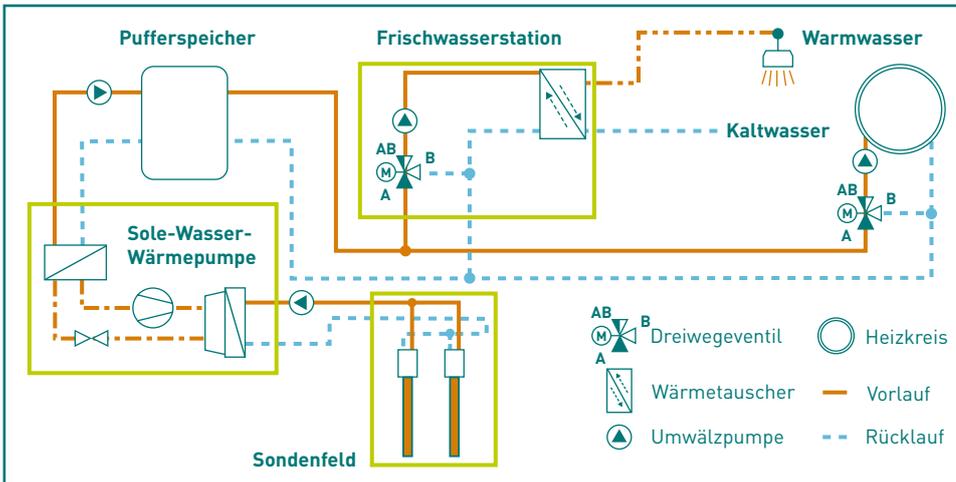
Annahmen: 4-Personen-Haushalt mit 160 m² Wohnfläche, Normheizlast: 3,9 kW, täglicher Warmwasserbedarf pro Person: 30 l, stündliche Werte für die Außentemperatur t_s ; Wetterstation Dresden-Klotzsche 2009, Heizsystem: $t_{VL} = 55$ °C, $t_{RL} = 45$ °C (wie im Referenzheizsystem nach GEG), Temperaturverlauf Erdboden: ganz-jähriger durchschnittlich 10 °C

→ Wärmepumpe

Steckbrief

Kompressions-
**Sole-Wasser-
Wärmepumpe**
(geschlossenes System)

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung
- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich
- Möglichkeit zur Gebäudekühlung (bei reversiblen Systemen)



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★☆	★★★★★	★★★★☆	★★★★★
Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C			

Checkliste:

- Freiflächen für Sonden verfügbar?
- Genehmigungen eingeholt?
- Pufferspeicher/Platz für Pufferspeicher vorhanden?

Energieträger	Erdwärme + Strom als Antriebsenergie		
Varianten	Erdwärmesonden, Flächenkollektoren, Energiepfähle und -körbe		
Jahresarbeitszahl	3,8–5,7 (1 Teil Strom bringt 3,8–5,7 Teile Wärme)		
Primärenergiefaktor f_p	Strom (Netzbezug): 1,8; Umgebungswärme: 0,0		
Spez. Heizkosten	Haushaltsstromtarif 28–38 ct/kWh _{el} bzw. Wärmepumpentarif: 22–28 ct/kWh _{el} (Stand Juni 2023)		
Trinkwassererwärmung (TWE)	direkt/indirekt		
Speicher	verschiedene Speichertypen sinnvoll (z. B. Pufferspeicher, Schichtenspeicher)		
Platzbedarf	Wärmepumpe: 3 m ²	Speicher: 2 m ²	Quelle: Varianten abhängig
Besonderheiten	diverse Genehmigungen erforderlich, siehe Abschnitt Genehmigungen		
Lebensdauer der Anlage	20 Jahre		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - ganzjährig betreibbar - emissionsarm - Erdwärmesonden: geringer Flächenbedarf und überbaubar 		
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - relativ hohe Erschließungskosten - Wärmepumpe bei Stromausfall nicht möglich - Erdwärmekollektoren: hoher Flächenbedarf, nicht überbaubar - nicht überall realisierbar (Grundwasserschutz) - Geräuschbelastung der Wärmepumpe 		
Wärmeübergabesystem	Niedertemperatur-Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- und Deckenheizung)		
Kombinierbar mit	Gasbrennwertgerät (Spitzenlastkessel), Solarthermie, Photovoltaik, Kamin		

Standortanforderungen

Damit es bei den Brunnenbohrarbeiten und während des Betriebs der Wärmepumpenanlage nicht zu Schäden am eigenen bzw. am Nachbargrundstück kommt, sind genaue Kenntnisse der lokalen hydrogeologischen Gegebenheiten wichtig. Hier können sich schon innerhalb kleiner Grundstücke erhebliche Unterschiede ergeben.

Des Weiteren müssen Grundwasserfließrichtung und -mächtigkeit ermittelt werden. Diese Daten sind notwendig, um Aussagen zu Effizienz und Wirtschaftlichkeit der geplanten Anlage treffen zu können. Um die Ergiebigkeit des Saugbrunnens sowie die Aufnahmefähigkeit des Schluckbrunnens zu ermitteln, können Pumpversuche hilfreich sein.

Definition: Verockerung

Als Verockerung werden Ablagerungen von Eisen- und Manganoxiden bezeichnet. Diese können insbesondere bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen zu Problemen führen. Ablagerungen in Brunnen, Pumpen und Rohrleitungen führen im schlimmsten Fall zum Versiegen der Wasserförderung. Besonders wenn Wasser mit einem pH-Wert im sauren Bereich mit Luftsauerstoff in Berührung kommt, können die gelösten Eisen-Ionen ausfallen und sich ablagern. Entscheidend für einen langen und wartungsarmen Betrieb ist hier die Zusammensetzung des Grundwassers. Maßnahmen wie eine Enteisung und Entmanganung oder ein zusätzlicher Zwischenwärmetauscher sind möglich, mindern aber die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe und steigern so die Kosten.

Bei der Berechnung des COP wird oft die Brunnenpumpe außer Acht gelassen. Durch große Grundwasser-Volumenströme, aufgrund der Vorgabe der maximalen Grädigkeit durch die unteren Wasserbehörden, werden hohe elektrische Antriebsenergien erforderlich. Damit sinkt der COP-Wert erheblich. Durch den Stromverbrauch dieser Pumpe kann sich die Effizienz der gesamten Anlage verschlechtern.

Genehmigungen

Wie bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen auch, müssen bei der Errichtung von Wasser-Wasser-Wärmepumpen das Wasserrecht, das Bergrecht und das Lagerstättenrecht beachtet werden. Genehmigungen müssen bei verschiedenen Behörden vor Baubeginn eingeholt werden. Grundsätzlich gilt, dass dem vorsorgenden Grundwasserschutz bei allen zulassungsrechtlichen

Entscheidungen Vorrang gewährt wird (vgl. [7]). In Wasserschutzgebieten ist der Bau von Wasser-Wasser-Wärmepumpen deshalb in der Regel nicht zulässig. Des Weiteren sind Brunnenanlagen bei Außerbetriebnahme zurückzubauen und zu verfüllen. Der Brunnenrückbau ist anzeige- und gegebenenfalls auch erlaubnispflichtig. Die Anzeige erfolgt bei der unteren Wasserbehörde (uWB).

4.4.2 Sorptionswärmepumpe

Im Gegensatz zu den Kompressionswärmepumpen wird das Kältemittel in einer Sorptionswärmepumpe nicht durch einen elektrisch (bzw. selten auch mechanisch) angetriebenen Kompressor, sondern thermisch verdichtet. In der Regel, aber nicht zwangsläufig, werden Sorptionswärmepumpen mit Erdgas betrieben. Die thermische Verdichtung kann nach dem Prinzip der Absorption oder Adsorption erfolgen. Bei der Adsorption (griech. für „Anlagerung“) wird häufig Wasser als Kältemittel eingesetzt und ein fester Stoff als Sorptionsmittel genutzt, meist Zeolith (kristalline Silikate). Dieses stark poröse Material kann bezogen auf sein Gewicht große Mengen an Wasserdampf aufnehmen und erwärmt sich dabei. Ein Großteil dieser Wärme wird wiederum auf den Heizkreis übertragen. Anschließend wird das Kältemittel/Wasser über den Erdgasbrenner aus dem Sorptionsmittel ausgetrieben. Der Prozess läuft periodisch ab, daher werden mehrere Module miteinander kombiniert. Sorptionswärmepumpen kommen in kleinen Wohngebäuden eher selten zum Einsatz.

Bei der Absorption (griech. für „Aufsaugen“) wird das Kältemittel von einer Lösungsflüssigkeit aufgenommen. Eine Pumpe sorgt für den Transport zum sogenannten „Austreiber“. Hier wird die Lösung – meist ebenfalls durch einen Erdgasbrenner – erwärmt. Das Kältemittel besitzt eine geringere Siedetemperatur und verdampft daher vor der Lösungsflüssigkeit. Das Kältemittel, das nun einen hohen Druck und eine hohe Temperatur aufweist, gelangt anschließend – wie bereits von den Kompressionswärmepumpen bekannt – über den Kreislauf Kondensator, Entspannungsventil und Verdampfer zurück in den Absorber.

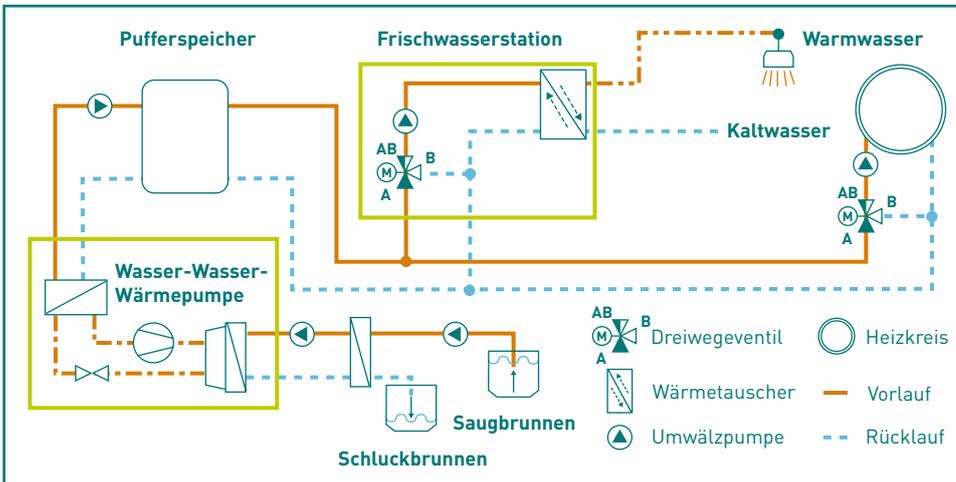
TIPP! BAFA-Liste für förderfähige Wärmepumpen

Beim BAFA finden Sie eine aktuelle Liste über alle förderfähigen Wärmepumpen verschiedenster Hersteller. Aufgeführt sind elektrisch und gasbetriebene Wärmepumpen sowie Sonderbauformen, z. B. Wärmepumpen-Kompaktgeräte.

→ www.bafa.de → Energie → Heizen mit erneuerbaren Energien → Fördervoraussetzungen

Kompressions-
**Wasser-Wasser-
Wärmepumpe**
(offenes System)

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung
- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich
- Möglichkeit zur Gebäudekühlung (bei reversiblen Systemen)



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C			

Checkliste:

- Wasserrechtliche Genehmigung möglich?
- Grundwasserleiter geeignet?

Energieträger	Erdwärme + Strom als Antriebsenergie		
Varianten	Grund- oder Oberflächenwasser nutzbar		
Jahresarbeitszahl (JAZ)	3,8–5,7 (1 Teil Strom bringt 3,8–5,7 Teile Wärme)		
Primärenergiefaktor f_p	allgemeiner Strommix: 1,8 (Stand 2019), Strom aus Photovoltaik, Windkraft: 0,0		
Spez. Heizkosten	Haushaltsstromtarif 28–38 ct/kWh _{el} bzw. Wärmepumpentarif: 22–28 ct/kWh _{el} (Stand Juni 2023)		
Trinkwassererwärmung (TWE)	möglich		
Speicher	direkt, indirekt; Typen angeben (Ladespeicher, ...)		
Platzbedarf	Wärmepumpe: 1 m ²	ausreichend Fläche für Saug- und Schluckbrunnen	Speicher: 1–2 m ²
Besonderheiten	Voruntersuchungen zur Grundwasserqualität und -dargebot erforderlich, Grundwasser sollte 10–20 m unter der Geländeoberfläche anstehen, Förderbrunnen mit Entnahme- und Schluckbrunnen		
Lebensdauer der Anlage	20 Jahre		
Vorteile	optimale Effizienz		
Nachteile	relativ hohe Erschließungskosten; Korrosionsgefahr, da offenes System Gefahr der Verockerung, hoher Förderstrom der Brunnenpumpe		
Wärmeübergabesystem	Niedertemperatur-Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- und Deckenheizung)		
Kombinierbar mit	Gasbrennwertgerät (Spitzenlastkessel), Solarthermie, Photovoltaik		

4.5 Nah- und Fernwärme

Per Definition ist Nah- oder Fernwärme Wärme, die dem Kunden vom (Fern-)Wärmeversorgungsunternehmen mittels Dampf oder Heizwasser als Wärmeträger zu den jeweiligen allgemeinen Versorgungsbedingungen zur Verfügung gestellt wird.

Geschichte

Ausgrabungen belegen, dass schon vor 2.000 Jahren heißes Thermalwasser in bodenbeheizte Gebäude geleitet wurde. Seit Ende des 19. Jahrhunderts werden innerstädtische Fernwärmenetze im großen Stil in Europa kontinuierlich ausgebaut. Ziel war damals vor allem, die Brandgefahr in den Innenstädten zu minimieren und die Emissionen und Aschewolken an den Stadtrand zu verlagern. Während zunächst heißer Wasserdampf als Wärmeträgermedium durch die Rohre geleitet wurde, ist es heute im Wohnbereich warmes Wasser. Die Vorlauftemperatur wird dabei meist je nach Außentemperatur angepasst und kann zwischen 80–110 °C (Mediendruck 6–25 bar) liegen. Dabei werden die Systeme immer effizienter: Bessere Wärmedämmungen der Rohre und Flächenheizsysteme machen niedrigere Systemtemperaturen möglich. Heutzutage wird das Heizwasser größtenteils unterirdisch in Kunststoff- oder Stahlmantelrohren transportiert, aber auch gedämmte überirdische Trassen sind möglich.

Ein großer Unterschied zu den weiteren in der Broschüre vorgestellten Heizmöglichkeiten liegt darin, dass Fernwärmekunden keine bestimmte Technologie erwerben, sondern vielmehr eine Dienstleistung, die Versorgung mit Wärme.



Abbildung 40: Oberirdische Fernwärmetrasse

Unterscheidung Nah- und Fernwärme

Funktional gibt es keinen Unterschied zwischen Nah- und Fernwärmenetzen – hier ist die **räumliche Ausdehnung** entscheidend. Während Fernwärmenetze sich meist durch ganze Stadtgebiete ziehen, werden über Nahwärmenetze eher kleinere (Neubau-)Gebiete versorgt. Eine genaue Entfernungsgrenze ist nicht definiert.

Funktionsweise

Erwärmt wird das Heizwasser zumeist in großen Heizkraftwerken und Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung. Diese werden überwiegend mit fossilen Energieträgern betrieben. Allerdings können sie – auch aufgrund ihrer Größe – sehr effizient betrieben werden. Üblich ist die Verbrennung von Kohle, Erdgas und Öl, zunehmend aber auch von Biomasse und die Unterstützung mit Solarthermie. Geothermisch bereitgestellte Wärme zählt in Deutschland in Fernwärmesystemen als Besonderheit. Auch eine Kopplung mit industrieller Abwärme oder kommunalen Entsorgungsaufgaben ist möglich. Darunter fällt z. B. die Abwärmenutzung aus der Müll- und Klärschlammverbrennung. Fernwärme birgt den Vorteil, dass sie mehrere, zentrale ebenso wie dezentrale, Wärmequellen relativ flexibel nutzen kann. Die Einbindung von anteilig dezentralen regenerativen Energiequellen nimmt aktuell zu. Die Fernwärmenetze gelten als unverzichtbar für eine CO₂-arme Wärmeversorgung in Ballungsgebieten.



Abbildung 41: Beispiel Hausanschlussstation

Übergabepunkt der Wärme vom Versorger zum Kunden bildet eine **Hausanschlussstation**, ihre Aufgabe ist die Steuerung des Heizkreislaufes und der Trinkwassererwärmung. Sie umfasst unter anderem den Wärmemengenzähler, die Umwälzpumpe und Ventile zur Steuerung der Vorlauftemperatur. Der Anschluss des Fernwärmenetzes an den häuslichen Heizkreislauf kann prinzipiell direkt oder indirekt erfolgen (siehe Abbildung 42). Bei einem direkten Anschluss sorgt ein Wärmeaustauscher für eine hydraulische Trennung des Heizkreislaufes vom Fernwärmenetz. Die Technik ist generell platzsparend und wartungsarm. Die Hausanschlussstation markiert zugleich meist die Eigentumsgrenze zwischen Versorgungsunternehmen und Kunden.

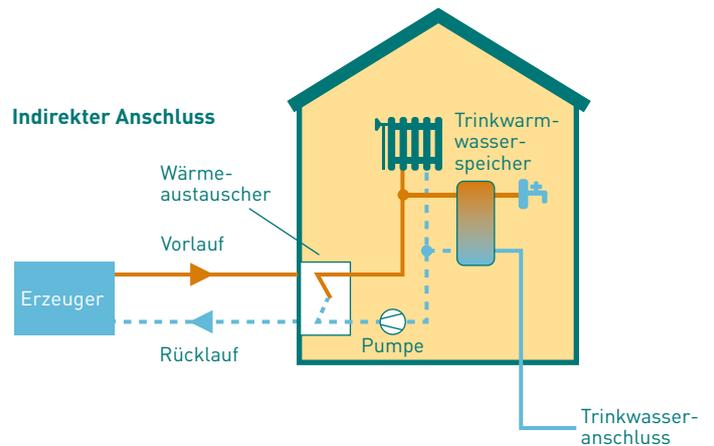
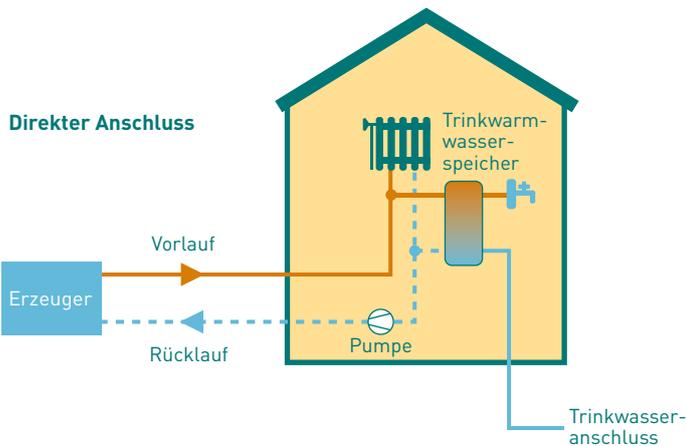


Abbildung 42: Vereinfachtes Schema eines Fernwärmeanschlusses

Kosten

Von Vorteil ist, dass im versorgten Haus **keine Abgase** anfallen, die durch einen Schornstein abgeleitet werden müssten. Das spart Kosten für den Schornsteinfeger. Statt Investitionskosten für eine Heizungsanlage werden Anschlusskosten für die Hausanschlussstation fällig. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Hausanschlussstation vom Versorger im Wärmecontracting errichten zu lassen, dann sind alle Kosten im Wärmepreis inkludiert. Der Wärmepreis setzt sich aus einem Grund- und einem Arbeitspreis zusammen. Über den monatlich fixen Grundpreis werden anteilig das Heizkraftwerk und das Verteilnetz finanziert, während der Arbeitspreis aus der tatsächlich genutzten Wärmemenge resultiert. Ein reiner Preisvergleich von Fernwärme mit dem Öl- oder Gaspreis greift zu kurz, da der Fernwärmepreis bereits die Umwandlungsverluste beinhaltet, die bei der Wärmerversorgung sonst i. d. R. anfallen. Der finanzielle Vergleich sollte als Vollkostenvergleich durchgeführt werden, das heißt unter Einbezug vom Nutzungsgrad der Kesselanlagen sowie der Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Kalte Nahwärme

Unter „Kalte Nahwärme“ wird ein Wärmeversorgungsnetz mit sehr niedrigeren Vorlauftemperaturen unter 30 °C und Wärmepumpen an den Abnahmestellen verstanden. Kalte Nahwärmenetze haben den Vorteil, dass verschiedenste erneuerbare Energieträger kombiniert werden können. Weiterhin bieten niedrige Netztemperaturen die Möglichkeit, Abwärmequellen einzubinden bzw. das niedrige Temperaturniveau für Kühlprozesse zu nutzen. Da auch für kalte Netze gilt, dass einem System nur die Energie entzogen werden kann, die ihm vorher zugeführt wurde, stellen die vorbeschriebenen Prozesse de facto die Energiezufuhr dar. In neuen Baugebieten kann dies ein geeigneterer Ansatz sein, um eine gemeinsame, effiziente und erneuerbare Wärmeversorgung zu realisieren. Die Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden heben dann die Netz-Temperatur auf die erforderliche Heiz- bzw. Warmwassertemperatur an und erreichen dabei sehr gute Leistungszahlen. Gleichzeitig sinkt die Temperatur des Netzurücklaufes und die Wärmesenke für die Einbindung der verschiedenen niedrigtemperierten Wärmequellen steht wieder zur Verfügung.

TIPP! Anschluss- und Benutzungszwang

Wenn Sie auf der Suche nach dem passenden Heizungssystem für Ihren Neubau oder Hauskauf sind, sollten Sie zuerst das Grundstück auf anliegende Wärmenetze und möglichen Anschluss- und Benutzungszwang prüfen.

Anschluss- und Benutzungszwang

Der Bau und Betrieb einer Fernwärmeversorgung ist nur ab einer bestimmten Anzahl an Abnehmern wirtschaftlich machbar. Gemäß GEG dürfen Kommunen unter bestimmten Voraussetzungen „zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes“ einen Anschluss- und Benutzungszwang anordnen. Die Nutzung von Erneuerbaren Energien, wie z. B. durch einen Kaminofen oder eine Solarthermieanlage, ist aber zusätzlich möglich.

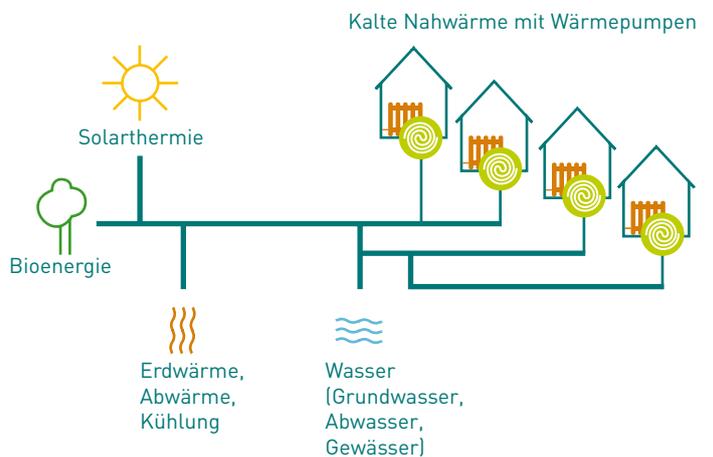


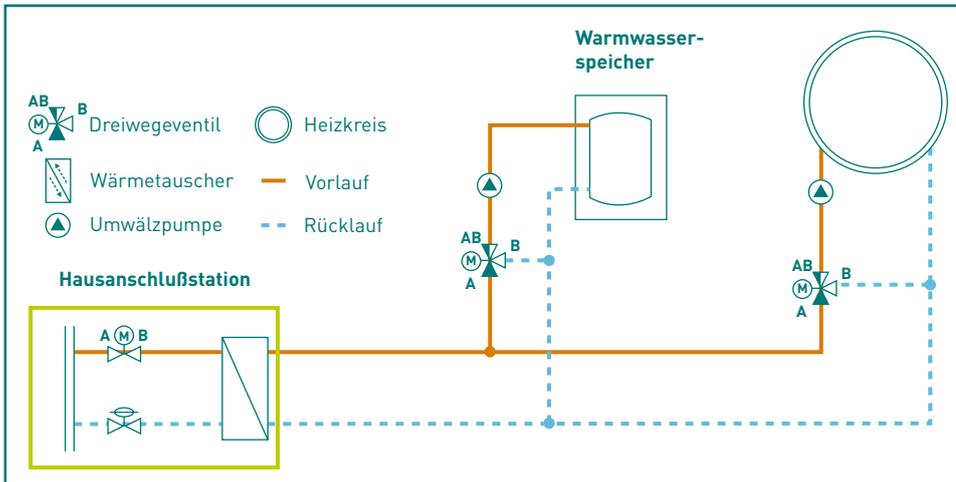
Abbildung 43: Prinzip Kalte Nahwärme

→ Wärmerezeuger

Steckbrief

Nah- und Fernwärme

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung
- geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich
- Möglichkeit zur Gebäudekühlung



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★

Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C

Checkliste:

- Nah- oder Fernwärme-Anschluss vorhanden/möglich?
- Besteht Anschlusszwang?

Energieträger	zumeist Erdgas, z. T. Biomethan (oft Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung oder Müllverbrennung und chemischer Industrie)
Varianten	- Nah- oder Fernwärmenetz - direkter oder indirekter Hausanschluss
Wirkungsgrad	bis zu 98 %
Primärenergiefaktor f_p	0,3–1,3 je nach Art der Erzeugung
Spez. Heizkosten	Bundesdurchschnitt: 10,5 ct/kWh (setzt sich individuell nach Wärmenetzbetreiber zusammen aus Grund- und Arbeitspreis, Stand Juni 2023)
Trinkwassererwärmung (TWE)	über kleinen Trinkwasserspeicher möglich, meist integriert
Speicher	zusätzlicher Speicher nicht nötig
Platzbedarf	ca. 1 m ² für Wärmeübergabestation
Besonderheiten	Fernwärmeanschluss muss vorhanden oder geplant sein (in einigen Gebieten herrscht Anschlusszwang)
Lebensdauer der Anlage	30 Jahre bei direktem Anschluss, 20 Jahren bei indirektem Anschluss
Vorteile	- geringe Investitionskosten - wenig Platzbedarf - Wartungsarbeiten seitens des Nutzers entfallen - kein Schornstein nötig, keine Abgasentwicklung am Ort der Nutzung
Nachteile	- kurzfristiger Anbieterwechsel nicht gegeben
Wärmeübergabesystem	- Heizkörper - Niedertemperatur-Flächenheizungen
Kombinierbar mit	Solarthermie, Photovoltaik, Kaminöfen

4.6 Solaranlagen



Abbildung 44: Solarthermieanlage (Indach-Montage)



Abbildung 45: Photovoltaikanlage (Aufdach-Montage)

Etwa 150 Millionen Kilometer von der Erde entfernt findet in diesem Moment Kernfusion statt. Im Inneren der Sonne entsteht bei hohem Druck und hoher Temperatur aus Wasserstoff Helium. Ein kleiner Teil der dabei frei werdenden Energie trifft in Form von elektromagnetischen Wellen auf die Erde. Irgendwann wird der Wasserstoffvorrat aufgebraucht sein, aber bis dahin werden noch 6 Milliarden Jahre vergehen. Innerhalb dieser Zeit wird die Fusionsreaktion in der Sonne stärker, die Strahlung auf die Erde wird zunehmen. Für menschliche Maßstäbe erscheint die Sonne aber als relativ konstante, unerschöpfliche Energiequelle. Die jährlich auf die Erde auftreffende Energie übersteigt den steigenden Energiebedarf der Menschheit noch immer um ein Tausendfaches. Das Bestreben, diese solare Einstrahlung zum Heizen und zur Warmwasserbereitung zu verwenden, liegt auf der Hand. Schwierigkeiten bereitet dabei vor allem die durch Tages- und Jahreszeiten entstehende zeitliche Verschiebung von Einstrahlung und Bedarf. Hier sind Lösungen zur effizienten Verteilung und Speicherung gefragt.

Gebäudekonzepte, deren Architektur und Anlagenkomponenten auf eine möglichst große Nutzung unserer solaren Einstrahlung ausgelegt sind, heißen z. B. „Sonnenhaus“ oder auch „Sonnen-Energie-Haus®“. Die Begriffe „Solarthermiehäuser“ und „**Solararchitektur**“ versuchen, diese Konzepte zu bündeln.

Bei der Nutzung von solarer Einstrahlung für die thermische Behaglichkeit in Gebäuden kann in eine **passive** und eine **aktive Nutzung** unterschieden werden.

Eine passive Nutzung wird z. B. möglich durch große Südglasfensterflächen, deren Neigungswinkel an die tief stehende Wintersonne angepasst sind (Nutzung des Treibhauseffektes), eine gute Speicherfähigkeit der inneren und der von der Sonne beschienenen Bauteile. Ein guter Wärmedämmstandard, der den Heizwärmebedarf senkt, verstärkt diese Effekte zusätzlich.

Eine aktive Nutzung hingegen geschieht durch den Einsatz von Solaranlagen.

Definition: Solaranlage

Oft wird der Oberbegriff Solaranlagen verwendet. Grundsätzlich wird aber in photovoltaische- und solarthermische Anlagen unterschieden. Photovoltaikanlagen (kurz PV-Anlagen) wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie, Strom um. Solarthermieanlagen nutzen das Sonnenlicht, um ein Medium (meist Wasser) zu erwärmen und machen diese Wärme nutzbar. Photovoltaikanlagen sind in Deutschland sehr viel stärker verbreitet als Solarthermieanlagen. Sie fallen nicht direkt in die Kategorie „Gebäudeheizsysteme“, können aber eine sinnvolle Ergänzung zu diesen darstellen. Besonders bei Heizungsanlagen mit einem hohen Bedarf an elektrischer Hilfsenergie (Wärmepumpe, Heizpatrone im Pufferspeicher) kann die Photovoltaik zum Einsatz kommen.

TIPP! Solarkataster Sachsen

Dient zur ersten Orientierung, ob sich eigene Dachflächen oder eine Freifläche für eine Solarstromnutzung theoretisch eignet mit Hilfe einer einfachen digitalen Kartenanwendung.

→ www.solarkataster-sachsen.de

→ Wärmerezeuger

4.6.1 Solarthermieanlage

Eine Solarthermieanlage besteht aus Solarthermiekollektoren, einem oder zwei Speichern, Wärmetauschern und der Antriebs- und Regelungstechnik (Pumpen, Ventile, Sensoren). Im Gebäudebereich ergeben sich zwei Anwendungsmöglichkeiten für Solarthermie:

- Erwärmung des Trinkwassers
- Heizungsunterstützung

Montagearten

Eine Solarthermieanlage kann verschieden montiert werden:

- **Aufdach-Montage**
- **Indach-Montage**
- **Flachdachanlage (oft aufgeständert)**
- **Fassadenanlage**

Definition: Solarkollektor

Er leitet sich von dem lateinischen Verb für „aufsammeln“ ab. Ein Solarthermiekollektor wird so platziert, dass er tagsüber möglichst lange und verschattungsfrei von der Sonne beschienen wird. Als Montagefläche kommen im Wohngebäudebereich zumeist Dachflächen, selten auch Fassaden oder Freiflächen in Betracht. Im Inneren werden Rohrleitungen von einem Wärmeträgermedium durchflossen, das durch die Sonnenstrahlen erwärmt wird. Als Wärmeträgermedium, auch Solarflüssigkeit genannt, kommt hauptsächlich ein Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch zum Einsatz, damit die Kollektoren auch bei Minusgraden keinen Schaden nehmen.

Die erwärmte Solarflüssigkeit gibt über einen Wärmetauscher Wärme an das Heizwasser ab. Mit dem Heizwasser kann dann wiederum ein Pufferspeicher beladen und über ein Zusatzgerät bedient werden. Als Zusatzheizgeräte kommen z. B. Kaminöfen, Pelletkessel oder Gasbrennwertthermen zum Einsatz.

Kollektortypen

Flachkollektoren und **Vakuümrohrenkollektoren** sind die in Mitteleuropa verbreitetsten Kollektorarten. Bei den teureren Röhrenkollektoren wird das Rohr für die Solarflüssigkeit durch ein Vakuum gedämmt. Sie erreichen höhere Wirkungsgrade und Temperaturen als Flachkollektoren und eignen sich damit vor allem für begrenzte Installationsflächen oder die Bereitstellung von Prozesswärme.



Abbildung 46: Vakuümrohrenkollektor (l.), Flachkollektor (r.)



Abbildung 47: Vakuümrohrenkollektor (aufgeständert)

Flachkollektoren sind äußerlich leicht mit PV-Modulen zu verwechseln. Im Inneren des Kollektorgehäuses befinden sich aber mäanderförmig verlegte Wärmeträgerrohre auf einem Absorberblech. Der Absorber verfügt meist über eine selektive Beschichtung, die dafür sorgt, dass ein möglichst hoher Anteil der auftreffenden Solarstrahlung „absorbiert“ (aufgenommen) und nicht wieder reflektiert wird. Vorderseitig wird der Kasten durch eine Sicherheitsglasscheibe abgedeckt und rückseitig gedämmt. Hier kommen konventionelle Dämmmaterialien zum Einsatz. Unterschiede in der genauen Materialauswahl, Bauweise und Sorgfalt beim Herstellungsprozess haben Einfluss auf den Wirkungsgrad und machen sich im Preis bemerkbar.

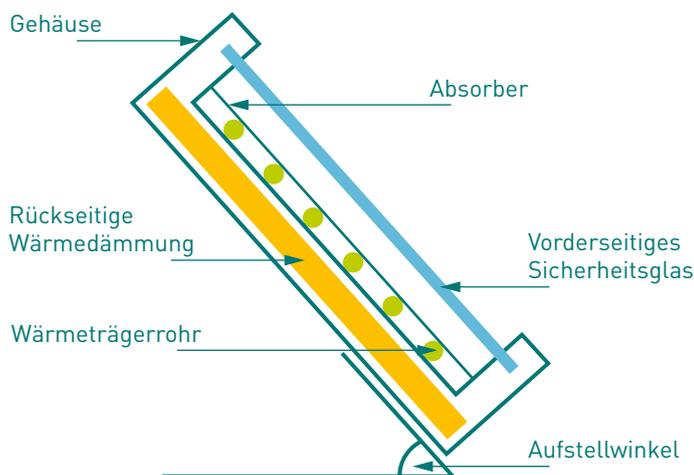


Abbildung 48: Schnittbild Flachkollektor

Am einfachsten aufgebaut sind **Luftkollektoren**: Hier dient Luft als Wärmeträgermedium. Das minimiert die Wartung und Frost stellt kein Problem mehr dar. Um die gleiche Wärmemenge zu transportieren wie ein wasserführender Kollektor sind allerdings deutlich höhere Masseströme auf der Luftseite nötig. Daher kommen sie vor allem in Lüftungsanlagen zum Vorwärmen der Außenluft zum Einsatz, seltener in Heizungsanlagen. Anwendungsbeispiele sind z. B. solare Zuluftsysteme für landwirtschaftlich genutzte Hallen, solarunterstützte Trocknungsanlagen im industriellen oder landwirtschaftlichen Bereich.



Abbildung 49: Solar-Luftkollektoranlage (aufgeständert)

Solare Einstrahlung

Die solare Einstrahlung ist abhängig von der Tages- und Jahreszeit, außerdem von der Bewölkung: Nachts werden die Kollektoren nicht beschienen und den Winter über sind die solaren Erträge deutlich geringer als im Sommer. Der Warmwasserbedarf von Wohngebäuden ist über das Jahr gesehen keinen allzu großen Schwankungen ausgesetzt. Im Verlauf eines Tages steigt der Bedarf jedoch meist in den Morgen- und Abendstunden. Demgegenüber ist der Heizwärmebedarf in Wohngebäuden am höchsten im Winter. Abbildung 50 zeigt die gegenläufigen Potentiale und Verbräuche beispielhaft für ein Wohngebäude. Zu beachten ist außerdem, dass sich auch der Zenitstand der Sonne über das Jahr ändert: Die Sonne steht im Winter tiefer als im Sommer.

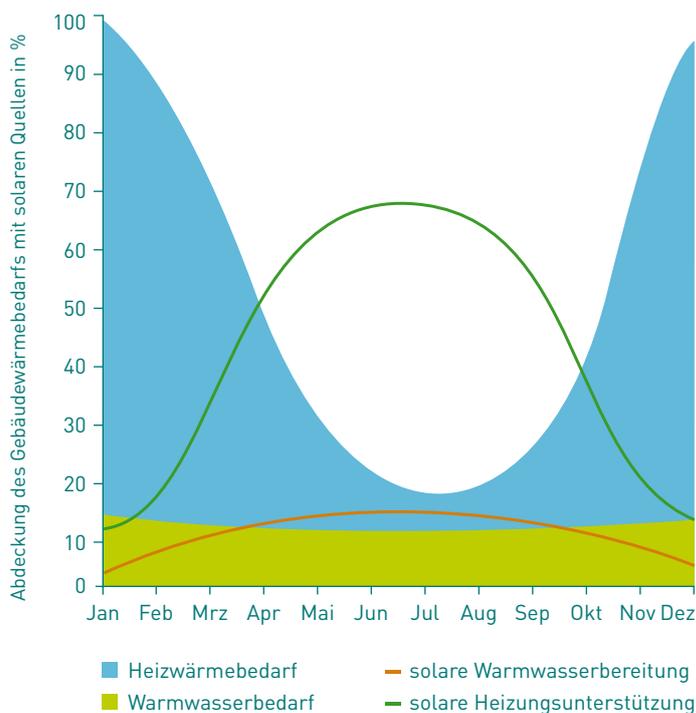


Abbildung 50: Sonnenwärmeangebot und Wärmebedarf für Altbauten und Gebäude in kälteren Regionen

Solarertrag

Mehrere Kennwerte beschreiben die Leistungsfähigkeit einer Solarthermieanlage. Der Solarertrag gibt die Wärmemenge an, die über einen bestimmten Zeitraum z. B. für ein Jahr erzeugt und in einen Pufferspeicher eingebracht wurde. Der spezifische Solarertrag hingegen bezieht diese absolute Wärmemenge auf die Quadratmeter Kollektorfläche in kWh/m²a. Der Wirkungsgrad oder solare Deckungsgrad gibt an, wie viel vom Solarertrag wirklich genutzt werden kann. Zugleich besagt er,

→ Wärmerezeuger

wie viele Wärmeverluste insbesondere bei der Speicherung und Verteilung entstehen und somit, welches Optimierungspotential besteht. Einfluss auf den Wirkungsgrad hat im Wesentlichen die hydraulische Einbindung und funktionale Steuerung im Heizungssystem. Niedrige Heizkreistemperaturen bzw. Niedertemperatursysteme wie Flächenheizungen wirken sich positiv auf den Wirkungsgrad aus. Aber diese Gesamteffizienz ist auch von der Höhe des Wärmeenergieverbrauchs für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung sowie von der Größe und Ausrichtung der Solaranlage abhängig. Die korrekte Auslegung einer Solarthermischen Anlage nach dem Bedarf und dem Temperaturniveau des Heizsystems sowie eine korrekte Steuerung und Regelung ist eine wesentliche Voraussetzung für das Erreichen eines hohen solaren Deckungsgrades. In der Praxis führt das Nichtbeachten dieses Punktes häufig dazu, dass die Jahresnutzungsgrade solarthermischer Anlagen nur bei 20–25 % liegen, obwohl 50–60 % möglich wären.

Stagnation – Was ist das?

Wird die von den Solarthermiekollektoren bereitgestellte Wärme vom voll beladenen Speicher nicht abgenommen, dann steigt die Temperatur der Solarflüssigkeit so weit, dass sie beginnt zu verdampfen. Der darauf folgende Kreislaufstillstand („Stagnation“) gestaltet sich bei richtiger Dimensionierung der Anlage und besonders des Ausdehnungsgefäßes unproblematisch. Ganz spurlos gehen häufige Stagnationszustände aber nicht an Anlage und Solarflüssigkeit vorbei, häufige Stagnation sollte vermieden werden. Sie ist außerdem ein Zeichen dafür, dass die Anlage zu groß für den Bedarf ausgelegt ist.

Auslegung

Wichtige Größen für die Dimensionierung einer Solarthermieanlage sind zum einen der „solare Deckungsgrad“ und zum anderen der „Systemnutzungsgrad“.

Der **solare Deckungsgrad** trifft noch keine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Solaranlage. Er gibt an, welcher Anteil des Wärmebedarfs (Heizung/Trinkwasser) in dem Gebäude solar bereitgestellt wird. Je größer die Anlage, desto größer ist demnach der solare Deckungsgrad. Wärmeüberschüsse, die nicht genutzt werden können, nehmen dabei aber – besonders im Sommer – ebenfalls zu, damit sinkt der Systemnutzungsgrad.

Der **Systemnutzungsgrad** gibt an, wie viel von der Einstrahlung tatsächlich als Nutzwärme abgenommen wird. Der Systemnutzungsgrad steigt, je mehr die solar bereitgestellte Wärme genutzt werden kann.

Ein Pufferspeicher beeinflusst sowohl den Systemnutzungsgrad, als auch den solaren Deckungsgrad positiv.

Bei sogenannten „**Sonnenhäusern**“ mit saisonalen Speichern sind solare Deckungsgrade von 50–95 % möglich, meist wird eine Solarthermieanlage aber als zusätzliche Komponente nachgerüstet, dann liegen die Werte deutlich darunter.



Abbildung 51: Kleine Solarthermieanlage (Indach-Montage)

Bei der Dimensionierung einer Solarthermieanlage steht der Verwendungszweck im Mittelpunkt: einzig Warmwasserbereitung oder in Kombination mit einer Heizungsunterstützung? Wer im Winter die Strahlung der tief stehenden Sonne noch möglichst gut nutzen möchte, sollte die Kollektoren möglichst steil aufstellen. Gleichzeitig bleibt auf steilen Kollektorfleichen weniger Schnee liegen. Ein Neubau bietet hier die Möglichkeit, sowohl die Ausrichtung (Richtung Süden) als auch den Neigungswinkel des Daches von Anfang an mit der geplanten Anlage abzustimmen.

Wärmeübergabesystem

Je niedriger die Vorlauftemperatur des Wärmeübergabesystems, desto geringer liegt die Zieltemperatur, die die Solarthermieanlage erreichen muss, um das Heizungssystem zu unterstützen. Daher eignen sich Niedertemperatur-Heizsysteme wie Fußbodenheizung oder Wandheizung besonders.

Wärmekosten

Brennstoffkosten an sich entstehen bei Solarthermie nicht, die Sonnenstrahlung wird ja nicht gegen Geld eingekauft. Trotzdem entstehen Wärmekosten für die solarthermische Wärmebereitstellung, die sich aus Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten zusammensetzen.

TIPP! Broschüre Solarthermie

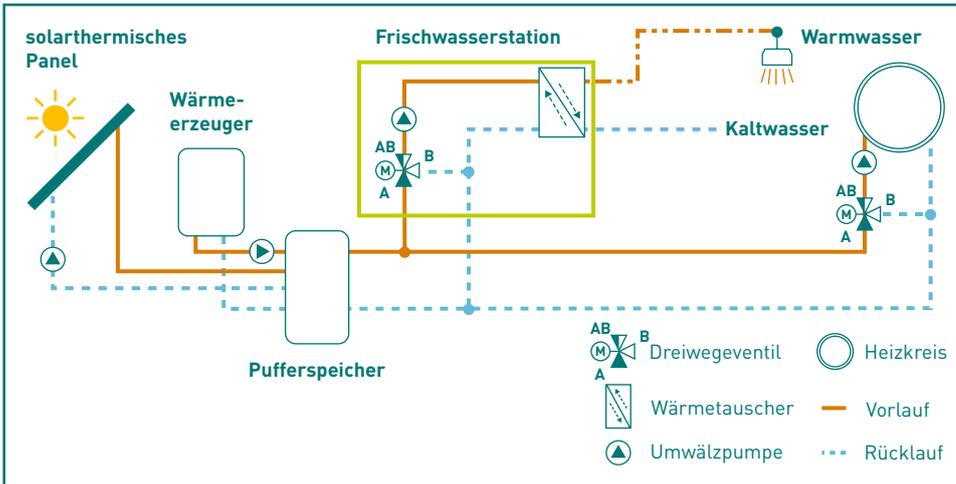
Anwendungsbeispiele und Hinweise bietet die SAENA-Broschüre „Solarthermie. Sonnenenergie – Zum Heizen wärmstens empfohlen.“

→ www.saena.de/broschüren

Solarthermie

- fossil erneuerbar
- gleichzeitige Stromerzeugung

- zur Abdeckung der (sommerlichen) Grundlast Spitzenlast
- monovalente Betriebsweise möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★ ★ ☆ ☆ ☆	★ ★ ★ ☆ ☆	★ ★ ★ ☆ ☆	★ ★ ★ ☆ ☆

Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C

↓ Vorlauf ↓
↑ Rücklauf ↑

Checkliste:

- freie, unverschattete Dachfläche (mit möglichst südlicher Ausrichtung) vorhanden?
- Pufferspeicher möglich/vorhanden?

Energieträger	solare Einstrahlung	
Varianten	Montage: - Auf-Dach-Anlage - In-Dach-Anlage - Flachdachanlage (aufgeständert) - Fassadenanlage	Kollektortypen: - Flachkollektoren - Vakuumröhrenkollektoren
	Vakuumröhrenkollektor: ca. 65 %, Flachkollektor: ca. 50 %, Jahresnutzungsgrad Anlage: ≤ 25 %	
Kollektorwirkungsgrad/Jahresnutzungsgrad	Umgebungswärme: 0,0	
Primärenergiefaktor f_p	9–11 ct/kWh (mit Einbezug der Investitionskosten)	
Spez. Heizkosten	sinnvoll, da auch im Sommer ein relativ konstanter Bedarf vorliegt	
Speicher	Pufferspeicher	
Platzbedarf	Dach: 4–25 m ²	Speicher: 1–2 m ²
Besonderheiten	Kühlung mittels Sorptionsanlagen möglich, allerdings mit erheblichem Platzbedarf (eher für große Gebäude)	
Lebensdauer der Anlage	Flachkollektor: 20 Jahre, Vakuum-Röhrenkollektor: 18 Jahre	
Vorteile	Sonne als kostenlose Primärenergiequelle	
Nachteile	Heizwärmebedarf vor allem in Zeiten geringer solarer Einstrahlung	
Wärmeübergabesystem	Niedertemperatur-Flächenheizungen	
Kombinierbar mit	Spitzenlastkessel/Heizkessel (Öl, Gas, Holz), Photovoltaik	

4.6.2 Photovoltaikanlage

Die direkte Umwandlung von Licht in elektrischen Strom ist mithilfe von Photovoltaik (PV) möglich. Mit einer Photovoltaik-Anlage können Bauherren einen Teil ihres benötigten Stroms selbst erzeugen. Die Photovoltaik gehört zwar nicht in erster Linie zu den Heiztechnologien, sie erweist sich aber häufig als sinnvolle **Kombinationstechnologie zum Heizsystem**. Wärmepumpen z. B. benötigen einen hohen Anteil an elektrischer Antriebs- bzw. Hilfsenergie. Bei weiter sinkenden Preisen für PV-Anlagen werden aber auch andere Möglichkeiten attraktiv, einen Teil des solar erzeugten Stroms dem Heizkreislauf zuzuführen.



Abbildung 52: Aufgeständerte PV-Anlage auf einem Flachdach



Abbildung 53: Photovoltaikanlage (Aufdach-Montage)

Funktionsweise

Photovoltaik-Module für das Dach bestehen aus vielen zusammengesetzten Photovoltaikzellen. Diese basieren meist auf dotiertem Halbleitermaterial. Im Prinzip sind Photovoltaikzellen großflächige Photodioden. Wird ihnen Energie in Form von Lichtstrahlung zugeführt, lösen sich im Halbleitermaterial freie Ladungsträger („Photovoltaischer Effekt“). Die Ladungsverschiebung bewirkt eine Spannung, die sogenannte „Photospannung“. Wird an die Zelle ein äußerer Stromkreis angelegt, fließt durch diesen ein Gleichstrom. Der Stromfluss ist abhängig von der Sonneneinstrahlung, wobei PV-Zellen sowohl das direkte als auch das diffuse Sonnenlicht nutzen können. Für die Nutzung des Stroms im Haushalt wird ein Wechselrichter benötigt, der den Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt.

Zelltypen

Das Spektrum an Solarzellen auf dem Markt ist groß. Unterschieden werden kann hier nach Materialdicke, dem verwendeten Material und der Kristallstruktur des Materials. Das am häufigsten verwendete Material ist Silizium. Die teureren **monokristallinen Zellen** erreichen die höchsten Wirkungsgrade. Einfacher herzustellen, damit kostengünstiger und verbreiteter sind inzwischen **Zellen aus polykristallinem Silizium**. Eine Alternative, die auch aus anderen Materialien, wie z. B. Cadmium-Tellurid (CdTe) hergestellt werden kann, bietet hier die **Dünnschicht-Technologie**, allerdings mit geringerem Wirkungsgrad. Die sehr viel dünneren und leichteren Zellen eignen sich vor allem für große Flächen, die nicht für hohe Traglasten ausgelegt sind. Außerdem fällt ihr Wirkungsgrad bei diffusem Licht nicht so stark ab, weshalb sie gern für Taschenrechner und Uhren verwendet werden.

Aufstellung und Ausrichtung

Der Stromertrag einer Photovoltaik-Anlage ist abhängig von der Sonneneinstrahlung. Bei der Ertragsoptimierung spielt dabei die Ausrichtung und der Aufstellwinkel eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich bringt eine verschattungsfreie Südausrichtung die höchsten Erträge. Aber auch Richtung Süd-Ost/Ost oder Süd-West/West kann sich eine PV-Anlage lohnen.

Bei einer Ausrichtung nach Westen oder Osten lassen sich eventuell Tagesspitzen weniger nutzen, dafür werden hier über einen längeren Zeitraum pro Tag Erträge erzielt, die sich ggf. besser mit den Anwesenheitszeiten der Bewohner decken. Bei der Prüfung von Verschattungsfreiheit sollte auch in die Zukunft gedacht werden: Wie wird sich das Baumwachstum gestalten, gibt es Bebauungspläne für das Nachbargrundstück?



Montagearten

Eine PV-Anlage kann auf verschiedene Weise montiert werden:

- **Aufdach-Montage**
- **Indach-Montage**
- **Flachdachanlage**
- **Fassadenanlage**



Abbildung 54: Photovoltaikanlage (Indach-Montage)

Auf Flachdächern werden die Module meist mit einer speziellen Untergrundkonstruktion aufgeständert, hier können Ausrichtung und Neigungswinkel relativ frei gewählt werden. Eine In-Dach-Montage lohnt sich, wenn das Dach sowieso neu gedeckt wird, ersetzt Teile der Dacheindeckung und fügt sich harmonischer in das Gebäude ein. Die Verbindung von PV-Modulen und übriger Dacheindeckung muss sehr sorgfältig erfolgen, damit keine Undichtigkeiten entstehen. Inzwischen hält der Markt allerdings eine Vielzahl an Anschlusselementen bereit.

Bei Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen, muss der Bau einer PV-Anlage mit der zuständigen Denkmalbehörde geklärt werden. Eine PV-Anlage auf einem denkmalgeschützten Haus ist nicht per se unmöglich, kann aber mit besonderen Auflagen verbunden sein, z. B. schwarze Module bei einer Schieferendeckung.

Hinterlüftung

Hohe Temperaturen an den Modulen beeinflussen den Wirkungsgrad negativ. Um die Modultemperatur gerade bei sommerlichen Außentemperaturen möglichst gering zu halten, hilft eine gute Hinterlüftung. Hier haben Auf-Dach-Module gegenüber In-Dach-Modulen den Vorteil, dass sie mit einem Abstand von mehreren Zentimetern zur Dachhaut montiert werden können, sodass im Zwischenraum ein Kamineffekt entstehen kann. Auch der Wechselrichter sollte an einem trockenen und möglichst kühlen Ort montieren werden.

Eigenverbrauchsquote und Autarkiegrad

Zur Bewertung einer PV-Anlage werden gern Prozentzahlen wie die Eigenverbrauchsquote oder der Autarkiegrad berechnet. Dabei ergeben sich für beide unterschiedliche Werte, da sie nicht auf den gleichen Größen basieren. Die **Eigenverbrauchsquote** gibt an, wie hoch – in einem bestimmten Zeitraum, meist ein Jahr – der Anteil des selbst genutzten Stroms am produzierten Strom ist:

Eigenverbrauchsquote (in %)

$$= \frac{\text{Eigenverbrauch des solar erzeugten Stromes}}{\text{gesamter solar erzeugter Strom} \cdot 100}$$

Der verbleibende Anteil wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Der **Autarkiegrad** gibt dagegen an, wie hoch der Anteil des selbst genutzten solar erzeugten Stroms am gesamten Stromverbrauch (wieder über einen bestimmten Zeitraum, bspw. ein Jahr gesehen) ist:

$$\text{Autarkiegrad (in \%)} = \frac{\text{Eigenverbrauch des solar erzeugten Stromes}}{\text{gesamter Stromverbrauch} \cdot 100}$$

STC – Was ist das?

Die Frage nach der Größe einer Anlage wird häufig mit einer Leistungsangabe in „kWp“, „Kilowatt Peak“ angegeben. Gemeint ist die Nennleistung der Anlage, die auf dem Prüfstand unter ganz bestimmten idealen Voraussetzungen (Globalstrahlung, Außentemperatur, ...), den „Standard Test Conditions“ (STC) erbracht wurde. Der Kennwert erleichtert einen Vergleich von PV-Modulen untereinander, gibt allerdings wenig Aufschluss über das eigentliche Betriebsverhalten.

Einspeiservergütung

Eine Förderung für PV-Anlagen erfolgt über die Einspeiservergütung. Diese wurde im Jahr 2000 im Zuge des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eingeführt und betrug damals noch über 50 ct/kWh PV-Strom. Seitdem ist sie auf ein Fünftel bis Sechstel gesunken. Sie ist abhängig von der Größe der Anlage (kleinste Leistungsklasse bis 10 kWp) und hängt vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme ab. Ab dann ist sie für 20 Jahre festgelegt. Dass PV-Anlagen dennoch eine lohnende Investition darstellen können, liegt auch daran, dass seit dem Jahr 2000 die Preise für PV-Module gesunken sind, während der Wirkungsgrad gestiegen ist. Da die Vergütung für eingespeisten Strom allerdings deutlich unter dem Bezugspreis für Strom aus dem Netz liegt, sollte ein möglichst großer Anteil des PV-Stroms (Eigenverbrauch) selbst genutzt werden.

Einspeisemanagement

Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind Netzbetreiber verpflichtet, PV-Anlagen vorrangig an ihr Netz anzuschließen. Um eine Überbelastung des Stromnetzes zu vermeiden, gibt es dennoch Eingriffsmöglichkeiten in die maximale Einspeisung. Diese Leistungsbegrenzung ist im September 2022 für Neuanlagen bis 25 kWp und ab 2023 für alle Bestandsanlagen bis 7 kWp weggefallen. Dadurch kann theoretisch auch 100 % des erzeugten Solarstroms in das Stromnetz eingespeist werden.

Für Anlagen über 25 kWp besteht weiterhin eine Pflicht zum Einspeisemanagement. Betreiber von diesen Anlagen, müssen über ein Smart-Meter-Gateway die Ist-Einspeisung abrufen können und die Einspeiseleistung stufenweise oder, sobald die technische Möglichkeit besteht, stufenlos ferngesteuert regeln können.

Stromspeicher

Eine Möglichkeit, PV-Strom für eine zeitlich verschobene Eigennutzung zwischen zu speichern, ist natürlich ein **Solarstromspeicher**, ein Akku. Das kann z. B. auch eine Ladestation für Elektroautos sein. Üblich sind Blei- und Lithiumakkumulatoren, deren Vor- und Nachteile abzuwägen sind.

Generell sind Solarstromspeicher noch immer eine kostenintensive Anschaffung, die allerdings seit 2013 gefördert wird. Ein Stromspeicher erhöht sowohl den Autarkiegrad als auch die Eigenverbrauchsquote.

Eine Daumenregel für eine übliche Dimensionierung eines Stromspeichers für die eigene PV-Anlage ist eine Kilowattstunde Nenn-Speicherkapazität je 1.000 kWh/a Stromverbrauch des Haushaltes.



Abbildung 55: Modularer Stromspeicher mit PV-Wechselrichter

Angeboten werden aber auch **Elektroheizstäbe**, die in den Pufferspeicher des Heizsystems integriert werden können. Elektroheizstäbe sind stabförmige Heizelemente, die sich erwärmen, wenn sie von Strom durchflossen werden und diese Wärme dann an das Wasser im Pufferspeicher abgeben. Ein Steuerungssystem regelt das Zuschalten des Heizstabes, sodass bei PV-Erträgen zunächst der momentane Haushaltsstrom-Bedarf gedeckt wird.

TIPP! Broschüre Leitfaden Photovoltaik

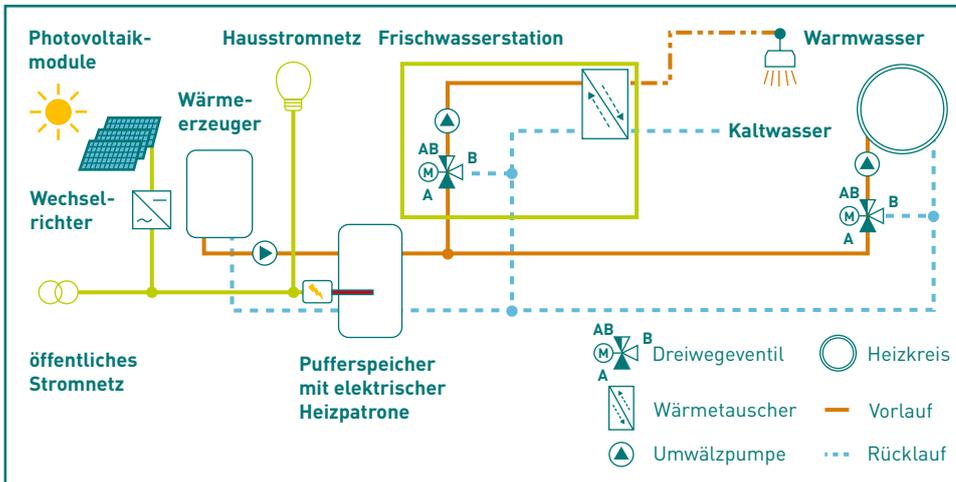
Unter welchen Bedingungen ein hoher Eigenstromverbrauch möglich ist und was bei der Planung und Errichtung einer PV-Anlage zu beachten ist, wird in diesem Leitfaden näher erläutert.

→ www.saena.de/broschüren

- fossil erneuerbar
- Stromerzeugung

Photovoltaik

anteilige Abdeckung des Haushalts- und Hilfsstroms sowie des Heizungs- und Warmwasserbedarfs möglich



Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★☆☆

Systemtemperaturen: 30 °C 70 °C

↑ Rücklauf ↓ Vorlauf

- Checkliste:**
- freie, unverschattete Dachfläche (mit möglichst südlicher Ausrichtung) vorhanden?
 - Statik des Daches geeignet

Energieträger	solare Einstrahlung	
Varianten	Montage:	Gängigste Zelltypen:
	- Auf-Dach-Anlage - In-Dach-Anlage - Flachdachanlage (aufgeständert) - Fassadenanlage	
Wirkungsgrad	Modulwirkungsgrad: wird stetig besser, Monokristalline Zellen: 18-24 %, Polykristalline Zellen: 14-18 %, Dünnschichttechnologie: 7-14 %	
Primärenergiefaktor f_p	nicht erneuerbarer Anteil: 0,0	
Spez. Heizkosten	Stromgestehungskosten PV: 10-15 ct/kWh Einspeisevergütung: unter 10 ct/kWh (bei Anlagen bis 10kWp; Stand Juni 2023) Preis für Netzbezug: 28-38 ct/kWh für den Strom	
Trinkwassererwärmung (TWE)	anteilig über einen Elektroheizstab oder elektrische Ladestation möglich	
Speicher	Stromspeicher und/oder Wasserspeicher	
Platzbedarf	monokristalline Module: ca. 4,5 m ² /kWp polykristalline Module: ca. 5,0 m ² /kWp	
Besonderheiten	- Unterstützung einer elektrischen Klimaanlage möglich - Flachdachanlage erfordert zusätzliche Aufständigung - Netzanschluss ist beim Netzbetreiber anzumelden	
Lebensdauer der Anlage	PV-Module: ≥ 20 Jahre, Wechselrichter: ca. 10 Jahre	
Vorteile	- Einspeisevergütung für 20 Jahre garantiert - sinkender Strombezug aus dem Netz	
Nachteile	- Stromproduktion ist von der solaren Einstrahlung abhängig - Verschattungen der Module beeinträchtigen den Ertrag	
Kombinierbar mit	Wärmepumpe, Mini-BHKW, Heizkessel (Gas, Öl, Biomasse), Solarthermie, Kamin	

4.7 Infrarotheizung

Der Astronom Wilhelm Herschel ließ um das Jahr 1800 Sonnenlicht durch ein Prisma fallen und maß mit einem Thermometer die Temperatur der einzelnen Farbbereiche des ausfallenden Lichts. Dabei bemerkte er, dass die Temperatur jenseits des sichtbaren roten Bereichs am höchsten war: Die Infrarotstrahlung war entdeckt. Infrarotstrahlen sind elektromagnetische Strahlen mit einer größeren Wellenlänge als im für den Menschen sichtbaren Bereich: Wir können sie nicht sehen, aber als Wärme auf der Haut spüren.

Funktionsweise

Eine Infrarotheizung basiert auf dem Grundsatz, dass alle Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes Wärmestrahlung aussenden. Ein Infrarotstrahler tut dies im infraroten Wellenlängenbereich. Der Wärmetransport bei konventionellen Heizkörpern beruht auf einer Kombination von Konvektion und Strahlung, wobei der Anteil der Konvektion meist überwiegt. Demgegenüber ist der Anteil der **Strahlungswärme** bei Infrarotheizungen besonders hoch. Die Infrarotstrahlung erwärmt die von ihr angestrahlten Objekte im Raum, wie Fußböden, Wände, Decken, Einrichtungsgegenstände und Menschen. Es wird hier auch von „Raumhüllentemperierung“ gesprochen. Diese Strahlungswärme wird im Allgemeinen als sehr angenehm empfunden. Bei Strahlungsheizungen stellt sich in der Regel bereits bei 2–3 °C niedrigerer Lufttemperatur das gleiche Behaglichkeitsempfinden ein, wie bei klassischen Heizkörpern.

Varianten

Infrarotstrahler sind vor allem aus der Medizin, der Beheizung großer Hallen und der Tieraufzucht bekannt. Sie können mit Gas oder mit Strom betrieben werden. Im Wohnbereich kommen vor allem **elektrisch betriebene Infrarotheizelemente** zum Einsatz. Diese haben meist die Form und die Dicke eines großen Wandbildes. Die Technik basiert auf einer elektrischen Widerstandsheizung, die sich hinter der vorderen Abdeckung befindet. Diese erwärmt sich auf 80–200 °C, wenn sie mit Strom durchfließen wird. An der Rückseite befindet sich daher eine nicht brennbare Isolationsschicht. Die vordere Abdeckung sollte dagegen aus einem Material bestehen, das Wärme gut transportieren und abstrahlen kann. Das kann z. B. Glas, Keramik oder pulverbeschichtetes Aluminium sein.

Erhältlich sind sowohl Decken- als auch Wandelemente, wobei der Temperaturbereich der Heizleiter bei Wandelementen höher liegen kann, da hier nicht so sehr auf die Verbrennungsgefahr bei Berührung geachtet werden muss. Die Frontflächen werden häufig zusätzlich als **Dekorationselemente** genutzt: Infrarotheizungen sind z. B. mit Spiegel-, Bild- oder Kreidetafeloberfläche erhältlich. Deckenelemente können außerdem mit einer Beleuchtung kombiniert sein.

Infrarotheizungen können aber auch als eine Flächentemperierung für Wand, Decke und Fußboden mit geringeren elektrischen Leistungen installiert werden.

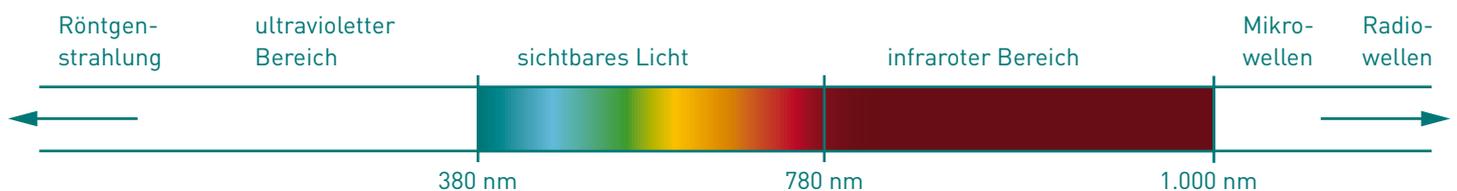


Abbildung 56: Infrarot-Heizpaneel als Wandbild



Abbildung 57: Infrarot-Wandheizpaneel

Montage und Steuerung

Infrarot-Heizpaneele können an Wände und Decken montiert und an das 230 V Stromnetz angeschlossen werden. Auch die Umrüstung einer Nachtspeicher- auf eine Infrarotheizung ist unkompliziert möglich. Für Flächentemperierungen werden Heizfolien oder Gitter auf Fußboden-, Wand- und Deckenflächen verklebt oder verspachtelt. Die Leistung bzw. Größe einer Infrarotheizung ist von der erforderlichen Heizlast des jeweiligen Raumes abhängig. Die Steuerung der Heizzeiten erfolgt über Raumthermostate, Zeitschaltuhren oder Bewegungsmelder.

Kosten

Die Kosten setzen sich – wie bei anderen Heiztechnologien auch – aus den Investitionskosten und den Betriebs- und Wartungskosten zusammen. Wobei die Anschaffung hier deutlich günstiger ist: Die Anlagentechnik, die sonst für den Heizkreislauf nötig ist, wie Rohrleitungen, Speicher, Ausdehnungsgefäße und Abgasführung, entfällt. Ein Genehmigungsverfahren ist ebenfalls nicht notwendig.

Auch die Wartung hält sich in Grenzen, es fallen keine Verbrennungsprodukte an, die regelmäßig beseitigt werden müssten. Die Betriebskosten werden allerdings vom Strompreis bestimmt – und der liegt (in Kilowattstunden) ungefähr fünfmal höher als der Erdgaspreis. Wie hoch der CO₂-Ausstoß ist, hängt von der Art des bezogenen Stroms ab. Auch liegen die Wirkungsgrade der Kraftwerke zur Stromerzeugung bei nur ca. 45–60 %. Eine Förderung für Stromdirektheizungen gibt es aus diesen Gründen nicht.

Mögliche Einsatzbereiche

Sinnvolle Einsatzbereiche für Infrarotheizungen sind vor allem sehr gut gedämmte Gebäude mit einem geringen Heizwärmebedarf, wie **Niedrigenergie- oder Passivhäuser**, vor allem, wenn noch keine Komponenten eines wasserbasierten Heizkreislaufes vorhanden sind. Oder Räume, die nur selten genutzt werden, wie Gästezimmer oder Freizeiträume im Keller. Hier ist die kurze Reaktionszeit der Infrarotheizung von Vorteil: die Wärme ist schnell spürbar. Kombiniert mit einer Photovoltaikanlage (und eventuell einem Speicher) kann zumindest ein kleiner Teil des benötigten Stromes selbst vor Ort erzeugt und für die Infrarotheizung genutzt werden. Bei Niedrigenergiegebäuden sind bis zu 30 % der Heizenergie mit Photovoltaik-Strom abdeckbar. Dabei muss beachtet werden, dass die Trinkwassererwärmung separat erfolgen muss, da sie hier nicht mit der Heizung kombiniert werden kann.

Zukünftig könnten Gebäude mit Infrarotheizsystemen und einer hocheffizienten Gebäudehülle netzstabilisierend wirken, da sie sehr schnell auf Stromschwankungen im Stromverteilnetz reagieren und diese ausgleichen können.



Abbildung 58: Infrarot-Heizpaneel als Kreidetafel

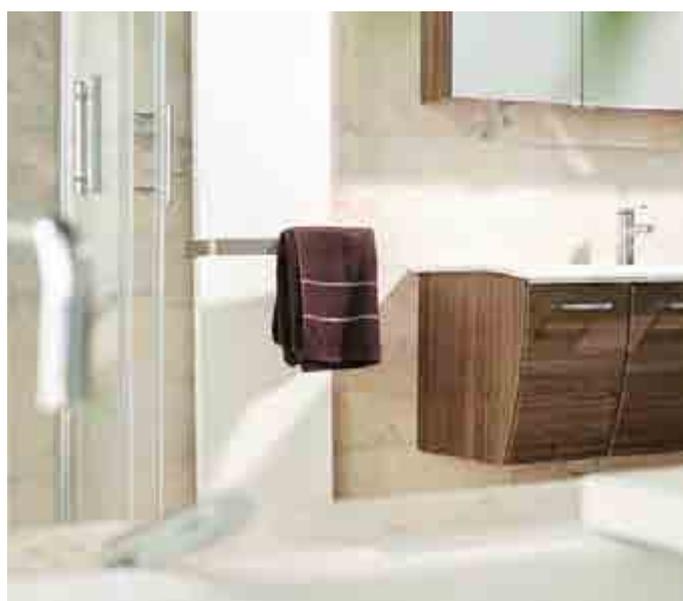


Abbildung 59: Infrarot-Heizpaneel als Handtuchhalter

→ Wärmeerzeuger

Steckbrief

Infrarotheizung

anteilig fossil erneuerbar

geeignet zur Abdeckung der Grundlast Spitzenlast
 monovalente Betriebsweise möglich

Sanierung	Neubau	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
★ ★ ☆ ☆ ☆	★ ★ ★ ★ ☆	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ☆ ☆

Nur geeignet bei hohem wärmetechnischen Standart der baulichen Hülle.
Kein wasserführendes System!

Checkliste:

- guter Wärmeschutz der Gebäudehülle
- Stromanschluss ausreichend

Energieträger	Strom
Varianten	- Wandelemente - Deckenelemente
Wirkungsgrad	Infrarottheizelement: ca. 86 %
Primärenergiefaktor f_p	allgemeiner Strommix: 1,8
Spez. Heizkosten	Haushaltsstromtarif 28–38 ct/kWh _{el} (Stand Juni 2023)
Trinkwassererwärmung (TWE)	nicht möglich
Speicher	nicht erforderlich
Platzbedarf	je nach Raumgröße 0,5–2 m ² Wand-/Deckenfläche
Besonderheiten	- direktelektrische Heizung - sehr hoher Anteil an Strahlungswärme
Lebensdauer der Anlage	15–20 Jahre
Vorteile	- niedrige Investitions- und Wartungskosten - sehr platzsparend - einfache Montage - Oberfläche als Dekoelement nutzbar
Nachteile	- höhere Betriebskosten - nur Erwärmung der angestrahlten Fläche
Kombinierbar mit	Kaminofen

5 Multivalente Heizsysteme (Hybridheizung)

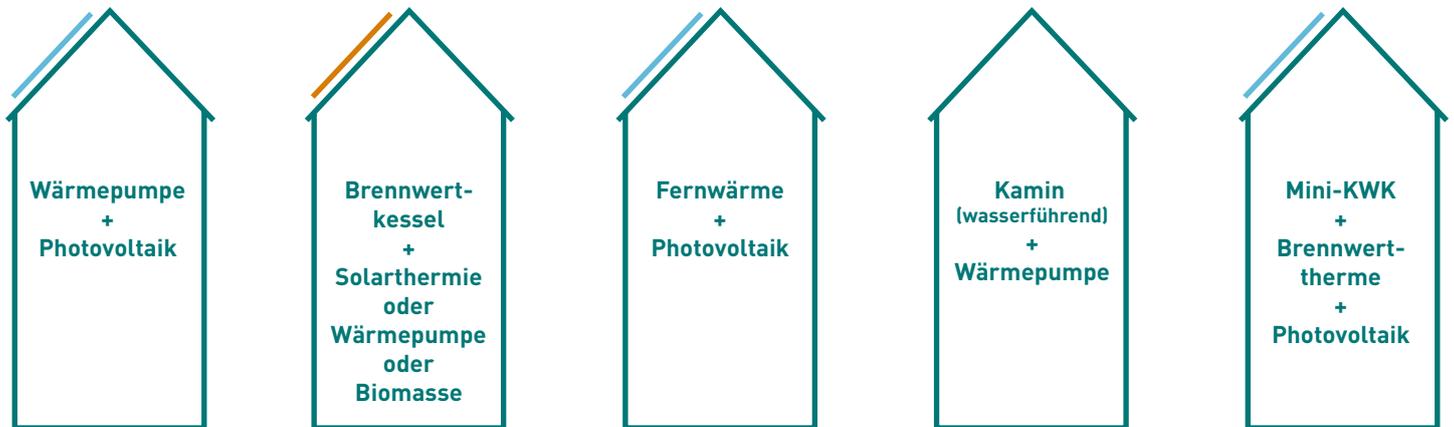


Abbildung 60: Beispiele für gängige multivalente Gebäudeheizsysteme

Während die Bezeichnung „monovalentes Heizsystem“ (monovalent = einwertig) bedeutet, dass nur ein Wärmeerzeuger ganzjährig für die Wärmebereitstellung zuständig ist, sind es bei einem „bivalenten Heizsystem“ (auch: Hybridheizung) schon zwei und äquivalent bei einem multivalentem Heizsystem mehrere, mindestens zwei Wärme-/Energieerzeuger.

Mit der steigenden Integration von Erneuerbaren Energien, die wie die solare Einstrahlung fluktuieren, d. h. mit schwankender Intensität zur Verfügung stehen, gewinnen auch multivalente Heizsysteme stärker an Bedeutung.

Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten und Kriterien, nach denen die verschiedenen Wärmeerzeuger zugeregelt oder abgeschaltet werden können.

Im **bivalent-alternierenden Betrieb** ist immer nur ein Wärmeerzeuger aktiv. Je nach Verfügbarkeit der Wärmequelle (z. B. der solaren Einstrahlung bei der Solarthermie), oder dem Erreichen einer Wirtschaftlichkeitsgrenze (z. B. durch eine niedrige Außentemperatur bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe) wird der Wärmeerzeuger gewechselt (z. B. auf eine Gas-Brennwerttherme). Im Gegensatz dazu gibt es im **bivalent-parallelen Betrieb** Betriebszustände, innerhalb derer zwei oder mehrere Wärmeerzeuger gleichzeitig anteilig die benötigte Wärme für Heizung oder Warmwasser liefern.

So kann z. B. ab einer bestimmten Außentemperatur der Luft-Wasser-Wärmepumpe die Gasbrennwerttherme zugeregelt werden. Im Vergleich zum bivalent-alternierenden Betrieb erreichen hier Wärmeerzeuger, die mit erneuerbaren Energien arbeiten, einen etwas höheren Anteil am Jahreswärmebedarf, allerdings gestaltet sich die Regelung deutlich komplexer.

Wichtig ist für alle multivalenten Systeme eine fundierte Berechnung und Planung der **Bivalenzpunkte**, d. h. des Zu- bzw. Umschaltpunktes der einzelnen Wärmeerzeuger.

Abbildung 60 zeigt eine kleine Auswahl an gängigen Kombinationen von Wärmeerzeugern, die im Folgenden kurz mit ihren Vorteilen vorgestellt werden sollen.

Kombination Wärmepumpe und Photovoltaikanlage

Mit sinkender Einspeisevergütung wird die Eigennutzung des Stroms, der von der eigenen Photovoltaikanlage produziert wird, wirtschaftlich immer vorteilhafter bzw. wirtschaftlich notwendig – vor allem, da die Stromgestehungskosten unterhalb des Netzeinspeisepreises liegen. Die anteilige Deckung des Strombedarfs einer Wärmepumpe zum Heizen eines Gebäudes kann daher für eine höhere Eigenverbrauchsquote des erzeugten PV-Stroms sorgen. Im Gegenzug wird die Wärmepumpe mit einem höheren Anteil an Strom aus Erneuerbaren Energiequellen gedeckt, als das bei reinem Netzbezug aktuell der Fall ist. PV-Anlage und Wärmepumpe passen in Bezug auf den Deckungsgrad umso besser zusammen, wenn mit ihnen nicht nur geheizt, sondern auch gekühlt werden soll. Wichtig für das Zusammenspiel beider Komponenten ist eine gute Regelung, z. B. über ein Energiemanagement-System.



Abbildung 61: Gas-Hybridheizung mit Gas-Brennwertgerät und Luft-Wasser-Wärmepumpe

Kombination Brennwertkessel und Solarthermie

Eine alleinige Deckung des Wärmebedarfes eines Gebäudes über eine Solarthermieanlage ist kaum möglich. Solare Deckungsgrade von 50 % oder 70 % sind mit sogenannten Solarthermiehäusern möglich. Hier fließt die gewollte Nutzung der solaren Einstrahlung allerdings schon erheblich in die Architektur des Gebäudes ein und es wird viel Aufwand und Platz in die (saisonale) Speicherung gesteckt. Die Kombination mit einem weiteren Wärmeerzeuger ermöglicht hier eine vergleichsweise einfache Integration der Solarthermieanlage in das System zur Wärmeerzeugung. Ein Gasbrennwertkessel bietet den Vorteil einer schnellen und automatischen Zuschaltung sowie eine gute Modulierbarkeit.

Kombination Wasserführender Kamin und Wärmepumpe

Sowohl bei Neubauten als auch bei der energetischen Ertüchtigung bestehender Wohngebäude planen die Bauherren unabhängig zum primären Heizsystem häufig den Einbau eines Kamins bzw. eines holzbeheizten Ofens als eigenständigen zusätzlichen Wärmeerzeuger, der bei Bedarfs betrieben wird. Hierbei stellt das angenehme Gefühl, welches sich an kalten Tagen einstellt, wenn das Holz in der Feuerstätte brennt, das wohl wichtigste Entscheidungskriterium zum Einbau dar und nicht die ursächliche Möglichkeit der Senkung der Wärmekosten durch die Nutzung nachwachsender Biomasse.

Die Installation dieser sekundären Wärmeerzeuger in wasserführender Ausführung hat jedoch eine Reihe von Vorteilen gegenüber der Variante ohne Wasserführung.

Wasserführung bedeutet, dass sich im Abgasstrom ein Wärmetauscher mit dem Wärmeträgermedium Wasser befindet, welcher 60–80 % der in der Abwärme des Abgases enthaltenen Wärme rückgewinnt, im Pufferspeicher einlagert und für die Gebäudeheizung und die Warmwasserbereitung nutzen kann. Der Pufferspeicher ist bei Heizungssystemen mit Wärmepumpe als primärer Wärmeerzeuger oft schon vorhanden, sodass die Mehrinvestition auf den zusätzlichen Abgaswärmetauscher sowie die hydraulischen und regelungsseitigen Aufwendungen entfällt. Die Einsparung ergibt sich aus der Nutzung des sonst an die Umgebung abgegebenen Wärmeinhalts des warmen Abgases. Ein weiterer Vorteil ist das Vorhandensein eines weiteren vom primären Energieträger Strom unabhängigen Heizmediums. Eine pauschale Aussage zur Wirtschaftlichkeit dieser Anlagenkombination ist nicht seriös möglich, da diese vom individuellen Heizverhalten sowie den Kosten abhängig ist, die für das Brennholz anfallen.

Da aber die Wirtschaftlichkeit wie beschrieben nicht das hauptsächliche Entscheidungskriterium für den Einbau eines Kamins oder Ofens darstellt, ob nun wasserführend oder nicht, hängt die Entscheidung maßgeblich davon ab, ob die Bauherren den erforderlichen finanziellen Spielraum besitzen.

Kombination Mini-KWK, Wärmepumpe und PV-Anlage

Die Kombination einer Mini-KWK, einer Wärmepumpe und einer PV-Anlage stellt praktisch einen Sonderfall der bereits beschriebenen Kombination einer Wärmepumpe und einer PV-Anlage dar. Im Gegensatz zu anderen Kombinationen verschiedener Energieerzeuger muss für diese Anlagenkombination eine absolut exakte Auslegung auf den Anwendungsfall erfolgen.

Die technische und vor allem wirtschaftliche Besonderheit dieser Kombination aus drei Erzeugern liegt hierbei sowohl in der nicht unerheblichen Investitionssumme als auch in der Tatsache, dass die wirtschaftlichen Erlöse der Mini-KWK genau wie bei der PV-Anlage auf der Seite der Stromerzeugung generiert werden. Hierbei gilt die Prämisse, dass möglichst das Maximum des erzeugten Stroms im Gebäude selbst verbraucht werden sollte, da für diese Nutzung der finanzielle Vorteil am größten ist.

Da in einer Mini-KWK Anlage parallel Wärme und Strom erzeugt werden, wird im Fall des wärmegeführten Betriebes immer dann Strom erzeugt, wenn es im Gebäude einen Wärmebedarf gibt z. B. für Heizung und Warmwasser. Gleichzeitig sollte die Mini-KWK Anlage möglichst wenig Strom ins öffentliche Netz einspeisen, um die Wirtschaftlichkeit nicht zu verschlechtern (1 kWh selbstverbraucher Strom hat einen Wert von 28–38 ct/kWh, 1 kWh eingespeister Strom hingegen nur 7–12 ct/kWh). Die Mini-KWK sollte daher überwiegend die elektrische Grundlast abdecken, die im EFH in den Nachstunden kaum höher ist als 100–200 Watt. Die PV Anlage wiederum sollte nicht zu groß sein, da nur 70 % der erzeugten Menge an PV-Strom vergütet werden und somit aus wirtschaftlichen Gründen die nicht vergütete Strommenge ebenfalls im Haus verbraucht werden sollte. Wäre die Mini-KWK Anlage zu groß ausgelegt, wäre dieser Anteil sonst verloren.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass diese Anlagenkombination nur für Gebäude mit hohen Stromverbräuchen geeignet ist und für mögliche Einsatzfälle im Vorfeld eine detaillierte zeit aufgelöste Messung von Wärme- und Stromverbrauch empfohlen wird.

Kombination Fernwärme und Photovoltaik

Grundsätzlich kann eine Photovoltaikanlage mit jeder Heizungsanlage kombiniert werden, auch mit einem Fernwärmeanschluss. Bei dieser Kombination wird der eigens erzeugte Strom aber nur für Heizungs- und Warmwasserumwälzpumpen und für den Haushaltsstromverbrauch anteilig genutzt. Eine direkte Heizungsunterstützung durch den eigenen Strom macht bei dieser Variante weniger Sinn.

6 Wärmeübergabesysteme

Die Zufuhr von Heizwärme in den Raum wird als Wärmeübergabe bezeichnet. Die dafür erforderlichen Wärmeübertrager werden deshalb unter dem Begriff Wärmeübergabesysteme zusammengefasst. Grundlegend kann in Raumheizkörper und Flächenheizungen unterschieden werden. Die Wärmeübertragung erfolgt entweder über die Erwärmung von Raumluft und der daraus resultierenden Luftkonvektion oder über Wärmestrahlung. Die Größe der benötigten wärmeübertragenden Fläche ist von den Systemtemperaturen (Vor- und Rücklaufemperatur) der Heizung bzw. der Art der Heizung (z. B. Infrarotheizung) abhängig. Dies hat bei wasserführenden Wärmeübergabesystemen zur Folge, dass, je geringer die Vorlaufemperatur ist, desto größer der Raumheizkörper oder die Heizfläche (geringerer Verlegetabstand der Rohrleitungen bei Flächenheizsystemen) für die Abgabe der Wärme sein muss.

Anteil Strahlungswärme von Heiz- und Wärmeübergabesystemen:

Heizlüfter	1 bis 5 %
Elektro-Nachtspeicherofen	5 bis 15 %
Radiator	10 bis 30 %
Plattenheizkörper	20 bis 50 %
Fußbodenheizung	30 bis 80 %
Infrarotpaneel	40 bis 90 %
Wandheizung	50 bis 90 %
Kachelofen	50 bis 90 %

Der Anteil der Strahlungswärme hängt vor allem von Fläche, Bauform, Materialwahl und Temperatur ab. Der Rest zu 100 % ist Konvektionswärme.

6.1 Raumheizkörper

Heizkörper sind im Raum angeordnete Wärmeverteiler. Sie übertragen die vom Heizmedium (warmes Wasser) gelieferte Wärme an den Raum durch Strahlung über die sichtbare Fläche und durch Konvektion über die luftdurchströmten Bereiche. Abhängig von der Bauart und der Heizkörpertemperatur variiert das Verhältnis der Wärmeübertragungsarten.

Es gibt folgende Arten von Raumheizkörpern:

- Gliederheizkörper, auch Radiatoren genannt, z. B. Stahlradiatoren, Gussradiatoren, Röhrenradiatoren und die Sonderbauform Handtuchheizkörper
- Plattenheizkörper, auch Flachheizkörper oder Kompaktheizkörper genannt
- Gebläsekonvektoren
- Rohrheizkörper und Rippenrohrheizkörper auch Rippenrohr radiator genannt
- Sonderformen, wie z. B. Sockelheizkörper (auch Heizleisten oder Fußleistenheizung genannt)



Abbildung 62: Moderner Flachheizkörper

6.2 Flächenheizung

Bei Flächenheizungen erfolgt die Wärmeabgabe über Böden, Decken oder Wände. In diese werden Heizrohre oder andere Hohlprofile verlegt, die von Wasser als Heizmedium durchströmt werden. Das warme Wasser heizt die Flächen auf und diese geben die Wärme in Form von Strahlungswärme an den Raum ab. Damit wird ein gleichmäßiges Temperaturprofil erzielt. Das hat zur Folge, dass ein Raum wärmer empfunden wird und so die Raumlufttemperatur niedriger gehalten werden kann. Neben der Einsparung von Energie durch geringere Heiztemperaturen verbessern sich damit auch die lufthygienischen Verhältnisse im Raum. Eine weitere Form sind elektrische Flächenheizungen, bei denen Heizleiter direkt unter dem Bodenbelag (z. B. Fliesen) verlegt werden und die Wärme direkt durch Strom erzeugt wird.

Es gibt folgende Arten von Flächenheizungen:

- Fußbodenheizungen
- Wandheizungen
- Deckenheizungen



Abbildung 63: Einbau einer Fußbodenheizung

7 Warmwasserbereitung

Erwärmtes Trinkwasser, das zu jeder Tages- und Nachtzeit an den Zapfstellen des Haushalts (Wasserhähne, Dusche, ...) mit einer Temperatur zwischen 30–60 °C verfügbar ist, ist für die meisten Menschen in Deutschland selbstverständlicher Teil des Wohnkomforts.

In Wohngebäuden werden zumeist zwei Arten von Warmwasser verwendet: **Heizwasser** und **Trinkwarmwasser**. Die Anforderungen an verschiedene Parameter der Wasserqualität unterscheiden sich hier – und damit auch die Anforderung an die Materialien, mit denen das Wasser in Kontakt steht.

Die Höhe des Trinkwarmwasserverbrauchs eines Gebäudes oder einer Wohnung hängt von der Anzahl der Verbraucher sowie deren Koch-, Wasch- und Badegewohnheiten ab.

Für beide Wasserkreisläufe können je nach verwendeter Heiztechnologie in Wohngebäuden Pufferspeicher sinnvoll bis nötig sein, um eine schnelle Verfügbarkeit von Warmwasser zu garantieren. Im Folgenden soll kurz dargestellt werden, welche Möglichkeiten der Warmwasserspeicherung es gibt. Eine wesentliche Unterscheidung ist die in **direkt** und **indirekt beladene Speicher**.

Wärmeverluste

Ist der Speicher geladen, können Wärmeverluste aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen Speichermedium und Umgebung nicht ganz verhindert, aber durch Dämmung minimiert werden. Auch die zumeist **zylindrische Form** von Speichern ist nicht zufällig, sondern aufgrund des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen gewählt. Mit abnehmender Oberfläche sinkt auch die Wärmeabgabe des Speichermediums an die Umgebung. Ein noch kleineres sogenanntes A/V-Verhältnis besitzt nur eine Kugel, allerdings lässt sich ein kugelförmiger Speicher im Vergleich zum Zylinder nicht so platzsparend unterbringen.

7.1 Direkt beladene Speicher

Direkt beladene Speicher werden häufig auch „Boiler“ (deutsch: Kocher) genannt, da in ihnen das Wasser mittels eines Gasbrenners oder einer elektrischen Heizwendel direkt erwärmt wird. Ein direkt beladener Speicher ist damit Warmwasserbereiter und -speicher in einem und lässt sich getrennt von der Heizungsanlage betreiben. Wird der Speicher mittels eines internen Gasbrenners beheizt, muss auch eine Abgasabführung vorgesehen sein. Gegen direkt beladene Speicher spricht ihre oftmals schlechte bis nicht vorhandene Wärmedämmung und ihre niedrige Energieeffizienz im Vergleich zu neueren Brennkesseln. Für eine dezentrale Warmwasserbereitung im kleinen Stil kommen sie aber noch häufiger zum Einsatz. Oft bedienen Boiler nur eine Zapfstelle und kommen zum Einsatz wo nur wenig Warmwasserbedarf vorhanden ist, bspw. in kleinen Wohngebäuden oder auch in Verwaltungsgebäuden.



Abbildung 64: Beispiel Gas-Durchlauferhitzer

7.2 Indirekt beladene Speicher

Indirekt beladene Speicher dienen dagegen im häuslichen Bereich zur Speicherung von (Trink-)Warmwasser, das über einen Wärmeaustauscher vom Heizwasser erwärmt wird. Das Heizwasser wiederum wird von der Heizungsanlage erwärmt. Möglich sind hier bspw. Kombispeicher, Speicherlade- und Frischwassersysteme, bei denen ein kleinerer Trinkwasserspeicher im Inneren des Heizwasser-Pufferspeichers liegt.

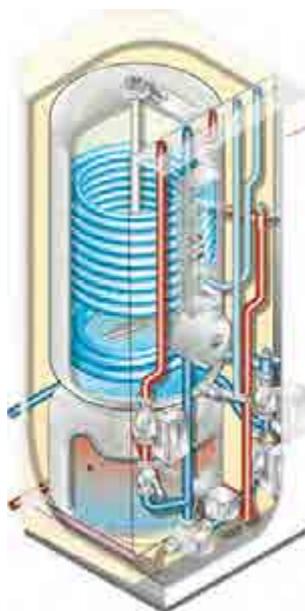


Abbildung 65: Aufbau Kombispeicher zur Speicherung von Heiz- und Trinkwarmwasser

7.2.1 Speicherlade- und Frischwassersystem

Normalerweise reicht die Heizleistung von Wärmeerzeugern nicht aus, um Kaltwasser von 10 °C direkt auf übliche Warmwassertemperaturen von ca. 40–45 °C aufzuheizen. Z. B. würde für eine Standardwaschtischarmatur eine Heizleistung von 15–20 kW erforderlich, um eine Warmwassertemperatur von 40 °C sicherzustellen. Eine Wannensarmatur bräuchte bereits eine Heizleistung von 35–40 kW. Gleichzeitig liegen die Energieverbräuche für die Sicherstellung der Trinkwassererwärmung erheblich unter denen für die Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme, so dass es vor diesem Hintergrund praktisch eine thermodynamische Notwendigkeit darstellt, das Trinkwarmwasser (oder besser die Energiemenge für die Warmwasserbereitung) zu bevorraten.

Hierfür stellt die Speicherung von **Trinkwarmwasser in Hygienequalität** in sogenannten Warmwasserspeichern seit Jahrzehnten die Standardlösung dar. Allerdings ist der energetische Aufwand der Sicherstellung der **Legionellenfreiheit** bei diesen Systemen enorm, da dies i. d. R. thermisch erfolgt und das Trinkwasser dauerhaft auf einem Temperaturniveau von 60 °C gehalten werden muss. Lediglich für Anlagen mit Speicherinhalten < 400 Litern (Ein- und Zweifamilienhäuser) lässt die einschlägige Vorschrift DVGW W-551 Ausnahmen in engen Grenzen zu.

Da es bei der Warmwasserbereitung jedoch nur darum geht, zum Zeitpunkt des Zapfvorganges sofort ausreichend Wärmeleistung zur Verfügung zu stellen, um den Warmwasserkomfort zu sichern, haben sich am Markt Systeme etabliert, die bei gleichem Zapfkomfort deutlich geringere Trinkwarmwassermengen bevorraten müssen (Speicherladesystem) oder die Wärmeenergie nur in Heizungswasser speichern und das eigentliche Trinkwarmwasser im Durchlaufprinzip erwärmen (Frischwassersystem). Die Unterschiede beider System sind in den Prinzipschemata (Abbildungen 66 und 67) dargestellt.

Der wesentliche Unterschied beider Varianten liegt in der Größe des eigentlichen Speicherbehälters, der beim Frischwassersystem i. d. R. deutlich größer ist, sowie dem Speichermedium. Beim Speicherladesystem wird Trinkwasser in Hygienequalität und beim Frischwassersystem Heizungswasser bevorratet. Die Bereitstellung von Trinkwarmwasser über ein Frischwassersystem bietet gegenüber dem Schichtladespeicher hygienische Vorteile, da das Wasser keinen langen Standzeiten ausgesetzt ist.

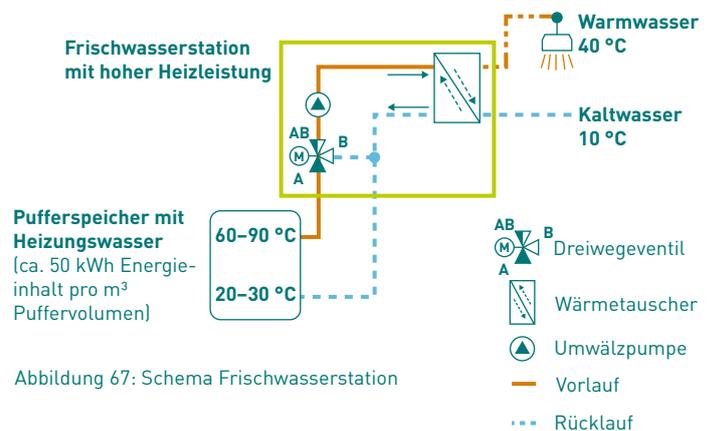
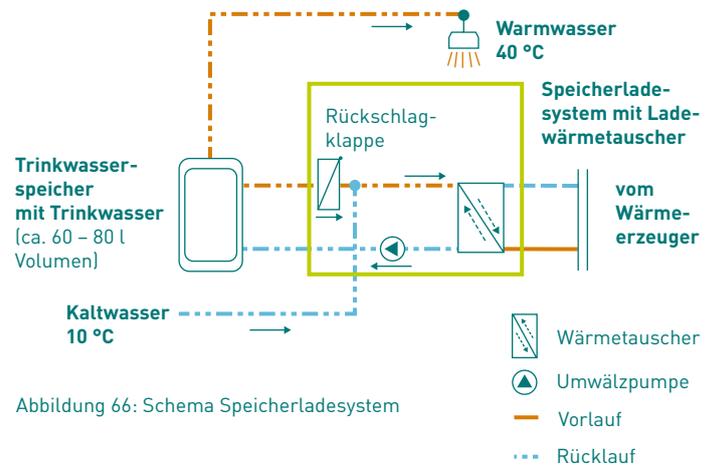


Abbildung 68: Beispiel Frischwasserstation

TIPP! Legionellenschaltung

Bei Warmwasser unter 60 °C, das über längere Zeit in Leitungen oder Speichern steht, besteht die Gefahr von verstärkter Legionellenbildung. Diese können bei Inhalation von Wasserdampf (z. B. beim Duschen) zu Erkrankungen führen. Informieren Sie sich, ob eine spezielle Legionellenschaltung nötig ist!

8 Zusatzfunktionen der Heizungssteuerung

Wie in nahezu allen Bereichen bieten die Hersteller von Wärme-erzeugungssystemen eine Vielzahl technischer Lösungen an, mit denen mittels mobilen Endgeräten (Mobiltelefone, Tablet-PCs, Laptops o. ä.) die Möglichkeit besteht, von außerhalb auf die Steuerungen von Heizungsanlagen zuzugreifen. Dadurch können die Sollwerte und Betriebszeiten der Heizungssteuerung sowie die Raumtemperaturen kontrolliert und individuell verändert werden. Bei Smart Home Anwendungen können zudem Verbrauchs- und Betriebsdaten sowie Störungsmeldungen erfasst und angezeigt werden, auch um diese an zuständige Servicetechniker weiterleiten zu können. Mit diesen Zusatzfunktionen sind Eigentümer und Betreiber von Heizungsanlagen deutlich flexibler in der Lage, eine Anpassung der Wärmeerzeugung an den Bedarf vorzunehmen und somit die Effizienz des Energieeinsatzes zu erhöhen.

Die Steuerungs- und Regelungsfunktionen werden aber weiterhin von der vor Ort befindlichen Steuerungseinheit (bestehend aus Stromversorgung, Sensorik (Signaleingabe), Prozessorik (Signalverarbeitung) und Aktorik) übernommen. Es erfolgt keine Steuerung im Wortsinn durch das mobile Endgerät. Damit bleiben sämtliche Sicherheitsfunktionen und damit auch Garantieansprüche erhalten.

TIPP! Broschüre "Smart Home"

Weitere Anwendungsbeispiele und Hinweise, was bei einer intelligenten Verknüpfung verschiedener Verbraucher im Haushalt denkbar ist, bietet die SAENA-Broschüre „Smart Home – Wohngebäude intelligent vernetzt.“



Abbildung 69: Touch-Display zur Heizungssteuerung

Online-Portale der Hersteller ermöglichen es zudem, Energieverbräuche für längere Zeiträume (Monate und Jahre) graphisch darstellen und automatisch auswerten zu lassen. Der Kunde hat damit eine hervorragende Möglichkeit, die Effizienz seiner Anlage zu bewerten und kann somit frühzeitig Einfluss nehmen, wenn sich die Anlageneffizienz verschlechtert.

Voraussetzung hierfür sind ein entsprechendes Modul in der Heizungsanlage und WLAN-Empfang am Installationsort.

Die Apps, die benötigt werden, um diese zusätzlichen Bedienfunktionen nutzen zu können, werden durch die verschiedenen Hersteller i. d. R. kostenfrei angeboten und können im entsprechenden App-Store heruntergeladen werden.

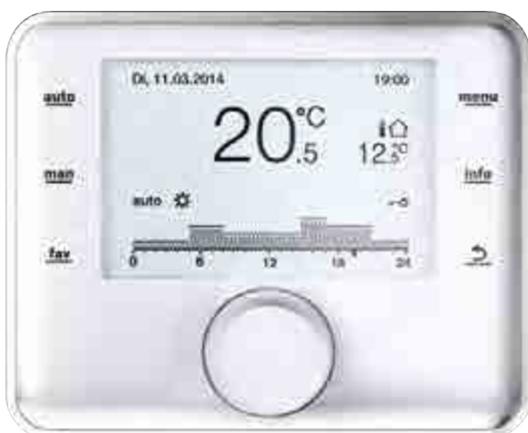


Abbildung 70: Bedieneinheit zur Heizungssteuerung



Abbildung 71: Digitale Raumtemperaturregelung

9 Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Zu Beginn der Betrachtung sollten die Randbedingungen definiert werden, unter denen die Bewertung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Wärmeerzeugungssysteme erfolgen soll.

Die wichtigsten Randbedingungen sind:

1. Über welchen Zeitraum soll die Bewertung erfolgen (i. d. R. die Lebensdauer der Anlage)?
2. Soll bei der Bewertung eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals berücksichtigt werden (sinnvoll, wenn z. B. ein Kredit aufgenommen werden wird)?
3. Welche Energiepreissteigerung soll im Betrachtungszeitraum für die verschiedenen Energieträger berücksichtigt werden?
4. Welche Annahmen werden für die jährlichen Wartungs- und Betriebskosten der verschiedenen Varianten im Betrachtungszeitraum getroffen?



Abbildung 72: Einflussfaktoren auf Investitionsentscheidungen

Grundsätzlich gibt es zwei Herangehensweisen. Zum Einen werden ausgehend von einem sogenannten Referenzsystem die Vollkosten (Investition, Betriebskosten und Wartung im Betrachtungszeitraum) mehrerer möglicher Alternativen mit einem Referenzsystem verglichen. Das Referenzsystem stellt normalerweise den aktuellen Stand der Technik dar, der für den Einsatzfall technisch und rechtlich in Frage kommt.

Gibt es jedoch kein Referenzsystem, wie es z. B. bei Neubauten meist der Fall ist, werden zum Anderen mögliche Heizsysteme im Hinblick auf die Vollkosten miteinander verglichen.

Wenn die Entscheidung für oder gegen die Installation eines bestimmten Wärmeerzeugers auf der Basis einer Wirtschaftlich-

keitsbetrachtung getroffen wird, werden bei den Verbrauchskosten oft nur die Wärmekosten berücksichtigt. Diese Art der Bewertung berücksichtigt aber nicht, dass bereits heute bei normalen Wohnflächengrößen die Kosten für Haushaltsstrom höher sind als die Kosten für die Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser. Insbesondere bei multivalenten Kombinationen, die Photovoltaik als Technologie nutzen, wären weitere Anlagenkombinationen mit wirtschaftlich deutlich interessanteren Ergebnissen denkbar.

Rechenbeispiel „Neue Heizung im Altbau“ (Stand Okt. 2021)

Im folgenden Rechenbeispiel werden für ein Gebäude mit einer Wohnfläche von ca. 200 m² der Baualtersklasse 1979–1983 verschiedene Versorgungssysteme über 20 Jahre im Rahmen einer Vollkostenbetrachtung miteinander verglichen. Als Referenzheizsystem wurde ein Gasbrennwertkessel ausgewählt.

Folgende Annahmen für die Betrachtung wurden getroffen:

Stromkosten allgemein	0,28 €/kWh
Stromkosten WP-Tarif	0,22 €/kWh
Kosten Erdgas	0,06 €/kWh
Kosten Pellets	0,04 €/kWh
Kosten Holzhackschnitzel	0,03 €/kWh
Einspeisevergütung PV	0,107 €/kWh
Kapitalzins	1,99 %
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Wartungskosten [% vom Invest]	2,50 %
allg. Preissteigerung [% p. a.]	2,00 %
Preissteigerung Energie [% p. a.]	3,00 %

Als Eingangswerte für die Verbrauchskosten wurden angenommen:

Nutzenergie Heizung/a	16.544 kWh/a
Nutzenergie Warmwasser/a	3.568 kWh/a
Verbrauch Haushaltsstrom pro Jahr [kWh/a]	4.000 kWh/a

→ Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Folgende Heizsysteme wurden verglichen:

- Referenz (Gas-BW) = Gas-Brennwertkessel
- Pelletkessel
- Holzhackschnitzelkessel
- Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Hybridsystem (Gas-Brennwert/Luft-Wasser-Wärmepumpe)
- **Multivalenzsystem:** Luft-WP, PV 3 kW_p, Pufferspeicher 800 Liter, Stromspeicher 0 kWh
- **Multivalenzsystem:** Luft-WP, PV 6 kW_p, Pufferspeicher 800 Liter, Stromspeicher 0 kWh
- **Multivalenzsystem:** Luft-WP, PV 9 kW_p, Pufferspeicher 800 Liter, Stromspeicher 0 kWh
- **Multivalenzsystem:** Luft-WP, PV 9 kW_p, Pufferspeicher 800 Liter, Stromspeicher 6 kWh
- **Multivalenzsystem:** Luft-WP, PV 9 kW_p, Pufferspeicher 800 Liter, Stromspeicher 12 kWh

In der rechten Graphik wurden die Vollkosten nur für verschiedene Wärmeversorgungssysteme miteinander verglichen.

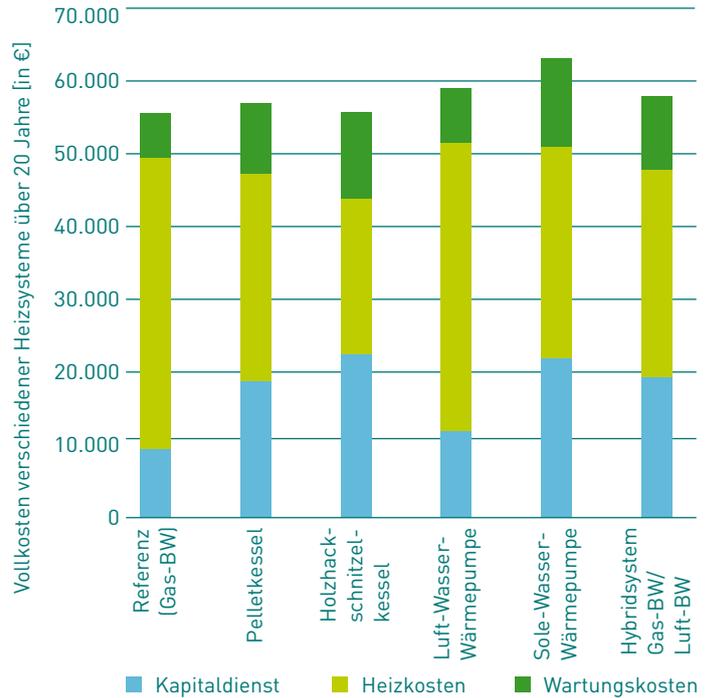


Abbildung 73: Vollkostenvergleich verschiedener Wärmeversorgungssysteme

In dieser Grafik wurden die Kosten des Haushaltsstromes in die Vollkostenberechnung einbezogen.

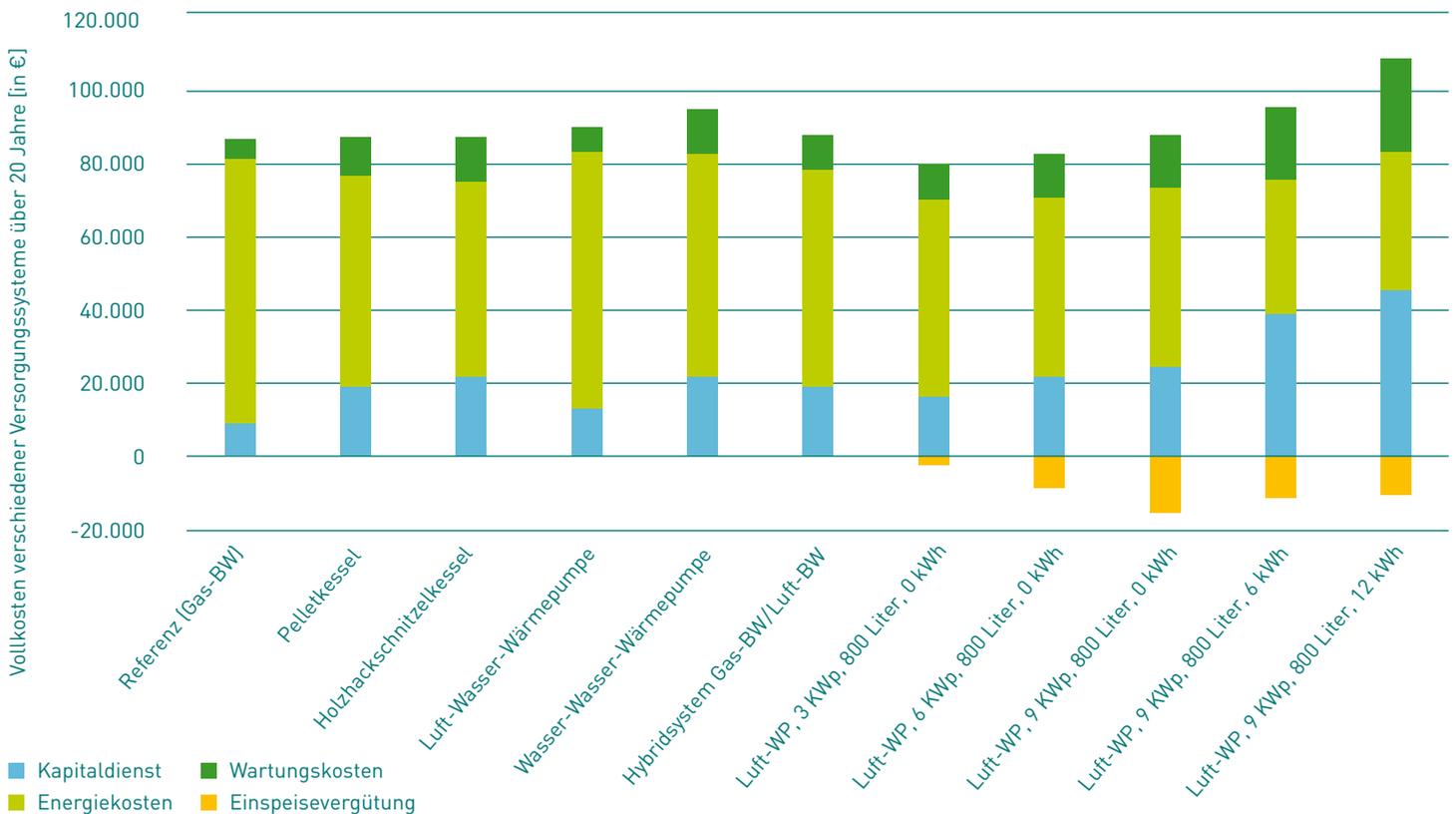


Abbildung 74: Vollkostenvergleich verschiedener Wärmeversorgungssysteme und Stromversorgung

In dieser Grafik wurden die Erlöse aus der EEG-Einspeisevergütung für den eingespeisten Photovoltaikstrom in die Vollkostenberechnung einbezogen.

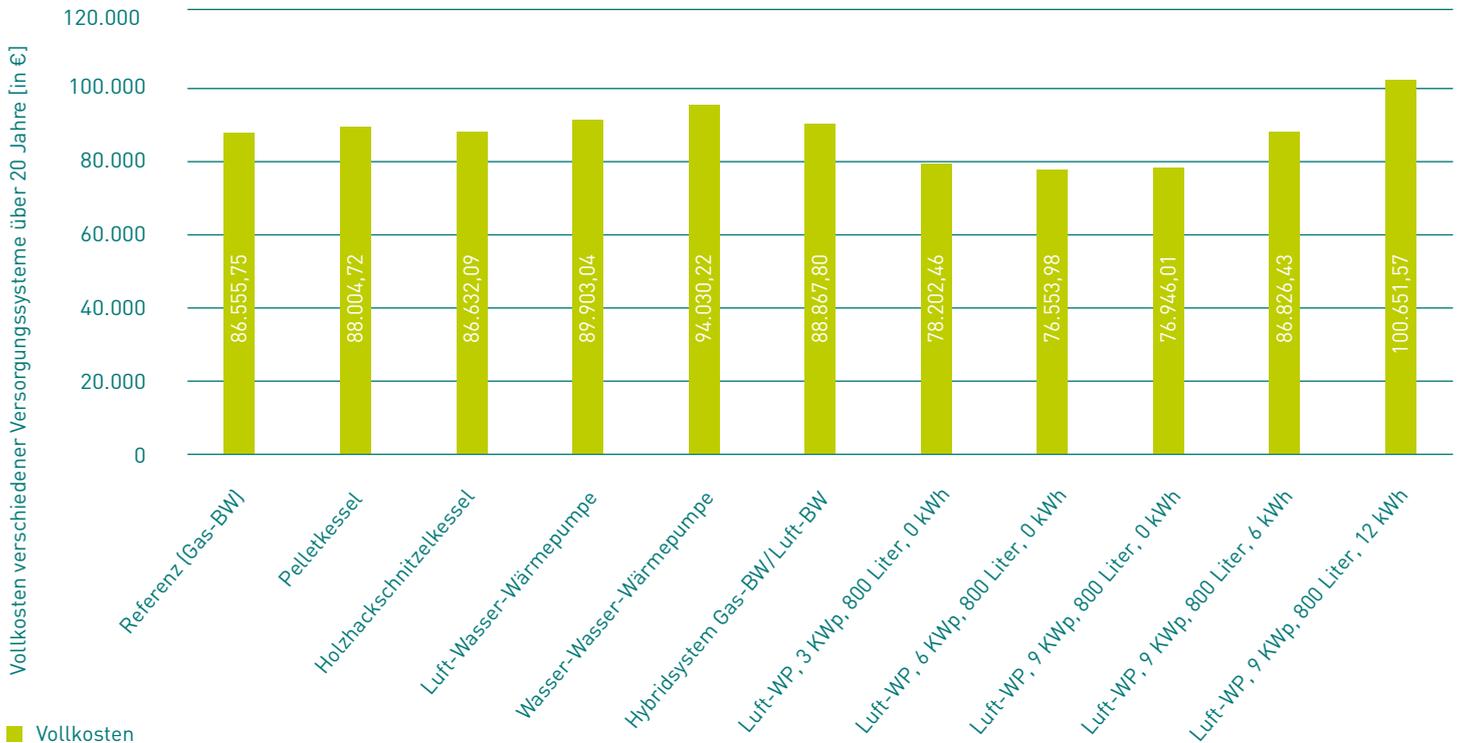


Abbildung 75: Vollkostenvergleich verschiedener Wärmeversorgungssysteme abzüglich Erlöse

Es ist sehr deutlich erkennbar, dass die Berücksichtigung des Haushaltsstromes inklusive der Installation von Photovoltaikanlagen die geringsten Vollkosten verursacht. Somit ergibt sich eine eindeutige Empfehlung für die Systemvarianten, die Photovoltaik als Bestandteil beinhalten. Die zusätzliche Installation von Stromspeichern ist aktuell ohne Förderung noch nicht wirtschaftlich darstellbar.

Es gibt eine große Vielfalt von Methoden zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen bzw. der Wirtschaftlichkeit von Investitionen insgesamt. All diesen Betrachtungen ist gemein, dass das Risiko einer Investitionsentscheidung in Abhängigkeit wahrscheinlicher zukünftiger Entwicklungen auf der Seite von Erlösen bzw. Kosten abgeschätzt werden soll.

Dieser Zusammenhang beschreibt jedoch auch die erhebliche Gefahr, zukünftige Entwicklungen falsch zu prognostizieren oder einzuschätzen. Bereits Karl Valentin erkannte, dass es das Schwierigste an Prognosen sei, dass diese die Zukunft betreffen.

Werden z. B. zu hohe Preissteigerungen unterstellt, die dann in der Zukunft nicht eintreten, wären deutlich zu hohe Investitionsentscheidungen die Konsequenz. Dies gilt in gleicher Weise für zu niedrige Zinssätze, mit denen diese Berechnungen durchgeführt werden.

Werden im anderen Fall zu niedrige Annahmen für Energiepreissteigerungen und zu hohe Kalkulationszinssätze angenommen könnten technische Lösungen nicht mehr in die engere Wahl kommen, die bei realistischeren Ansätzen wirtschaftlich gewesen wären.

Deshalb sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass die Berechnungsrandbedingungen sorgfältig abgewogen werden müssen. Hierbei kann gelten, dass das Verändern der Parameter Kalkulationszins und jährliche Energiepreissteigerung innerhalb sinnvoller Bandbreiten in der Berechnung eine deutlich belastbarere Aussage zum Investitionsrisiko bietet als die Berechnung mit festen Kalkulationszinsen und jährlichen Energiepreissteigerungen. Dieses Art der Betrachtung wird auch Sensitivitätsanalyse genannt.

→ Anforderungen und Beratungspflicht gemäß GEG 2024

10.1 Übersicht Anforderungen für neue Heizungsanlagen gemäß GEG 2024*

<p>Allgemeine Anforderung: mind. 65% erneuerbaren Energien oder Abwärmenutzung</p> <p>Eine Heizungsanlage darf zum Zweck der Inbetriebnahme in einem Gebäude nur eingebaut oder aufgestellt werden, wenn sie mindestens 65% der mit der Anlage bereitgestellten Wärme mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugt. [§ 71 (1)] Dafür gelten langjährige Übergangsregelungen und Fristen (s. u.), es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten die allgemeine Anforderung (Regelung) bei Neubau bzw. Erneuerung von Heizsystemen zu erfüllen. Eine allgemeine Austauschpflicht für funktionsfähige Anlagen gibt es nicht. Heizkessel mit fossilen Energieträgern dürfen längstens bis zum Ablauf des 31.12.2044 betrieben werden. [§ 72 (4)]</p>	
<p>Möglichkeit I: Erbringung eines Nachweises bei kompletter Wahlfreiheit der Erfüllung</p> <p>Der Gebäudeeigentümer kann frei wählen, mit welcher Heizungsanlage die Allgemeinen Anforderungen erfüllt werden. Die Einhaltung der Anforderungen ist auf Grundlage von Berechnungen nach der DIN V 18599: 2018 09 durch eine nach § 88 GEG berechnete Person (u. a. Planer, Energieberater) vor Inbetriebnahme nachzuweisen. Hierfür stehen alle marktverfügbaren Technologien, auch Photovoltaik zur Verfügung. Der Gebäudeeigentümer ist verpflichtet, die Heizungsanlage nach den Anforderungen des Nachweises einzubauen oder aufzustellen und zu betreiben. Der Nachweis ist von dem Eigentümer und von dem Aussteller mindestens zehn Jahre aufzubewahren und der nach Landesrecht zuständigen Behörde sowie dem bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger auf Verlangen vorzulegen. [§ 71 (2)]</p>	
<p>Möglichkeit II: Wahl einer Erfüllungsoption für eine geeignete Heizungsanlage</p> <p>Die Anforderungen des GEG gelten für die folgenden Anlagen einzeln oder in Kombination miteinander als erfüllt, so dass ein Nachweis nach Möglichkeit I nicht erforderlich ist, wenn sie zum Zweck der Inbetriebnahme in einem Gebäude oder der Einspeisung in ein Gebäudenetz eingebaut oder aufgestellt werden und den Wärmebedarf des Gebäudes, der durch die Anlagen versorgten Wohnungen oder sonstigen selbständigen Nutzungseinheiten oder des Gebäudenetzes vollständig decken. [§ 71 (3)] <i>Werden Anlagen bzw. Erfüllungsoptionen kombiniert, ist die Summe der prozentuale Anteile der jeweiligen tatsächlichen Abdeckung ins Verhältnis zur gesetzlich erforderlichen Nutzung der jeweiligen Option zu setzen in der Summe müssen alle 100% ergeben.</i></p>	
<p>Hausübergabestation zum Anschluss an ein Wärmenetz [§ 71b]</p>	<p>Beim Einbau oder Aufstellung einer Hausübergabestation zum Anschluss an ein bestehendes oder neues Wärmenetz, muss der Wärmenetzbetreiber die gesetzlichen Anforderungen sicherstellen. Eine schriftliche Bestätigung des Wärmenetzbetreibers der Erfüllung der Voraussetzungen zum Zeitpunkt des der Herstellung des Netzanschlusses gilt als Nachweis für den Gebäudeeigentümer.</p>
<p>Elektrisch angetriebene Wärmepumpe [§ 71c]</p>	<p>Einbau einer oder mehrerer elektrischer Wärmepumpen die den Wärmebedarf des Gebäudes oder der über ein Gebäudenetz verbundenen Gebäude vollständig decken. Sie müssen nach einer Heizperiode, spätestens nach 2 Jahren einer Betriebsprüfung unterzogen werden – sie ist alle 5 Jahre zu wiederholen, außer Fernüberwachung.</p>
<p>Stromdirektheizung [§ 71d]</p>	<p>In Neubauten und Bestandsgebäuden mit vorhandener Heizungsanlage mit Wasser als Wärmeträger nur zulässig, wenn der bauliche Wärmeschutz mindestens 45% besser ist, als ein Neubau nach GEG. Für Bestandsgebäude ohne vorhandene Heizungsanlage mit Wasser als Wärmeträger nur zulässig, wenn der bauliche Wärmeschutz mindestens 30% besser ist als ein Neubau nach GEG. Die Einhaltung der Anforderungen ist durch eine nach § 88 berechnete Person nachzuweisen. Der Nachweis ist von dem Eigentümer mindestens zehn Jahre aufzubewahren. Diese Anforderungen gelten aber nicht: beim Austausch einer bestehenden einzelnen Einzelraum Stromdirektheizung; bei Stromdirektheizung in einem Gebäude, in dem ein dezentrales Heizungssystem zur Beheizung von Gebäudezonen mit einer Raumhöhe von mehr als 4 Metern eingebaut oder aufgestellt wird und in einem Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen, von denen der Eigentümer eine Wohnung selbst bewohnt.</p>
<p>Solarthermische Anlage [§ 71e]</p>	<p>Den gesamten Wärmebedarf eines Gebäudes allein durch eine solarthermische Anlage zu 100 % decken, ist in der Praxis wirtschaftlich kaum möglich. Somit ist eine Kombination mit einem anderen hier aufgeführten Wärmeerzeuger nötig. Die genutzten Solarkollektoren oder das System müssen mit dem europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert sein.</p>
<p>Flüssige oder gasförmige Biomasse oder Wasserstoffheizung [§ 71f]</p>	<p>Mindestens 65% der mit der Heizungsanlage bereitgestellten Wärme, muss aus flüssiger oder gasförmiger Biomasse (Biome than) oder grünem oder blauem Wasserstoff erzeugt werden. Der Betreiber der Heizungsanlage hat sicherzustellen, dass die Anteile im Brennstoff erreicht werden. Gelingt dieser Nachweis nicht vollständig, kann der fehlende Anteil (prozentuales Verhältnis) durch weitere Kombinationen gedeckt werden (z. B. Holzheizung).</p>
<p>Feste Biomasse (Holzheizung) [§ 71g]</p>	<p>Einbau von automatisch beschickten Biomasseöfen mit Wasser als Wärmeträger (z. B. wasserführender Pelletkaminofen) oder Biomassekessel, die ausschließlich umweltfreundlich erzeugte Biomasse gemäß der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen einsetzen und die Vorgaben der Verordnung (EU) 2023/1115 einhalten.</p>
<p>Wärmepumpen-Hybridheizung [§ 71h]</p>	<p>Bestehend aus einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe in Kombination mit einer Gas-, Biomasse oder Flüssigbrennstoff- feuerung. Der Betrieb muss mit Vorrang für die Wärmepumpe erfolgen, so dass der Spitzenlasterzeuger nur eingesetzt wird, wenn der Wärmebedarf nicht mehr von der Wärmepumpe gedeckt werden kann. Die thermische Leistung der Wärmepumpe muss mindestens 30–40 % der Heizlast des versorgten Gebäudes oder Gebäudeteils betragen, je nach Betriebsweise.</p>
<p>Solarthermie-Hybridheizung [§ 71h]</p>	<p>Bestehend aus einer solarthermischen Anlage und in Kombination mit einer Gas-, Biomasse oder Flüssigbrennstoff- feuerung (davon mind. 60% Biomasse oder Wasserstoff!) Der Solarkollektor muss bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohneinheiten eine Fläche von mindestens 0,07 Quadratmetern Aperturfläche je Quadratmeter Nutzfläche oder bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohneinheiten oder Nichtwohngebäuden eine Fläche von mindestens 0,06 Quadratmetern Aperturfläche je Quadratmeter Nutzfläche. Beim Einsatz von Vakuumröhrenkollektoren verringert sich die Mindestfläche um 20%.</p>

10.2 Beratungspflicht

Vor Einbau und Aufstellung einer Heizungsanlage, die mit einem **festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoff** betrieben wird, **hat eine Beratung zu erfolgen**, die auf mögliche Auswirkungen der Wärmeplanung und eine mögliche Unwirtschaftlichkeit, insbesondere aufgrund ansteigender Kohlenstoffdioxid Bepreisung, hinweist. Die Beratung ist von einer fachkundigen Person nach § 60b Absatz 3 Satz 2 oder § 88 Absatz 1 durchzuführen. Das BMWK und das BMWSB stellen bis zum 1. Januar 2024 Informationen zur Verfügung, die als Grundlage für die Beratung zu verwenden sind. [§ 71 (11)]

10.3 Übergangsfristen

Berücksichtigung eines kommunalen Wärmeplans [§ 71 (8)]	Für Bestandsgebäude gelten die umseitigen Anforderungen: → in größeren Kommunen (> 100.000 EW) ab 01. Juli 2026 → in kleineren Kommunen (≤ 100.000 EW) ab 01. Juli 2028 Kommunen müssen bis dahin auf der Grundlage des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) eine kommunale Wärmeplanung durchführen.
Allgemeine Übergangsfrist [§ 71i]	Im Fall eines Heizungsaustauschs nach den in oben genannten Zeitpunkten, kann höchstens für fünf Jahre übergangsweise eine alte Heizungsanlage ausgetauscht und eine andere Heizungsanlage zum Zweck der Inbetriebnahme eingebaut oder aufgestellt und betrieben werden, die nicht die 65% Regelung erfüllt gilt nicht für Etagenheizung, Einzelraumfeuerungsanlage sowie Hallenheizung.
Neu- und Ausbau eines Wärmenetzes [§ 71j]	Bis zum Anschluss an ein Wärmenetz nach § 71b Absatz 1 oder Absatz 2 kann eine Heizungsanlage zum Zweck der Inbetriebnahme eingebaut oder aufgestellt und ohne Einhaltung der Anforderungen zur Wärmeerzeugung betrieben werden, wenn vor Einbau oder Aufstellung: <ol style="list-style-type: none"> 1. der Gebäudeeigentümer einen Vertrag zur Lieferung von mindestens 65 % Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme sowie zum Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz nachweist, auf dessen Basis er ab dem Zeitpunkt des Anschlusses des Gebäudes an das Wärmenetz, spätestens innerhalb von zehn Jahren nach Vertragsschluss, beliefert wird, und 2. der Wärmenetzbetreiber der nach Landesrecht zuständigen Behörde für das Versorgungsgebiet einen Wärmenetzausbau- und -dekarbonisierungsfahrplan, der in Einklang mit den jeweils geltenden gesetzlichen Anforderungen steht, mit zwei bis dreijährlichen Meilensteinen für die Erschließung des Gebiets mit einem Wärmenetz vorgelegt hat und 3. der Wärmenetzbetreiber sich gegenüber dem Gebäudeeigentümer verpflichtet, dass das Wärmenetz innerhalb der vom Wärmenetzausbau- und -dekarbonisierungsfahrplan vorgesehenen Fristen, spätestens innerhalb von zehn Jahren nach Vertragsschluss, in Betrieb genommen wird.
Heizungsanlage, die sowohl Erdgas als auch Wasserstoff verbrennen kann [§ 71k]	Bis zum Anschluss an ein Wasserstoffnetz kann eine Heizungsanlage, die Erdgas verbrennen kann und auf die Verbrennung von 100 % Wasserstoff umrüstbar ist (<i>den Nachweis sollte sich der Gebäudeeigentümer einholen und aufbewahren</i>), zum Zweck der Inbetriebnahme eingebaut oder aufgestellt und zur Wärmeerzeugung betrieben werden, wenn <ol style="list-style-type: none"> 1. das Gebäude in einem Gebiet liegt, für das die nach Landesrecht zuständige Stelle unter Berücksichtigung eines Wärmeplans, der auf der Grundlage einer bundesgesetzlichen Regelung zur Wärmeplanung erstellt wurde, eine Entscheidung über die Ausweisung als Wasserstoffnetzausbaubereich getroffen hat, und das spätestens bis zum Ablauf des 31. Dezember 2044 vollständig mit Wasserstoff versorgt werden soll und 2. der Betreiber des Gasverteilernetzes, an dessen Netz die Heizungsanlage angeschlossen ist, und die nach Landesrecht für die Wärmeplanung zuständige Stelle bis zum Ablauf des 30. Juni 2028 einen einvernehmlichen, mit Zwischenzielen versehenen, verbindlichen Fahrplan für die bis zum Ablauf des 31. Dezember 2044 zu vollendende Umstellung der Netzinfrastruktur auf die vollständige Versorgung der Anschlussnehmer mit Wasserstoff beschlossen und veröffentlicht haben. <p>Der angeschlossene Gebäudeeigentümer hat Anspruch auf Erstattung daraus entstehender Mehrkosten gegen den Betreiber des Gasverteilernetzes, wenn die abgestimmten Fahrpläne von diesem nicht mehr verfolgt werden.</p>
Gas-Etagenheizung [§ 71l]	In einem Gebäude, in dem mindestens eine Etagenheizung betrieben wird , ist die 65% Regelung erst fünf Jahre nach dem Zeitpunkt anzuwenden, zu dem die erste Etagenheizung oder zentrale Heizungsanlage ausgetauscht und eine andere Heizungsanlage zum Zweck der Inbetriebnahme in dem Gebäude eingebaut oder aufgestellt wurde. Entscheidet sich der Verantwortliche innerhalb dieser 5 Jahre für eine teilweise oder vollständige Umstellung der Wärmeversorgung des Gebäudes auf eine zentrale Heizungsanlage zur Erfüllung der 65% Regelung verlängert sich die Frist für alle Wohnungen und sonstigen selbständigen Nutzungseinheiten, die von der Umstellung auf eine zentrale Heizungsanlage erfasst sind, um den Zeitraum bis zur Fertigstellung der zentralen Heizungsanlage, längstens jedoch um acht Jahre . Gemäß § 71l (2) ist spätestens nach 13 bzw. 14 Jahren die letzte Wohnung/Nutzungseinheit daran anzuschließen, sobald Anlagen ausgetauscht werden müssen. In Falle der Entscheidung für eine dezentrale Heizungsanlage (Etagenheizung) oder zusätzlicher Wohnungen/Nutzungseinheiten in denen Etagenheizungen betrieben werden sollen, muss jede neu eingebaute oder aufgestellte Etagenheizung die 65% Regelung erfüllen spätestens 5 Jahre nachdem die erste Etagenheizung oder zentrale Heizungsanlage ausgetauscht werden musste. Die Entscheidung ob eine zentrale oder dezentrale Heizungsanlage eingebaut werden soll, ist dem bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger unverzüglich in Textform mitzuteilen.
Einzelraumfeuerungsanlage [§ 71l]	In einem Gebäude das in die Anforderung des GEG fällt, in dem mindestens eine Einzelraumfeuerungsanlage der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen zur Erzeugung von Raumwärme, Warmwasser oder einer Kombination davon betrieben wird, gelten die Fristen und Anforderungen wie für Gas Etagenheizungen , sobald die erste Einzelraumfeuerungsanlage zum Zweck der Inbetriebnahme in dem Gebäude eingebaut oder aufgestellt wurde.
Hallenheizung [§ 71m]	Höchstens für zehn Jahre nach dem Austausch der ersten einzelnen dezentralen Gebläse oder Strahlungsheizung kann eine neue einzelne dezentrale Gebläse oder Strahlungsheizung in einem Bestandsgebäude zur Beheizung einer Gebäudezone mit mehr als 4 Meter Raumhöhe zum Zweck der Inbetriebnahme eingebaut oder aufgestellt und betrieben werden, sofern die neue Anlage der besten verfügbaren Technik entspricht . Alle einzelnen dezentralen Gebläse oder Strahlungsheizungen der Halle oder eine zentrale Heizungsanlage müssen spätestens innerhalb eines Jahres nach Ablauf der Frist von 10 Jahren die 65% Regelung erfüllen. Auch kann einmalig und höchstens für zwei Jahre nach dem Austausch der Altanlage ein dezentrales Heizsystem in Bestandsgebäuden zur Beheizung von Gebäudezonen mit mehr als 4 Meter Raumhöhe zum Zweck der Inbetriebnahme eingebaut oder aufgestellt und betrieben werden. Nach Ablauf der zwei Jahre muss das neu aufgestellte oder eingebaute dezentrale Heizsystem mit mindestens 65% erneuerbaren Energien betrieben werden.

* Diese Übersicht stellt nur eine Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen und Pflichten für die Errichtung von neuen Heizungsanlagen gemäß GEG 2024 dar. Der Inhalt ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die Sächsische Energieagentur SAENA GmbH keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Texte bzw. Darstellungen bzw. auf Vollständigkeit des Inhaltes. Die vollständigen Anforderungen, Vorgaben und Textinhalte sind in der Lesefassung des GEG 2024 zu finden. Wenn Sie der Redaktion Hinweise zu dieser Übersicht geben möchten, zögern Sie nicht, die SAENA (www.saena.de) zu kontaktieren.

→ Selbsttest Heizenergieverbrauch

11 Selbsttest für Wohngebäude – Überschlag des eigenen Heizenergieverbrauchs

Energiekennwert – Berechnung

1. Jährlicher durchschnittlicher **Brennstoffverbrauch** =

..... (kWh, kg, l, rm)

× Brennstoff-Faktor (> Tabelle S. 67)

2. **Energieverbrauch** =

..... kWh/Jahr

Zentrale Warmwasserbereitung über die Heizungsanlage?

Übertrag

ja

nein

-

Anzahl Personen x 1.000 kWh/Jahr =

..... kWh/Jahr

3. **Heizenergieverbrauch** (Energieverbrauch – Warmwasser-
verbrauch) =

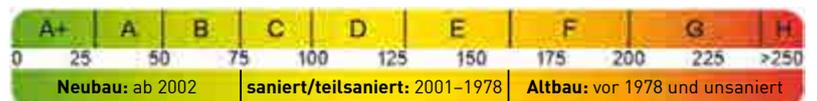
..... kWh/Jahr

÷ m² Wohnfläche

4. **Energiekennwert** (Heizenergieverbrauch ÷ Wohnfläche) =

..... kWh/(m²a)

5. **Gebäudetyp** bestimmen



(Energiekennwert dem farblichen Bandtacho zuordnen und ggf. den Bereich mit Pfeil oder Kreis markieren)

6. Gebäude anhand des Bandtachs einschätzen;

über 100 kWh → Einsparpotential vorhanden

über 200 kWh → Handlungsbedarf für Effizienzmaßnahmen

Hilfe zum Ausfüllen des Selbsttests:

zu 1.) Durchschnittswert der letzten Brennstoffkostenabrechnungen (3 Jahre) eintragen.

Hinweis! Liegt eine Heizkostenabrechnung in kWh pro Jahr für Erdgas vor, dann mit dem in der Abrechnung enthaltenen Gesamtverbrauch (Durchschnitt der letzten 3 Jahre) direkt weiter zu Punkt 3.

Brennstoff-Faktor aus folgender Tabelle auswählen und Brennstoffverbrauch multiplizieren (bspw. Faktor 10 für Heizöl einsetzen).

Brennstoff	Faktor	Einheit
Laub- u. Nadelholz (gem.)	1.800	kWh/rm
Laub- u. Nadelholz (gem.)	5	kWh/kg
Holzpellets	4,9	kWh/kg
Erdgas	10,8	kWh
Braunkohle	5,5	kWh/kg
Heizöl	10	kWh/l
Fernwärme	1	kWh
Elektroenergie	1	kWh

Anmerkung: Dieser Test ersetzt keine energetische Berechnung und keinen Energieausweis gemäß GEG! Der ermittelte Energiekennwert dient lediglich der überschlägigen Abschätzung des eigenen Verbrauchs und bezieht sich auf die Wohnfläche. Der Endenergieverbrauchskennwert in Energieausweisen bezieht sich auf die Gebäudenutzfläche.

zu 2.) Zwischenergebnis. Prüfung, ob die zentrale Warmwasseranlage über die Heizanlage läuft.

Wenn ja > überschläglich 1.000 kWh pro Person und Jahr vom ermittelten Energieverbrauch abziehen.

Wenn nicht > direkt weiter zu Punkt 3.

zu 3.) Zwischenergebnis (Heizenergieverbrauch) durch Wohnfläche teilen

zu 4.) Ergebnis – Energiekennwert in kWh pro m² Wohnfläche im Jahr

→ Checklisten „Neue Heizung“

12 Welche Heizung passt im Neubau? Was ist zu beachten?*

1. Bedarfsermittlung Folgende Fragen sollen den Bauherren helfen, die Auswahl nach einem geeigneten individuellen Heizsystem einzugrenzen.	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	noch unklar
Vorüberlegung			
Wird eine ganzheitliche Beratung mit Vollkostenbetrachtung durch einen unabhängigen Ingenieur oder Energieberater durchgeführt?			
Wird eine Beratung durch einen Heizungsfachbetrieb durchgeführt?			
Sind Heizwärme- und Warmwasserbedarf bekannt (z. B. aus Energiebedarfsausweis)?			
Soll die neue Heizung nur auf Basis erneuerbarer Energien betrieben werden?			
Besteht die Anschlussmöglichkeit an ein Fern- oder Nahwärmenetz auf Basis erneuerbarer Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung?			
Ist durch die südliche Ausrichtung des Gebäudes, Daches oder Nebengebäudes die Nutzung solarer Strahlungsenergie (Photovoltaik, Solarthermie) möglich?			
Soll die Heizung voll automatisch ohne manuelle Unterstützung funktionieren (z. B. Holzfeuerung)?			
Sind geeignete Lagermöglichkeiten von Holzbrennstoffen (z. B. Holzsplit, Holzpellets) verfügbar?			
Ist eine Hybridheizung mit unterschiedlichen Energieträgern denkbar?			
Soll ein Kaminofen bzw. Kamineinsatz mit Wasserkasten für Heizungsunterstützung errichtet werden?			
Ist Fläche und Untergrund des Grundstücks für die Nutzung von Geothermie geeignet, können Erdsondenbohrungen am Standort eingebracht werden?			
Ist für den Einbau eines Erdkollektors ausreichend besonnte und nicht überbaute Oberfläche im Grundstück vorhanden?			
Bestehen Möglichkeiten zur Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser auf dem Grundstück?			
Ist ein Erdgas-Anschluss vorhanden bzw. möglich?			
Ist Platz für die Errichtung eines Flüssiggastanks auf dem Grundstück gebäudenah möglich?			
Ist die Nutzung von eigenem bzw. angeliefertem Stückholz, Holzpellets oder Hackschnitzeln möglich?			
Ist die Installation eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen?			
Ist eine Kühlung über das Heizsystem vorgesehen bzw. denkbar?			
Soll die Warmwasserbereitung zentral über das Heizsystem erfolgen?			
Ist eine dezentrale separate Warmwasserbereitung z. B. über Durchlauferhitzer oder Einzelspeicher vorgesehen?			
Ist ausreichend Installationsraum für die Heizungsanlage, ggf. auch mit Pufferspeicher, im Gebäude vorgesehen?			
Wird eine Förderung (z. B. BAFA, KfW, Steuer) für die neue Heizungsanlage in Betracht gezogen?			
2. Planung Folgende Fragen sollen den Bauherren helfen, die Auslegung des Heizungssystems zu optimieren unter Beachtung normativer Anforderungen und von Energieeffizienzaspekten.	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	Weiß noch nicht
Heizungsanlage			
Wurde eine Planung der Heizungsanlage beauftragt (siehe VOB/C DIN 18380 Punkt 3)? Inhalte z. B.: Heizflächenauslegung, Rohrnetzrechnung und Pumpenauslegung, Schlitz- und Durchbruchpläne			
Wurden die Solltemperaturen und Aufheizzeiten in den einzelnen Räumen mit dem Bauherren abgestimmt (z. B. Bäder 24 °C, Wohnräume 20 °C)?			
Wird für die Regelung der Heizungsanlage eine höhere Güte/ Qualität geplant, wie in GEG gefordert z. B. selbstlernende Präsenz Raumtemperaturregelung?			

Erfolgen eine koordinierte Medienplanung (z. B. für Heizung, Lüftung, Strom, Wasser, Kälte) und ein Koordinierungsgespräch eventuell beteiligter Fachplaner/Fachfirmen vor Beginn der Baumaßnahme?			
Sind besondere Nutzungsbedingungen (z. B. Luftfeuchte, Kühlung) für die Bewohnung des Gebäudes vorgesehen?			
Werden Ausführungspläne (z. B. Hydraulikschema oder Installationspläne) erstellt?			
Ist ausreichend Platz für spätere Revisions- und Wartungsarbeiten vorgesehen?			
Werden erforderliche Messeinrichtungen und Zähler für eine Überwachung der Betriebs- und Energiedaten der Heizungsanlage vorgesehen?			
Trinkwarmwasserbereitung			
Entspricht die Dimensionierung mit Speichervolumen und Heizleistung dem tatsächlichen Bedarf?			
Sind Warmwasserbereitstellung und Entnahmestellen auf kürzesten Weg verbunden?			
Kann gegebenenfalls auf Zirkulationsleitungen verzichtet werden?			
3. Inbetriebnahme und Abnahme Folgende Fragen sollen den Bauherren Hinweise geben, die bei einer Inbetriebnahme und Abnahme eines Heizsystems mindestens beachtet werden sollten.	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	Weiß noch nicht
Wurde die Heizungsanlage förmlich abgenommen?			
Werden zur Abnahme vollständige Revisionsunterlagen (gemäß VOB/C) übergeben? Sind die in VOB/C genannten gewerkespezifischen Inhalte in den Revisionsunterlagen enthalten z. B. Druck-, Mess- und Einstellprotokolle, Wartungsanweisungen, Wartungs- und Bedienanleitungen, Prüf- und Herstellerbescheinigungen, Revisionspläne?			
Wurden Restarbeiten und Mängelbeseitigungen festgelegt und protokolliert?			
Wurde eine technische Einweisung des Auftraggebers in die Betriebsfunktionen des Heizsystems durch den Heizungsfachbetrieb durchgeführt?			
Wurden Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen gemäß GEG wärmegeklämt?			
Wurde für eine außentemperaturabhängige Heizungsregelung eine optimale Heizkennlinie (Heizkurve) mit festgelegten Vor- und Rücklauftemperaturen für jeden Heizkreis eingestellt? Sind die Einstellwerte protokolliert?			
Wurde die Heizungspumpen korrekt eingestellt und protokolliert?			
Wurde der Außenfühler für eine außentemperaturabhängige Heizungsregelung richtig platziert?			
4. Wartung und Betrieb Folgende Fragen sollen den Bauherren Hinweise geben, die bei einer Wartung und im Betrieb eines Heizsystems mindestens beachtet werden sollen.	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	Weiß noch nicht
Liegt ein Wartungsangebot des Heizungsunternehmens vor? Sind die Inhalte detailliert aufgeschlüsselt?			
Werden alle Räume gleichmäßig warm und entsprechen die Raumtemperaturen den gewählten Einstellungen?			
Gibt es Geräusche in der Heizungsanlage, z. B. Gluckern in den Heizkörpern?			
Funktioniert die außen- oder innentemperaturabhängige Heizungsregelung wie geplant?			
Stimmen die festgelegten Zeiten für die Nachtabsenkung oder -abschaltung sowie die speziellen Wochenend-Heizprogramme in der zentralen Regelung mit der tatsächlichen Nutzung überein?			
Wird eine Überwachung zur Energieeffizienz der Heizungsanlage durchgeführt?			
Werden Optimierungen des Anlagenbetriebs ggf. mit Unterstützung der Wartungsfirma (z. B. Heizzeiten, Heizkennlinien, Pumpeneinstellungen) durchgeführt?			

* Die Checkliste ist stetig erweiterbar. Sie ist in der vorliegenden Form nicht vollumfänglich und dient ausschließlich der Information der Bauherren. Die fachgerechte Planung, Ausführung, Inbetriebnahme und Einregulierung und Abnahme von technischen Anlagen wird in den einschlägigen technischen Merkblättern, Vorschriften, Zulassungen und Normen vollumfänglich beschrieben.

→ Checklisten „Neue Heizung“

Welche Heizung passt im Altbau? Was ist zu beachten?*

1. Bedarfsermittlung Folgende Fragen sollen dem Gebäudeeigentümer und Heizungsplaner helfen, die Auswahl nach einem geeigneten individuellen Heizsystem einzugrenzen.	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	noch unklar
Vorüberlegung			
Ist der Jahresheizwärmeverbrauch des bestehenden Gebäudes bekannt (z. B. aus Energieverbrauchsausweis oder Energieabrechnungen)?			
Besteht für den vorhandenen Wärmeerzeuger eine gesetzliche bzw. verordnungsrechtliche Austauschverpflichtung (z. B. GEG, 1. BimSchV)?			
Ist bekannt, mit welchen Temperaturen die bestehende Heizungsanlage betrieben wird?			
Liegen Bestandspläne bzw. Revisionspläne (z. B. Rohrnetz mit Dimensionierung, Heizkörper, Heizungsschema) der bestehenden Heizungsanlage vor?			
Wird eine gesamtheitliche Beratung mit Vollkostenbetrachtung für die neue Heizungsanlage durch einen unabhängigen Ingenieur oder Energieberater durchgeführt?			
Wird eine Beratung durch einen Heizungsfachbetrieb durchgeführt?			
Wird die Raumwärme bisher mit Heizkörpern oder Flächenheizungen bereitgestellt?			
Soll die Raumwärme zukünftig nur über Flächenheizungen bereitgestellt werden?			
Soll die neue Heizung ausschließlich bzw. teilweise auf Basis erneuerbarer Energien (Hybridheizung) betrieben werden?			
Besteht die Anschlussmöglichkeit an ein Fern- oder Nahwärmenetz auf Basis erneuerbarer Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung?			
Ist durch die südliche Ausrichtung des Gebäudes, Daches oder Nebengebäudes die Nutzung solarer Strahlungsenergie (Photovoltaik, Solarthermie) möglich?			
Soll die Heizung voll automatisch ohne manuelle Unterstützung funktionieren (z. B. Holzfeuerung)?			
Soll ein Kaminofen bzw. Kamineinsatz mit Wasserkasten für Heizungsunterstützung errichtet werden?			
Sind geeignete Lagermöglichkeiten von Holzbrennstoffen (z. B. Holzsplit, Holzpellets) verfügbar?			
Ist es möglich, mit dem vorhandenen Wärmeübergabesystem die Räume bei niedrigen Heizmedientemperaturen ausreichend zu beheizen?			
Sind Fläche und Untergrund des Grundstücks für die Nutzung von Geothermie geeignet, können Erdsondenbohrungen am Standort eingebracht werden?			
Ist für den Einbau eines Erdkollektors ausreichend besonnte und nicht überbaute Oberfläche im Grundstück vorhanden?			
Bestehen Möglichkeiten zur Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser auf dem Grundstück?			
Ist ein Erdgas-Anschluss vorhanden bzw. möglich?			
Ist Platz für die Errichtung eines Flüssiggastanks auf dem Grundstück gebäudenah möglich?			
Ist die Nutzung von eigenem bzw. angeliefertem Stückholz, Holzpellets oder Hackschnitzeln möglich?			
Soll die Warmwasserbereitung zentral über das Heizsystem erfolgen?			
Ist eine dezentrale separate Warmwasserbereitung z. B. über Durchlauferhitzer oder Einzelspeicher vorgesehen?			
Ist ausreichend Installationsraum für die Heizungsanlage, ggf. auch mit Pufferspeicher, im Gebäude vorgesehen?			
Wird eine Förderung (z. B. BAFA, KfW, Steuer) für die neue Heizungsanlage in Betracht gezogen?			

* Die Checkliste ist stetig erweiterbar. Sie ist in der vorliegenden Form nicht vollumfänglich und dient ausschließlich der Information des Bauherren. Die fachgerechte Planung, Ausführung, Inbetriebnahme und Einregulierung und Abnahme von technischen Anlagen wird in den einschlägigen technischen Merkblättern, Vorschriften, Zulassungen und Normen vollumfänglich beschrieben.

2. Planung Folgende Fragen sollen dem Gebäudeeigentümer und Heizungsplaner helfen, die Auslegung des Heizungssystems zu optimieren unter Beachtung normativer Anforderungen und energetischer Aspekte.	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	Weiß noch nicht
Heizungsanlage			
Wurde eine Planung der Heizungsanlage beauftragt (siehe VOB/C DIN 18380 Punkt 3)?			
Inhalte z. B.: Bestandsaufnahme des bestehenden Rohrnetzes, Überprüfung der Heizlast im Kurzverfahren nach DIN EN 12831 Beiblatt 2, Heizflächennachrechnung/Neuauslegung, Rohrnetznachrechnung und Pumpenauslegung			
Wurden die Solltemperaturen und Aufheizzeiten in den einzelnen Räumen mit dem Bauherren abgestimmt? (z. B. Bäder 24 °C, Wohnräume 20 °C)			
Werden Ausführungspläne (z. B. Hydraulikschema oder Installationspläne) erstellt?			
Werden erforderliche Messeinrichtungen und Zähler für eine Überwachung der Betriebs- und Energiedaten der Heizungsanlage vorgesehen?			
Trinkwarmwasserbereitung			
Soll die Trinkwarmwasserbereitung weiterhin zentral über den Wärmeerzeuger erfolgen?			
Entspricht die Dimensionierung mit Speichervolumen und Heizleistung dem tatsächlichen Bedarf?			
Kann ggf. auf Zirkulationsleitungen verzichtet werden?			
3. Inbetriebnahme und Abnahme	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	Weiß noch nicht
Wurde die Heizungsanlage förmlich abgenommen?			
Werden zur Abnahme vollständige Revisionsunterlagen (gemäß VOB/C) übergeben? Sind die in VOB/C genannten gewerkespezifischen Inhalte in den Revisionsunterlagen enthalten (z. B. Druck-, Mess- und Einstellprotokolle, Wartungsanweisungen, Wartungs- und Bedienanleitungen, Prüf- und Herstellerbescheinigungen, Revisionspläne)?			
Wurden Restarbeiten und Mängelbeseitigungen festgelegt und protokolliert?			
Wurde eine technische Einweisung des Auftraggebers in die Betriebsfunktionen des Heizungssystems durch den Heizungsfachbetrieb durchgeführt?			
Wurden Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen gemäß GEG wärmegeklämt?			
Wurde für eine außentemperaturabhängige Heizungsregelung eine optimale Heizkennlinie (Heizkurve) für jeden Heizkreis eingestellt? Sind die Einstellwerte protokolliert?			
Wurde die Heizungspumpen korrekt eingestellt und protokolliert?			
Wurde der Außenfühler für eine außentemperaturabhängige Heizungsregelung richtig platziert?			
4. Wartung und Betrieb	Ja/ist möglich	Nein/nicht relevant	Weiß noch nicht
Liegt ein Wartungsangebot des Heizungsunternehmens vor. Sind die Inhalte detailliert aufgeschlüsselt?			
Werden alle Räume gleichmäßig warm und entsprechen die Raumtemperaturen den gewählten Einstellungen?			
Gibt es Geräusche in der Heizungsanlage, z. B. Gluckern in den Heizkörpern?			
Funktioniert die außen- oder innentemperaturabhängige Heizungsregelung wie geplant?			
Stimmen die festgelegten Zeiten für die Nachtabsenkung sowie die speziellen Wochenend-Heizprogramme in der zentralen Regelung mit der tatsächlichen Nutzung überein?			
Wird eine Überwachung zur Energieeffizienz der Heizungsanlage durchgeführt?			
Werden Optimierungen des Anlagenbetriebs ggf. mit Unterstützung der Wartungsfirma (z. B. Heizzeiten, Heizkennlinien, Pumpeneinstellungen) durchgeführt?			

13 Glossar

Energiebedarf

Der Energiebedarf eines Gebäudes ist die Energiemenge, die das Gebäude unter standardisierten Randbedingungen (z. B. Innen- und Außentemperaturen, festgelegtes Nutzerverhalten) auf Grundlage eines definierten Berechnungsverfahrens (z. B. Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599 oder nach DIN V 4108-6/4701-10) verbrauchen würde.

Energiebedarfswerte lassen somit nur bedingt Rückschlüsse auf tatsächliche oder zu erwartende Energieverbräuche zu. Sie eignen sich jedoch gut für objektive Vergleiche zwischen unterschiedlichen Gebäude-/Anlagentechnikvarianten.

Erzeugernutzenergie

Die Erzeugernutzenergie(-abgabe) ist diejenige Energiemenge (Wärme oder Kälte), die ein Erzeuger bereitstellen muss. Sie ergibt sich als Summe von Nutzenergie und ggf. Verlusten der Übergabe, Verteilung und Speicherung. Im gegenwärtigen Energie-sparrecht ist die Erzeugernutzenergie u. a. beim Nachweis zur Einhaltung der Nutzungspflicht für Erneuerbare Energien von wesentlicher Bedeutung – dieses fordert für die meisten Erfüllungsoptionen die Einhaltung energetischer Deckungsanteile durch Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien und bezieht sich hierbei auf die Erzeugernutzwärme/-kälte (im Gesetzestext: Wärme-/Kälteenergiebedarf).

Gebäudekonditionierung

Im juristischen und fachlichen Sprachgebrauch wird mit der Konditionierung eines Gebäudes die Herstellung bestimmter Umgebungsbedingungen innerhalb des Gebäudes gemeint – im Einzelnen umfasst die Gebäudekonditionierung im Rahmen von Betrachtungen nach GEG:

- die Beheizung,
- Trinkwassererwärmung,
- ggf. Kühlung,
- ggf. (mechanische) Belüftung und
- bei Nichtwohngebäuden zusätzlich die Beleuchtung.

Heizwärmebedarf (Q_h)

Wärme, die das Heizsystem für die Gesamtheit der beheizten Räume in einem Jahr bereitzustellen hat. Für die Berechnung wird nicht die gesamte Fläche des Hauses, sondern nur die Grundfläche der beheizten Räume zugrunde gelegt.

Nutz-, End- und Primärenergie

Bei der Bilanzierung energieumsetzender Systeme lassen sich unterschiedliche Bilanzräume definieren. In der Bewertung von Gebäuden einschließlich ihrer Anlagentechnik haben sich hierzu die Begriffe Nutz-, End- und Primärenergie etabliert.

Der Begriff Nutzenergie bezieht sich auf die Energiemenge, welche zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe – der Konditionierung – unmittelbar am Ort der Nutzung unter idealisierten Bedingungen aufgewendet werden müsste. Das kann bspw. die Wärmemenge sein, welche einem Raum zur Aufrechterhaltung einer definierten Innentemperatur unter idealisierten Bedingungen zuzuführen wäre – die Summe der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste. Nutzenergie ist daher i. d. R. weder anlagen- noch energieträgerspezifisch.

Endenergie bezieht darüber hinaus auch spezifische Energieverluste der Anlagentechnik ein. Diese können z. B. durch die Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe von Wärme entstehen. Eine definierte Menge an Endenergie entspricht einer bestimmten Menge des eingesetzten Energieträgers (z. B. Kubikmeter Erdgas, Liter Heizöl). Endenergie ist energieträgerspezifisch zu betrachten – Endenergiemengen unterschiedlicher Energieträger können nicht unmittelbar verglichen oder miteinander verrechnet werden. Die Grenzen des Bilanzrahmens einer endenergetischen Betrachtung werden i. d. R. durch die Gebäudegrenzen gebildet.

Bei einer primärenergetischen Betrachtung wird zusätzlich der Aufwand berücksichtigt, welcher für Erschließung, Transport und Bereitstellung der notwendigen Energie an der Gebäudegrenze notwendig ist. Somit erlaubt die primärenergetische Betrachtung auch einen energetischen Vergleich verschiedener Energieträger.

Primärenergiefaktor (PEF, f_p)

Der im GEG geforderten Energieausweis muss sowohl ein Endenergieverbrauch der Gebäude als auch ein Primärenergieverbrauch angegeben werden. Die Umrechnung erfolgt mithilfe des Primärenergiefaktors, einer Art Wichtungsfaktor, dessen Wert von der Art der eingesetzten Energieform abhängt. Die Primärenergiefaktoren sind in der DIN V 18599 festgeschrieben. Der Primärenergiefaktor berücksichtigt dabei Energieverluste, die bei Erkundung, Gewinnung, Verteilung und Umwandlung auftreten. Aus dem Referenzgebäudeverfahren des GEG resultiert für jeden Neubau, bzw. jede Sanierungsmaßnahme eine bestimmte Obergrenze des Primärenergiebedarfes, die es einzuhalten gilt. Der erneuerbare Anteil am Energieverbrauch wird dabei (mit einem nicht erneuerbaren Primärenergiefaktor von 0,0) nicht mit bilanziert.

Nutzungsgrad/Wirkungsgrad

Sowohl der Wirkungs- als auch der Nutzungsgrad einer Heizungsanlage dienen der Effizienzermittlung. Sie beschreiben das Verhältnis von zugeführter Energie zu gewonnenem Nutzen, z. B. Wärme oder Strom. Beide können somit nur Werte zwischen 0 und 1 (100 %)* annehmen. Je höher der Wert, desto effizienter die Anlage. Dennoch unterscheiden sich Wirkungs- und Nutzungsgrad in Berechnung und Aussagekraft. Während der Wirkungsgrad dieses Verhältnis für den Zeitpunkt des optimalen Betriebs der Anlage angibt, wird der Nutzungsgrad über einen längeren Nutzungszeitraum, z. B. ein Jahr („Jahresnutzungsgrad“) ermittelt. Zu unterscheiden ist hier zwischen einem nach DIN theoretisch berechneten „Normnutzungsgrad“ und einem aus Messergebnissen (Gaszähler, Wärmemengenzähler) an der jeweiligen Anlage stammenden. Da ein Nutzungsgrad auch Teillastzustände, Abgas- sowie Stillstandsverluste berücksichtigt, ist er immer kleiner als der Wirkungsgrad.

* Zum Teil werden bei Brennwertgeräten Normnutzungsgrade bis zu 111 % angegeben, was daran liegt, dass hier bei der Berechnung der im Brennstoff enthaltene Energiemenge der Heizwert H_i verwendet wird.

Smart Home

Die Umschreibung „Smart Home“ steht für eine intelligente Verknüpfung von elektrischen Verbrauchern in privaten Haushalten. Wesentliche Aufgaben von Smart Home Anwendungen sind z. B., den Komfort zu steigern, mehr Sicherheit für die Bewohner zu gewährleisten oder Energie zu sparen. Die Intelligenz wird durch eine gezielte Vernetzung der Haustechnik und von Haushaltsgeräten erreicht, wodurch eine automatische Kommunikation der Teilnehmer untereinander ermöglicht wird.

Einige Produkte (z. B. einige Wärmepumpen) tragen ein „Smart Grid ready“-Label, was bedeutet, dass sie bereit für das intelligente Stromnetz sind, in Zukunft auf digitale Signale im Stromnetz reagieren können.

Heizgrenztemperatur

Die Heizgrenztemperatur ist die Außentemperatur, bei deren Unterschreitung der Heizbetrieb aufgenommen werden muss. Die Heizgrenztemperatur wird mathematisch als Mittelwert der Temperaturen eines Tages berechnet und liegt in Deutschland in der Regel bei 15 °C. Je nach Region und Gebäudedämmung kann die Heizgrenztemperatur auch darunter liegen. Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur unter der Heizgrenztemperatur liegen, gelten als Heiztage.

Heizkennlinie (Heizkurve)

Eine Heizkennlinie (auch Heizkurve) beschreibt den mathematischen Zusammenhang zwischen der Vorlauftemperatur eines Heizkreises in Abhängigkeit der Außentemperatur, um Nutzräume je nach Witterung auf die gewünschte Raumtemperatur zu erwärmen. Je niedriger die Außentemperatur, desto höher ist die Vorlauftemperatur. Die Sicherstellung einer ausreichenden Wärmeversorgung der Räume eines Gebäudes hängt von einer Reihe verschiedener Faktoren ab. Hiervon stellen die Art des Wärmeübergabesystems (z. B. Niedertemperatur-Flächenheizung, klassische Heizkörper), die Energieeffizienz des Gebäudes, das Speichervermögen und die Heizgrenztemperatur die wesentlichen dar. Die Heizkurve lässt sich mit verschiedenen Parametern beeinflussen und somit optimieren. Diese sind Steilheit, Parallelverschiebung, Nachtabsenkung und die Heizgrenze.

Spezifische Wärmekapazität c

Die spezifische Wärmekapazität c beschreibt, welche Energiemenge pro Kilogramm Masse und pro Kelvin Temperaturänderung durch einen Stoff aufgenommen werden kann. Gemessen wird sie in $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Wärmeleitfähigkeit λ in $[\text{W}/(\text{mK})]$

Die Wärmeleitfähigkeit λ beschreibt, wie viel Wärme pro Zeiteinheit von der warmen zur kalten Seite über eine Länge von einem Meter durch einen Quadratmeter fließt, wenn der Temperaturunterschied 1 Kelvin beträgt (in der Physik werden Temperaturunterschiede nicht in °C, sondern in Kelvin angegeben). Sie hängt im Wesentlichen vom Porenvolumen, vom Gefügebau, der Rohdichte, der Temperatur und der Feuchtigkeit eines Baustoffes ab.

Witterungsberreinigung

Der Energieverbrauch eines Gebäudes – insbesondere dessen Verbrauch an Heizwärme – hängt u. a. vom Standort des Gebäudes ab. Darüber hinaus kann auch das Wetter eines Jahres anders ausfallen als das des Vorjahres. Über die Witterungsberreinigung werden Energieverbrauchsdaten in Abhängigkeit regionaler Klimafaktoren abgeglichen. Somit kann der Energieverbrauch von mehreren Gebäuden unabhängig der Witterungseinflüsse über mehrere Jahre verglichen werden. Klimafaktoren des DWD werden für kalendermonatlich gestaffelte 12-Monats-Zeiträume veröffentlicht (Januar bis Dezember desselben Jahres, Februar eines Jahres X bis Januar des Folgejahres X+1, März eines Jahres X bis Februar des Folgejahres X+1 usw.).

14 Abbildungs- und Quellenverzeichnis

Abbildungen

Titelbild:	Heizraum (© Alexxey/Shutterstock.com), Lupe (© Pixabay, ri)	1
Abbildung 1:	Neue Heizungsanlage (© Wolfgang Lehmann Heizung/Lüftung/Sanitär GmbH)	4
Abbildung 4:	Wandhängende Gasbrennwerttherme (© Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland)	8
Steckbrief 1:	Brennwerttherme (© Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland)	10
Abbildung 7:	Holzfeuer (© Pixabay, István Asztalos)	11
Steckbrief 2:	Holzvergaserkessel (© www.atmos-deutschland.de)	13
Abbildung 11:	Förderschnecke für Holzpellets (© Axiom, pellas-x.de)	14
Abbildung 12:	Herstellung von Holzpellets (© Agentur für Erneuerbare Energien)	14
Abbildung 13:	Pelletkessel mit kleinem Pelletsilo (© Axiom, pellas-x.de)	15
Steckbrief 3:	Pelletkessel (© ETA Heiztechnik GmbH)	16
Abbildung 14:	Hackschnitzel (© Pixabay, Samuel Faber)	17
Abbildung 15:	Aufbau eines Hackschnitzelkessels (© www.froeling.com)	18
Steckbrief 4:	Hackschnitzelkessel (© www.froeling.com)	19
Abbildung 17:	Offener Kamin (© Pixabay, ArtTower)	20
Abbildung 20:	Beispiel eines Luft-Abgas-Systems (© www.schreyer-schornstein.de)	21
Steckbrief 5:	Kaminofen (© Justus GmbH, www.justus.de)	22
Abbildung 23:	Aufbau einer Brennstoffzellenheizung (© Viessmann-Werke)	24
Abbildung 24:	Beispiel Brennstoffzellenheizung (multivalent) (© Sunfire GmbH)	25
Abbildung 25:	Beispiel Brennstoffzellenheizung (multivalent) (© www.senertec.de)	25
Steckbrief 6:	Brennstoffzellenheizung (© Viessmann-Werke)	26
Abbildung 31:	Inneneinheit Wärmepumpe und zentrales Lüftungsgerät (© Viessmann-Werke)	30
Abbildung 32:	Luft-Wasser-Splitwärmepumpe (© August Brötje GmbH, www.brötje.de)	31
Abbildung 33:	Lüftungskompaktgerät mit Abluftwärmepumpe (© obs/STIEBEL ELTRON/Stiebel Eltron)	31
Steckbrief 7:	Außeneinheit einer Luft-Wasser-Splitwärmepumpe (© Viessmann-Werke)	32
Abbildung 34:	Temperaturverlauf unter der Erdoberfläche (© geoENERGIE Konzept GmbH)	33
Abbildung 35:	Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden (© Bundesverband Wärmepumpe [BWP] e.V.)	34
Abbildung 36:	Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor (© Bundesverband Wärmepumpe [BWP] e.V.)	34
Steckbrief 8:	Sole-Wasser-Wärmepumpe (© Max Weishaupt GmbH)	36
Abbildung 38:	Wasser-Wasser-Wärmepumpe (© Bundesverband Wärmepumpe [BWP] e.V.)	37
Abbildung 39:	Durchführung einer Tiefenbohrung (© geoENERGIE Konzept GmbH)	37
Steckbrief 9:	Wasser-Wasser-Wärmepumpe (© STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG)	39
Abbildung 40:	Oberirdische Fernwärmetrasse (© Pixabay, Willi Heidelberg)	40
Abbildung 41:	Beispiel Hausanschlussstation (© PEWO Energietechnik GmbH)	40
Steckbrief 10:	Nah- und Fernwärme (Hausanschlussstation © PEWO Energietechnik GmbH)	42
Abbildung 46:	Vakuumröhrenkollektor, Flachkollektor (© Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland)	44
Abbildung 49:	Solar-Luftkollektoranlage (© GRAMMER Solar)	45
Abbildung 50:	Sonnenwärmeangebot und Wärmebedarf in Wohngebäuden (© SAENA)	45
Abbildung 55:	Modularer Stromspeicher mit PV-Wechselrichter (© SOLARWATT GmbH)	50
Steckbrief 12:	Photovoltaik (Photovoltaikmodul © SOLARWATT GmbH)	51
Abbildung 56:	Infrarot-Heizpaneel als Wandbild (© CANDOR GmbH)	52
Abbildung 57:	Infrarot-Wandheizpaneel (© CANDOR GmbH)	52
Abbildung 58:	Infrarotheizung als Kreidetafel (© OHLE GmbH & Co. KG)	53
Abbildung 59:	Infrarot-Heizpaneel als Handtuchhalter (© CANDOR GmbH)	53
Steckbrief 13:	Infrarotheizung (Deckenheizpaneel © CANDOR GmbH)	54
Abbildung 61:	Gas-Hybridheizung mit Gas-Brennwertgerät und Luft-Wasser-Wärmepumpe (© Viessmann-Werke)	55
Abbildung 62:	Moderner Flachheizkörper (© KERMI GmbH)	57
Abbildung 64:	Beispiel Gas-Durchlauferhitzer (© Foto/s Vaillant)	58
Abbildung 65:	Aufbau Kombispeicher (© Max Weishaupt GmbH)	58
Abbildung 68:	Beispiel Frischwasserstation (© Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland)	59
Abbildung 69:	Touch-Display zur Heizungssteuerung (© Pixabay, Rudy and Peter Skitterians)	60
Abbildung 70:	Bedieneinheit zur Heizungssteuerung (© Bosch Thermotechnik GmbH, Junkers Deutschland)	60
Abbildung 71:	Digitale Raumtemperaturregelung (© eQ-3 AG)	60

Quellen

- [1] „Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV),“ [Online] · Available: https://www.gesetze-im-internet.de/bimSchv_1_2010/BJNR003800010.html. [Zugriff am 26.08.2019]
- [2] „C.A.R.M.E.N. e. V.,“ [Online] · Available: <https://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe/hackschnitzel/579-heizwert-wassergehalt-und-gewicht> [Zugriff am 12.08.2019]
- [3] E. Parlament, „VERORDNUNG (EU) Nr. 517/2014,“ 16.04.2014. [Online] · Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0517&from=DE> [Zugriff am 11.09.2019]
- [4] Ministerium für Klimaschutz, „Mach' es richtig! Lärmschutz bei Luftwärmepumpen, 2016
- [5] Landeshauptstadt Dresden, „Anlage zur Karte 4.31 „Mögliche geothermische Entzugsleistung des Untergrundes in W/m für 0 bis 100 m Tiefe für Erdwärmesondenanlagen mit einer Leistung unter 30 kW mit bis zu 2400 Betriebsstunden pro Jahr,“ 2018
- [6] „Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG),“ [Online] · Available: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/_48.html [Zugriff am 26.09.2019]
- [7] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Grundwasserwärmepumpen – Merkblatt zum Bau und Betrieb, 2015



Herausgeber

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Pirnaische Straße 9
01069 Dresden
Telefon: 0351 4910-3152
Telefax: 0351 4910-3155
E-Mail: info@saena.de
Internet: www.saena.de

Die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH ist das unabhängige Kompetenz- und Beratungszentrum zu den Themen erneuerbare Energien, zukunftsfähige Energieversorgung und Energieeffizienz. Gesellschafter sind der Freistaat Sachsen und die Sächsische Aufbaubank – Förderbank –.

Redaktion

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Auflage

4. Auflage | überarbeiteter Nachdruck | Dezember 2023

Gestaltung

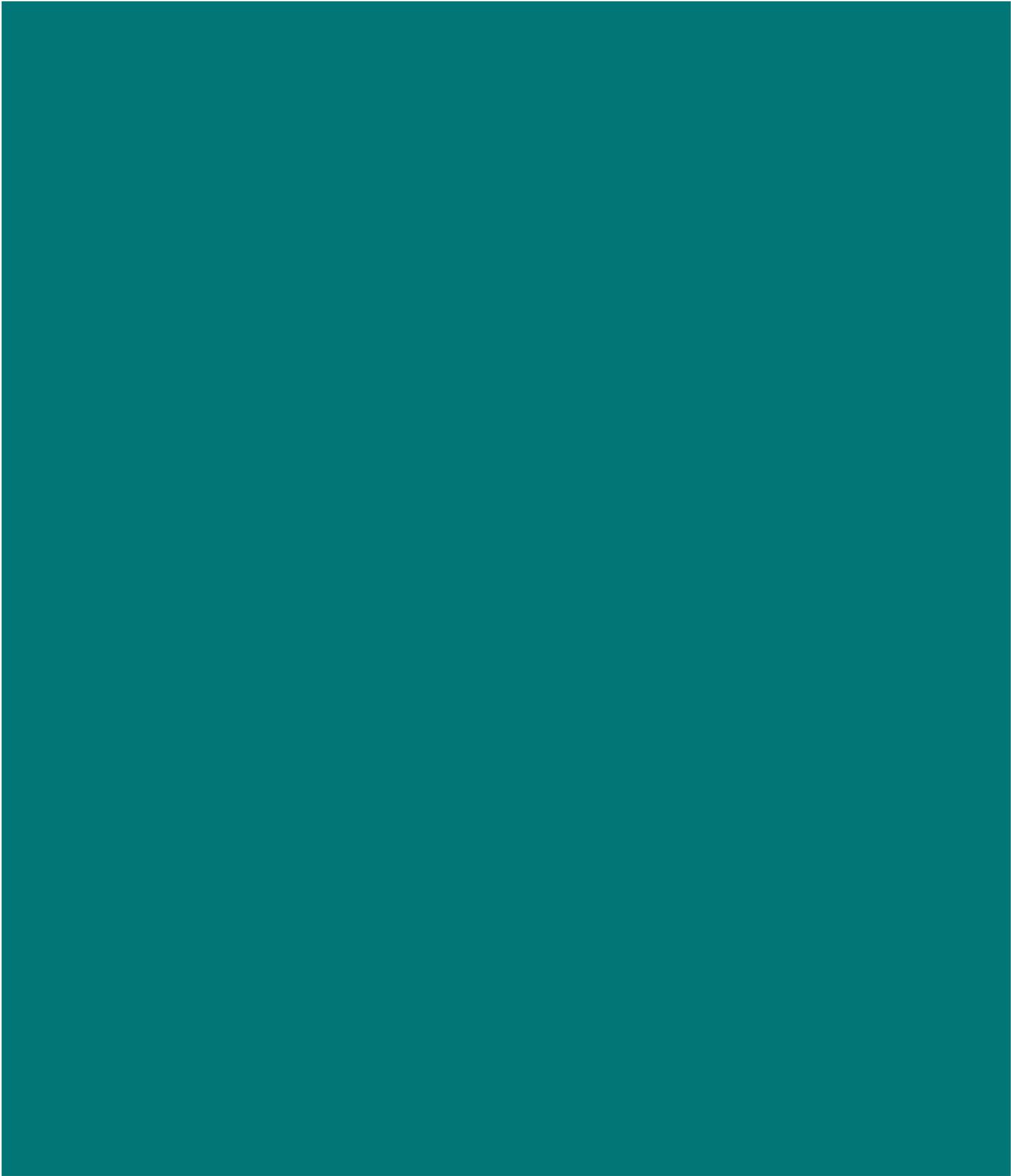
Blaurock Markenkommunikation GmbH



Weitere Informationen unter:

**Bürgertelefon (Sprechzeiten Dienstag und Donnerstag):
0351 4910-3179**

www.saena.de
www.saena.de/broschueren
www.saena.de/veranstaltungen
www.saena.de/energieportal-sachsen
www.saena.de/digitale-bauherrenmappe
www.saena.de/energie-experten



gedruckt auf 100 % Recyclingpapier