

Inhaltsverzeichnis

Effizient und umweltfreundlich heizen

- 6 Welche Heizung für mein Haus?
- 9 Die rechtlichen Rahmenbedingungen
- 14 Die Fördermöglichkeiten
- 18 Denken und Planen im System: Voraussetzung für Effizienz
- 21 Den Einsatz erneuerbarer Energien planen
- 23 Die Gebäudetypen
- 25 Die Dämmung: Voraussetzung für energieeffiziente Gebäude
- 32 Gebäudetechnik effizient dimensionieren und nutzen
- 34 Typische Häuser – und wie sie sich optimieren lassen

Wie kann man in Zukunft günstig heizen?

- 46 So funktionieren Heizungen
- 51 Wie heizt man klimafreundlich?
- 53 Das Wichtigste für die Planung: den Bedarf klären
- 61 Warmwasser zweckmäßig und effizient bereiten

Wärmepumpen

- 74 Wie funktionieren Wärmepumpen?
- 80 Wärmepumpenkennzahlen und ihre Bedeutung
- 85 Luftwärmepumpen
- 92 Erdwärmepumpen
- 98 Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Eisspeicher

- 100 Grundwasserwärmepumpen
- 103 Allein oder im Verbund? Hybrid-Wärmepumpen
- 108 Kühlen mit Wärmepumpen
- 110 Wärmepumpe planen
- 116 Wärmepumpe wirtschaftlich betreiben und warten

Alternativen und Ergänzungen zur Wärmepumpe

- 124 Warmwasser und Heizung mit Solarthermie
- 134 Gas- und Ölheizung
- 138 Wärmeerzeugung mit Biogas
- 143 Elektroheizung
- 148 Blockheizkraftwerke
- 150 Heizen mit Holz
- 158 Fernwärme – die effiziente Alternative?
- 160 Wichtige Auswahl Faktoren

Wärmeverteilung

- 164 Prinzipien der Wärmeübertragung
- 166 Heizung: Bestandsaufnahme
- 168 Warmluft oder -wasser als Medium?
- 170 Heizkörper
- 175 Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen
- 180 Luftheizung
- 182 Kühlen mit der Heizung – und umgekehrt
- 184 Kamine und Kaminöfen
- 187 Der richtige Rauchabzug



34

Neubau oder Bestand:
Welche Heizung rechnet sich für Ihr Haus?

58
So finden Sie das passende Heizsystem für Ihren Bedarf.



85 Luft-Wasser-Wärmepumpen im Test: Effizient heizen mit Umweltwärme



130

Solarthermie für Warmwasser und Heizung:
Wann es sich lohnt

Heizungssteuerung und Smart Home

- 192 Regelung des Wärmeerzeugers
- 194 Regelung der Heizkörper
- 199 Smart-Home-Systeme
- 205 Das Haus für die Intelligenz vorbereiten
- 206 Wahl des richtigen Smart-Home-Systems
- 208 Die Heizung per Smart Home steuern?

Service

- 210 Bedarfsberechnungen für die Beispielgebäude
- 211 So teuer wird Ihr Warmwasser
- 212 Wann lohnt sich eine Hybridheizung?
- 214 Die Kosten verschiedener Wärmepumpentypen im Vergleich
- 216 Luft-Wasser-Wärmepumpen im Test
- 218 Smart-Home-Systeme im Überblick
- 220 Stichwortverzeichnis

Welche Heizung für mein Haus?

Bauherren wie Gebäudeeigentümerinnen müssen handeln. Niemand will im Kalten sitzen – aber die Wahl der richtigen Heizung wird immer komplexer. Zusätzlich macht die Politik Druck.

Nach politischem und medialem Getöse beschloss die Bundesregierung im September 2023 die Eckdaten des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Unmittelbar wirkt es sich auf Neubauten aus, sukzessive aber auch auf Bestandsbauten. Bauherren und Immobilieneigentümerinnen müssen also handeln.

Im Neubau ist dies relativ leicht: Hier deckt sich das wirtschaftliche Interesse der Hausbauer mit dem Willen des Gesetzgebers, möglichst energieeffiziente Gebäude zu errichten. Denn: Die billigste Heizenergie ist die, die man nicht braucht. Wesentlich komplizierter ist es, Bestandsgebäude heizungs- und dämmungstechnisch möglichst effizient zu sanieren.

Im Neu- und noch mehr im Bestandsbau führen viele Wege zum Ziel – die eine, für alle Situationen passende Lösung gibt es leider nicht. Viele Details hängen vom Standort, dessen Geologie und den dort herrschenden Temperaturen ab, dazu kommen die Gebäudeart, die persönlichen Wünsche und finanziellen Möglichkeiten sowie beim Bestand selbstverständlich die vorhandene Bausubstanz.

Unser Buch zeigt, wie man den neuen rechtlichen Vorschriften zur Heizung im Neubau und in bestehenden Gebäuden gerecht wird. Wir erklären, in welchen Fällen ein Heizungstausch erforderlich ist, wann er sinnvoll sein könnte und welches System für welche Bedürfnisse am besten geeignet ist. Dazu diskutieren und beschreiben wir im Detail die verschiedenen Technologien und ihre Kombinationsmöglichkeiten.

Die gute Nachricht: Die Energie liegt in vielen Fällen zwar nicht auf der Straße, aber oft in der Luft oder im Erdreich. Und sie ist kostenlos und unbegrenzt verfügbar – was für fossile Energien nicht gilt.

Zudem sind im Neubau nach der aktuellen Fassung des GEG reine Gas- oder Ölheizungen nicht mehr erlaubt. Hier wird man in vielen Fällen auf Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser setzen. Diese Geräte sind energetisch kleine Wunderwerke, denn aus einer Kilowattstunde (kWh) elektrischer Energie erzeugen sie drei oder mehr kWh Wärme. Alternativlos sind Wärmepumpen aber nicht – es gibt tatsächlich Konstellationen, in denen es wirtschaftlicher ist, direkt mit Strom zu heizen und warmes Wasser zu bereiten.

Besitzern und Besitzerinnen von Bestandsbauten lässt das GEG mehr Zeit – sie können die verschiedenen Optimierungsmöglichkeiten über Jahre strecken. Wenn sie mit einem Energieberater einen Sanierungsplan erarbeiten, werden fast alle Maßnahmen gefördert.

Wichtig bei der Betrachtung technischer Möglichkeiten und ihrer Vor- und Nachteile ist, diese nicht isoliert zu sehen, sondern als System – jede mögliche Komponente der Haustechnik steht mit anderen in Wechselwirkung. Achtet man hingegen nicht auf das Zusammenspiel der einzelnen Gewerke, kann prinzipiell nützliche Gebäudetechnik kontraproduktiv werden. Diese Abhängigkeiten zu berücksichtigen stellt nicht nur für Handwerker und Energieberaterinnen eine Herausforderung dar – auch Bauherren selbst sollten sich so weit in die Materie einarbeiten, dass sie Dienstleistern in der Planungsphase die richtigen Fragen stellen können.

Denn im 21. Jahrhundert sind die Anforderungen an eine zeitgemäße Heizung sehr umfassend. Neben der eigentlichen Wärmeherzeugung sind folgende Punkte wichtig:

- ▶ Heizung mit all ihren Unteraspekten, also Warmwasser, Lüftung, Klimatisierung



Nicht immer und überall – aber so wie an diesem Haus wird in Zukunft wohl oft in Deutschland eine Wärmepumpe heizen und warmes Wasser bereiten. Alternativlos ist die Technik aber nicht – Hausbauer und -besitzer müssen individuell entscheiden, welche Lösung die wirtschaftlichste ist.

- ▶ Gebäudedämmung
- ▶ zusätzliche Effizienz durch Smart-Home-Technik
- ▶ Energiegewinnung durch Solarthermie und/oder Photovoltaik, Erdwärme und aus anderen Quellen.

Der letzte Aspekt wird in Zukunft immer wichtiger, denn die CO₂-Emissionen des Gebäudesektors sollen sinken. Noch 2018 verursachte allein Deutschland einen CO₂-Ausstoß von 120 Mio. Tonnen pro Jahr (t/a). Um die Klimaziele der Europäischen Union bis 2030 zu erreichen, muss er auf 72 Mio. Tonnen pro Jahr sinken.

Kein „Weiter so“

Mit vielen existierenden Gebäuden und deren Technik ist dies nicht zu realisieren. Solche Häuser müssen also renoviert und nachgerüstet werden, neue gleich so gebaut, dass sie möglichst wenig externe Energie benötigen und wenig zum CO₂-Ausstoß beitragen. Dies ist nicht nur im Interesse der Allgemeinheit wünschenswert, sondern auch für jeden künftigen oder aktuellen Besitzer einer Immobilie.

Die lange preistreibende EEG-Umlage auf den Strompreis ist weggefallen; mit dem steigenden Angebot von Strom aus erneuerbaren Energien und den günstiger werdenden Möglichkeiten privater Stromerzeugung wird Elektrizität als Energieträger attraktiver. Aktuell ist es schon wirtschaftlicher und sinnvoller, Gebäude mit strombetriebenen Wärmepumpen statt fossiler Energie zu beheizen beziehungsweise auf fossile Energie nur noch zurückzugreifen, wenn die Leistung der Wärmepumpe allein nicht ausreicht. Ein weitgehender Verzicht auf fossile Brennstoffe ist nicht nur politisch gewünscht, sondern in puncto Erderwärmung im Interesse jedes Einzelnen.

Nachhaltigkeit hat viele Facetten

Nicht nur übers Heizen werden sich angehende Bauherrinnen und Bauherren Gedanken machen müssen. Angesichts immer längerer Hitzeperioden wird die Klimatisierung immer relevanter. Auch die CO₂-Bilanz des gesamten Gebäudes wird stetig wichtiger. So spielt für die Nachhaltigkeit eines Hauses auch die Menge an CO₂-Emissionen eine Rolle, die Herstel-

Typische Häuser – und wie sie sich optimieren lassen

Kein Haus, kein Grundstück ist wie das andere. Vier Modellbeispiele zeigen, wie sich der Energiebedarf senken lässt – und was das kostet.

Mit vier beispielhaften Einfamilienhäusern erläutern wir im Folgenden, wie man Haustechnik sinnvoll kombiniert und die Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten effizient nutzt. Für jedes Gebäude wurde ein Modell mit einer Grundfläche von zehn mal neun Metern auf zwei Geschossen angelegt. Mit diesen Modellen wird die energetische Bilanzierung nach Din V 18 599 durchgeführt.

- 1 **Ein Neubau** auf unbebauter Fläche, bei dem man als Bauherr alle Freiheiten hat, allerdings die Vorschriften zum energieeffizienten Bauen einhalten muss.
- 2 **Ein freistehendes Haus** aus der Zeit von etwa 1930 bis 1980. Die Bausubstanz ist hier praktisch ungedämmt, auch sonst gibt es wenig bis keine Maßnahmen für Energieeffizienz im Bestand.
- 3 **Ein Reihenhaus** aus der Mitte der 1990er-Jahre. Das Gebäude ist wirksam und ausreichend effizient gedämmt, dennoch besteht Optimierungspotenzial – und Sanierungs- beziehungsweise Renovierungsbedarf in näherer Zukunft.
- 4 **Ein denkmalgeschützter Altbau**, an dessen äußerem Erscheinungsbild sich nichts ändern darf.

Für diese vier Gebäudetypen zeigen wir beispielhaft Möglichkeiten der Ausstattung oder Sanierung auf. Manche Dinge sind optional, sie ergänzen eher die Haustechnik, sind aber für hohe Energieeffizienz nicht zwingend. Bei den Bestandsbauten sind unsere Vorschläge Exempel für eine sinnvolle und wirtschaftliche Herangehensweise – sie können allerdings nur Beispielcharakter besitzen. Wofür Sie sich konkret entscheiden, hängt vom jeweiligen

Objekt ab. So existieren mitunter relativ junge Gebäude, deren Dämmung komplett unzureichend sein kann, oder freistehende Einfamilienhäuser, deren Lage die Nutzung von Sonnenenergie vereitelt. In diesen Fällen muss man unsere Beispiele entsprechend anpassen und variieren. Die Mustergebäude zeigen die zahlreichen Ansatzpunkte und Maßnahmenpakete – sie sind kein Ersatz für eine individuelle Bestandsaufnahme und Planung.

1: Der freistehende Neubau

Ein Neubau kann problemlos dem Stand der Technik entsprechend errichtet und nachhaltig und energieautark konzipiert werden. Folgende Maßnahmen sind möglich beziehungsweise gefordert:

Eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sorgt für frische Luft, die warme Abluft aus dem Gebäude erwärmt mittels hocheffizienter Wärmetauscher die frische Außenluft, die laufend ins Gebäude gefördert wird. Die davon getrennt arbeitende Luft-Wasser-Wärmepumpe muss also nur die auch im gedämmten Haus unvermeidlichen Wärmeverluste ausgleichen und die Temperatur der vorgewärmten, frischen Außenluft um wenige Grad erhöhen. Im Sommer kühlen Lüftungsanlage und Wärmepumpe das Haus (siehe Seiten 78 und 108).

Den Strom fürs Haus – und damit auch für den Betrieb der Wärmepumpe – liefert eine Photovoltaikanlage (PV) mit Akkus als Energiespeicher.

Fürs warme Wasser sorgen Elektrodurchlauferhitzer, was zunächst weder wirtschaftlich noch nachhaltig erscheinen mag. Aber bei der Versorgung des Hauses durch eine PV-An-



Wer neu baut, kann alle energetisch relevanten Aspekte schon in der Planung berücksichtigen und das Haus möglichst energieeffizient und sparsam auslegen.

lage muss im Zweifelsfall nur kurzfristig externer Strom bezogen werden, die Stromkosten bleiben also überschaubar. Sowohl die klassische Kombination von Heizung mit Warmwasserbereitung (siehe „Warmwasser zweckmäßig und effizient bereiten“, Seite 61) als auch ein mit Strom beheizter Warmwasserspeicher wären in Bau und Betrieb deutlich teurer und weniger effizient.

An der Dusche senkt zudem eine Abwärmenutzung den Bedarf an elektrisch aufgeheiztem Warmwasser. Darin heizt das Abwasser der Dusche über einen Wärmetauscher das Nass für den Brausekopf.

Mit dieser Gebäudeausstattung ist der Einsatz von Solarthermie (siehe Seite 124), also zusätzlichen Dachkollektoren, die die Sonnenwärme zur Heizung und Warmwasserbereitung nutzen, überflüssig – die Photovoltaikanlage ist universeller; bei der Kombination von Luft-Wasser-Wärmepumpe und zentraler Lüftungsanlage ist die klassische Heizungsunterstützung durch Solarthermie zudem gar nicht realisierbar.

Für die Mobilität der Bewohner sorgt zumindest ein Elektroauto, in der Garage oder am Stellplatz sind daher entsprechend belastbare Stromleitungen und Ladekontakte („Wallbox“) vorzusehen. Dabei sollte es sich um Modelle handeln, die das Speichern überschüssiger PV-Energie in den Autos bezie-

hungsweise deren Abgabe ins Haus ermöglichen („bidirektionales Laden“).

Diese Aufgabe können entsprechende Wallboxen und Wechselrichter (die Schnittstelle der PV-Anlage zum Haus-Stromnetz) übernehmen. Aber auch durch ein Intelligentes Haus („Smart Home“) lässt sich dieses Zusammenspiel koordinieren. Smart-Home-Technik (siehe das Kapitel „Heizungssteuerung und Smart Home“, Seite 190) gehört zur optionalen Ausstattung.

Folgende Werte werden angenommen:

Gebäudetyp: Neubau, zweistöckiges Einfamilienhaus, Flachdach

Wohnfläche: 150 Quadratmeter

Grundstücksgröße: 500 Quadratmeter

Kosten für Gebäudetechnik inklusive Montage:

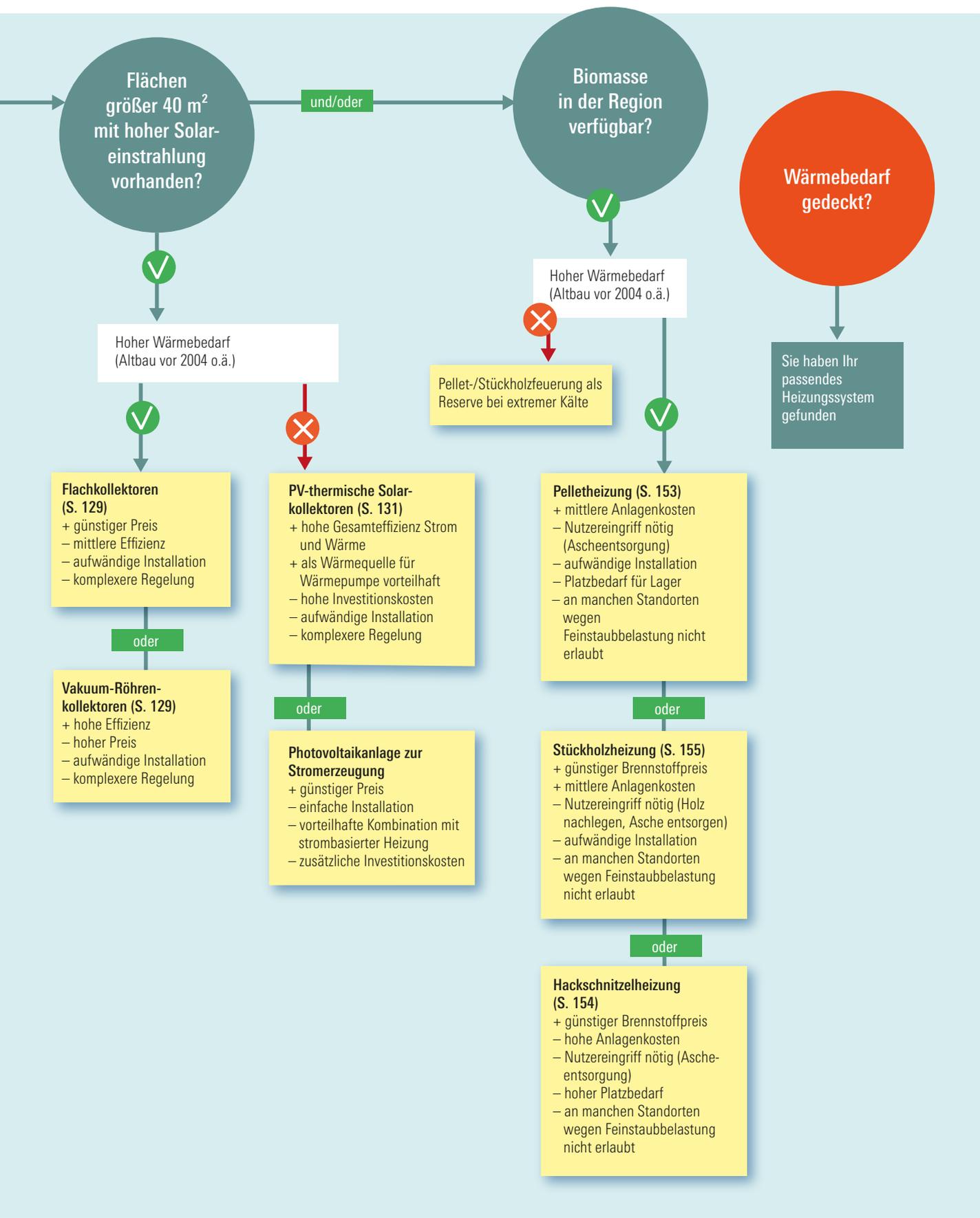
| | |
|--|-------------|
| Luft-Wasser-Wärmepumpe mit 5 Kilowatt (kW) | |
| Leistung (mit Heizstab) | 20 000 Euro |

| | |
|---|-------------|
| PV-Anlage mit rund 8 Kilowatt Spitzenleistung (kWp) | 16 000 Euro |
|---|-------------|

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung | 10 000 Euro |
|---------------------------------------|-------------|

| | |
|---------------------|------------|
| Warmwasserbereitung | 3 500 Euro |
|---------------------|------------|

| | |
|-----------------------|------------|
| Abwärmenutzung Dusche | 1 200 Euro |
|-----------------------|------------|



Flächen größer 40 m² mit hoher Solar-einstrahlung vorhanden?

Biomasse in der Region verfügbar?

Wärmebedarf gedeckt?

Hoher Wärmebedarf (Altbau vor 2004 o.ä.)

Hoher Wärmebedarf (Altbau vor 2004 o.ä.)

Pellet-/Stückholzfeuerung als Reserve bei extremer Kälte

Sie haben Ihr passendes Heizungssystem gefunden

Flachkollektoren (S. 129)
 + günstiger Preis
 – mittlere Effizienz
 – aufwändige Installation
 – komplexere Regelung

PV-thermische Solar-kollektoren (S. 131)
 + hohe Gesamteffizienz Strom und Wärme
 + als Wärmequelle für Wärmepumpe vorteilhaft
 – hohe Investitionskosten
 – aufwändige Installation
 – komplexere Regelung

Pelletheizung (S. 153)
 + mittlere Anlagenkosten
 – Nutzereingriff nötig (Ascheentsorgung)
 – aufwändige Installation
 – Platzbedarf für Lager
 – an manchen Standorten wegen Feinstaubbelastung nicht erlaubt

Vakuum-Röhren-kollektoren (S. 129)
 + hohe Effizienz
 – hoher Preis
 – aufwändige Installation
 – komplexere Regelung

Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung
 + günstiger Preis
 – einfache Installation
 – vorteilhafte Kombination mit strombasierter Heizung
 – zusätzliche Investitionskosten

Stückholzheizung (S. 155)
 + günstiger Brennstoffpreis
 + mittlere Anlagenkosten
 – Nutzereingriff nötig (Holz nachlegen, Asche entsorgen)
 – aufwändige Installation
 – an manchen Standorten wegen Feinstaubbelastung nicht erlaubt

Hackschnitzelheizung (S. 154)
 + günstiger Brennstoffpreis
 – hohe Anlagenkosten
 – Nutzereingriff nötig (Ascheentsorgung)
 – hoher Platzbedarf
 – an manchen Standorten wegen Feinstaubbelastung nicht erlaubt

oder

oder

oder

oder

Wärmepumpenkennzahlen und ihre Bedeutung

Wärmepumpe ist nicht gleich Wärmepumpe – je nach Typ, Hersteller und Preis arbeiten sie unterschiedlich effektiv.

Manche Datenblätter von Wärmepumpen enthalten auf den ersten Blick kryptische Angaben. Wir erklären das Kauderwelsch.

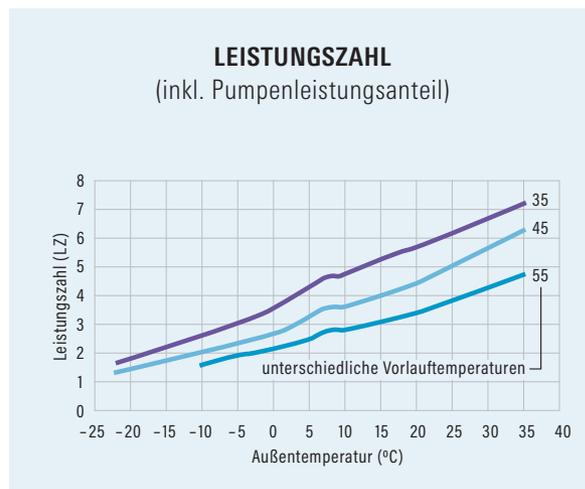
Coefficient of Performance – COP

Eine Wärmepumpe produziert mehr Wärme, als Strom zu ihrem Betrieb nötig ist. Das Verhältnis zwischen eingesetzter elektrischer Energie und resultierender Heizleistung wird mit einer Kennzahl bewertet. Diese wird Leistungszahl oder Leistungskoeffizient genannt und als Coefficient of Performance (COP) angegeben.

Der COP wird ermittelt, indem man die resultierende Heizwärmeleistung durch die zum Betrieb aufgewendete Stromleistung teilt. Der COP ist keine Konstante, sondern hängt immer von den aktuellen Betriebs- und Umge-

bungsbedingungen ab. Deshalb wird für Wärmepumpen jeweils auf einem Prüfstand mit umfangreichen Testläufen ein Diagramm erstellt. Ein Beispiel für ein solches Diagramm finden Sie auf der nebenstehenden Seite. Daran lässt sich ablesen, dass die Effizienz und damit ein möglichst geringer Stromverbrauch von zwei Rahmenbedingungen abhängen: von der für die Wärmeverteiler nötigen Vorlauftemperatur und von der Außentemperatur. Je niedriger die Umgebungstemperatur ist und je höher die Vorlauftemperatur für gegebene Heizkörper sein muss, desto ineffizienter arbeitet eine Wärmepumpe – desto mehr Strom braucht sie also. Im Kapitel „Wärmeverteilung“ (siehe ab Seite 162) gehen wir ganz genau auf die verschiedenen Arten von Heizkörpern und die für sie benötigten Vorlauftemperaturen ein. Die an dieser Stelle wichtige Aussage lautet: An den Außentemperaturen kann der Mensch nichts ändern, durch die Wahl der Wärmeverteiler im Haus sehr wohl aber die Leistungseffizienz einer Wärmepumpe steigern.

Die Zusammenhänge lassen sich aus dem Diagramm klar ablesen. Bei einer Außentemperatur von 0 Grad Celsius erreicht diese Wärmepumpe bei einer Heizungsvorlauftemperatur von 55 Grad Celsius einen COP von 2,2, bei 35 Grad Celsius Vorlauftemperatur einen COP von 3,6. Das bedeutet in der Praxis, dass diese Wärmepumpe für die Lieferung der gleichen Heizwärmemenge 39 Prozent weniger Strom benötigt, wenn das Heizungssystem mit 35 Grad Celsius Vorlauftemperatur zurechtkommt, wie sie typisch für Fußbodenheizungen ist, statt mit 55 Grad Celsius bei konventionellen Heizkörpern.



Die Leistungszahl (COP) einer Wärmepumpe hängt wesentlich von der für die Wärmeverteilung nötigen Vorlauftemperatur ab – je niedriger diese sein kann, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe.

In Prospekten oder technischen Daten zu Wärmepumpen benötigen Diagramme zu viel Platz – deshalb hat man sich auf die Angabe nur weniger Messpunkte geeinigt. Dabei wird auch angegeben, welche Wärmequelle die Wärmepumpe nutzt. Dabei gilt:

A = Außenluft

B = Boden/Erdreich

W = Wasser (Grund-/Brunnenwasser)

Bei Wärmepumpen, die Heizwasser erwärmen, wird das mit einem „W“ und der betrachteten Vorlauftemperatur angegeben. Welche Angaben gebräuchlich sind, zeigt die Tabelle auf Seite 82.

So liest man die Angaben

Das Datenblatt einer Wärmepumpe könnte zum Beispiel folgende Angabe enthalten:

Heizleistung / elektrische Leistung / COP bei A –7 / W 35:

3,6 kW / 1,55 kW / 2,3

Dabei steht A für die Temperatur der Außenluft, im Beispiel also minus 7 Grad Celsius, und W für die geforderte Vorlauftemperatur des Heizwassers, also 35 Grad Celsius. Bei diesen Temperaturen produziert die Beispiel-Wärmepumpe aus 1,55 Kilowatt elektrischer Energie 3,6 Kilowatt Wärme, was einem Effizienzkoeffizienten (COP) von 2,3 entspricht.

Für dieselbe Wärmepumpe lauten die Werte bei einer Außentemperatur von 2 Grad Celsius:

Heizleistung / elektrische Leistung / COP bei A 2 / W 35:

2,0 kW / 0,51 kW / 3,9

Mit einem halben Kilowatt Strom (0,51 kW) produziert diese Wärmepumpe also bei etwas milderen Temperaturen 2 Kilowatt Wärme, sie vervierfacht also fast die aus dem nötigen Strom produzierte Wärme (COP: 3,9).

Der COP gibt sehr exakt den für einen momentanen Betriebspunkt notwendigen Strombedarf einer Wärmepumpe an. Wie die letztlich für Betreiber relevante Zahl, der Strombedarf übers Jahr, aussieht, kann man daraus nicht so leicht ableiten. Dazu wird eine weitere Größe definiert, die Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe.

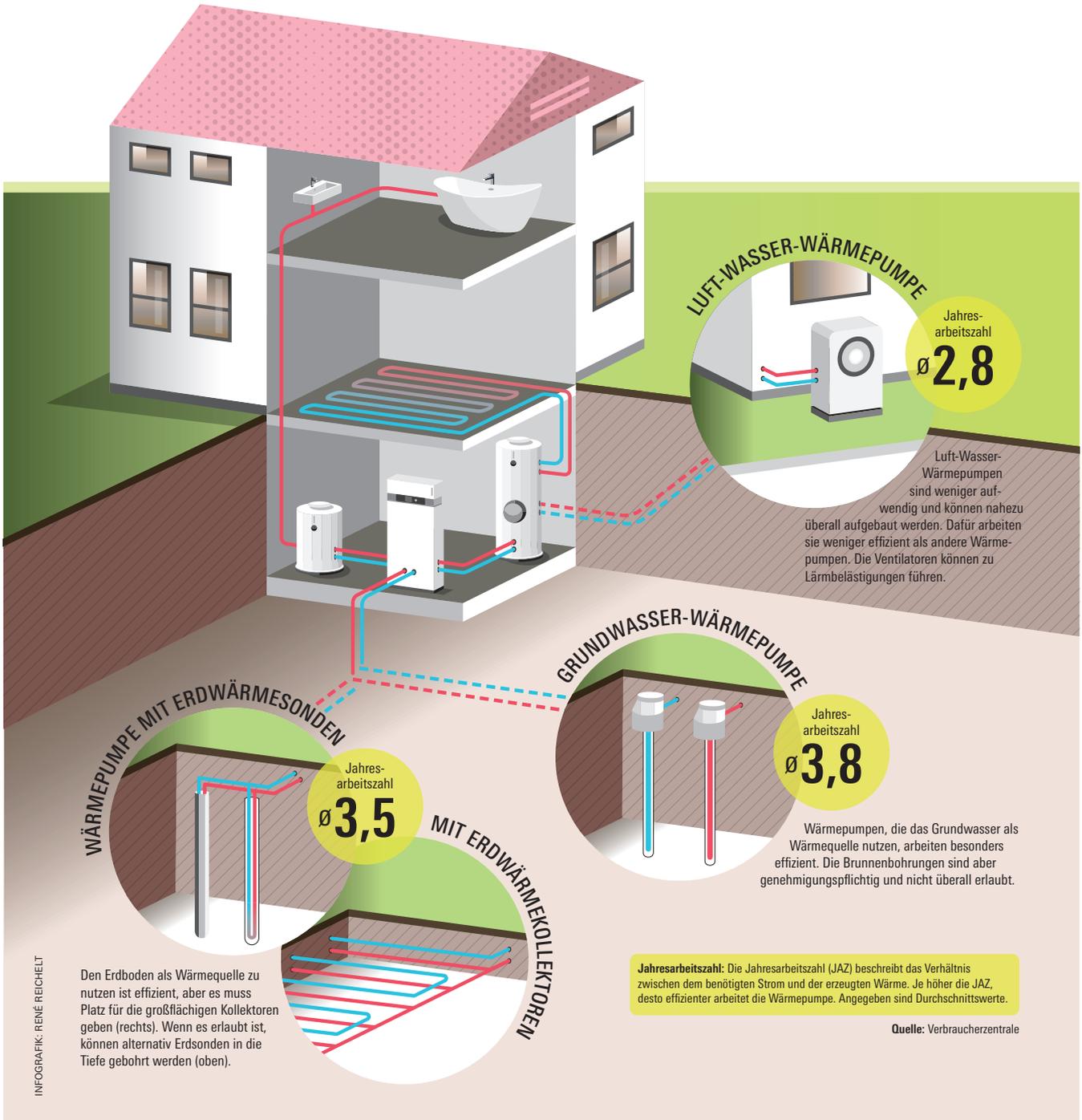
JAZ: Effizienz der Wärmepumpenheizung in der Praxis

Auch die Jahresarbeitszahl bewertet das Verhältnis vom Stromverbrauch einer Wärmepumpe zur von ihr gelieferten Wärme – allerdings nicht für punktuelle Außen- und Vorlauftemperaturen, sondern als Mittelwert der Effizienz einer Wärmepumpe über ein ganzes Betriebsjahr. Dadurch finden die sich ständig ändernden Betriebsbedingungen Eingang in die Jahresarbeitszahl. Hierfür werden im Labor fortlaufend die tatsächlichen Werte für Stromverbrauch und Wärmemenge gemessen. Mit der Jahresarbeitszahl lässt sich also bestimmen, welche Wärmepumpe mit der jeweils im eigenen Haus vorhandenen oder installierbaren Heizungsanlage am effizientesten arbeitet. Da diese Zahl für die Auswahl der passenden Wärmepumpe entscheidend ist, hat der VDI mit der Richtlinie 4650 ein Verfahren zur Bestimmung der Jahresarbeitszahl genormt. In vielen Fällen lässt sie sich per JAZ-Rechner des Bundesverbands Wärmepumpe ermitteln: waermepumpe.de/jazrechner.

Die verschiedenen Wärmepumpenarten sind unterschiedlich teuer und effizient. Ein Gefühl für die Ertrags- und Preisdifferenzen bekommen Sie mit der Tabelle auf der folgenden Seite, die die ungefähren Investitionskosten (Gerät plus Peripherie/Installation) sowie typische Jahresarbeitszahlen vergleicht.

In die Gesamtkosten fließt der Aufwand für die Erschließung der jeweils genutzten Wärmequelle ein. Es zeigt sich hierbei, dass die Nutzung der Umgebungsluft mit dem geringsten Aufwand verbunden ist. Die dafür notwendigen Luftwärmetauscher werden meist direkt im Wärmepumpengehäuse mit

Wann eignet sich die Wärmepumpe für Altbauten?



Allein oder im Verbund? Hybrid-Wärmepumpen

Manchmal schafft es die Wärmepumpe nicht allein – dann springt ein zweiter Wärmeerzeuger ein.

Die Medien sind voller Berichte über frustrierte Käufer von Wärmepumpen, denen die für teures Geld installierte neue Heizung horrende Stromrechnungen bescherte. Manches davon ist übertrieben, gelegentlich sind auch beratungsresistente Hauseigentümer das eigentliche Problem. Aber in der Tat ist eine wesentliche Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb gerade einer Luft-Wasser-Wärmepumpe, dass ihre Leistung und damit ihr Stromverbrauch präzise für den Wärmebedarf eines Hauses berechnet werden. Der Grat zwischen „nicht optimal wirtschaftlich“ und „sehr ineffizient“ ist bei Wärmepumpen wesentlich schmäler als beim mit fossiler Energie betriebenen Heizkessel.

Aber selbst wer die Heizlast korrekt kalkuliert, kann am Ende der Rechnerei zum Schluss kommen: Will man ausschließlich mit einer Wärmepumpe heizen, muss man, wenn es auch an kalten Tagen ausreichend warm im Haus sein soll, zu einer Wärmepumpe greifen, die die meiste Zeit der Heizperiode unwirtschaftlich arbeitet, weil sie überdimensioniert ist. Oder man wählt ein Gerät, das im Winter meist ausreichend heizt, klirrenden Minustemperaturen aber nicht mehr gerecht wird.

Dieses Problem tritt im besonderen Maße in wenig oder nicht energetisch sanierten Bestandsbauten auf, da deren Heizlast bei Minustemperaturen besonders groß ist. Natürlich gilt, wie bereits mehrfach erwähnt: Die billigste Energie ist die, die man nicht braucht. Sprich: Wann und wo immer möglich, sollte man sein Haus energetisch sanieren. Das ist aber manchmal aufgrund der Gegebenheiten nicht machbar – insbesondere in denkmalgeschützten Gebäuden. Mitunter ist es auch ein-

fach nicht bezahlbar – oder nur in mehreren, sich über Jahre ziehenden Etappen.

Bis es so weit ist, will man jedoch keinesfalls im Kalten sitzen. Die Alternative zu einer falsch dimensionierten Wärmepumpe sind daher Hybridlösungen: Man kombiniert mehrere Wärmelieferanten. Dann kann man die Wärmepumpe so auslegen, dass sie die meiste Zeit des Winters allein heizt, an kalten Tagen aber etwa durch eine Gasheizung Verstärkung erfährt. Diese und ähnliche Konstellationen sind insbesondere sinnvoll, wenn im Bestandsbau ohnehin noch eine halbwegs zeitgemäße und effiziente Gasheizung existiert.

Das Wort „hybrid“ definiert keinen Wärmeerzeuger, es besagt lediglich, dass neben der Wärmepumpe eine weitere Quelle heizt. Technisch zählt auch der elektrische Heizstab, mit dem viele Luft-Wasser-Wärmepumpen ausgestattet sind, zu den Hybridlösungen – statt der Wärmepumpe produziert an kalten Tagen schließlich der Heizstab die Wärme. Für die Nutzer und Nutzerinnen stellt sich eine solche Lösung aber als Einheit dar, da als Energieträger in jedem Fall Strom verwendet wird. Man spricht von monoenergetischem Betrieb. In der Praxis meint „Hybrid-“ folglich einen zweiten Energieträger, also eine bivalente Heizung – im einfachsten und pragmatischsten Fall kann dies schon ein zusätzlicher Kaminofen (siehe Seite 157) sein, den man an kalten Tagen befeuert. Diese Art der Zusatzheizung ist romantisch und hat den zusätzlichen Vorteil, auch bei Stromausfall zu funktionieren – komfortabel ist sie aber nicht. Bequemer ist es, wenn sich Wärmepumpe und Zweitwärmequelle bedarfsgerecht selbsttätig ein- und ausschalten.

Warmwasser und Heizung mit Solarthermie

Sonnenenergie kostet nichts. Naheliegendermaßen also, ihre Kraft für uns arbeiten statt sie ungenutzt verpuffen zu lassen. Im Privathaus bietet sich dazu als günstigste Möglichkeit die Solarthermie an.

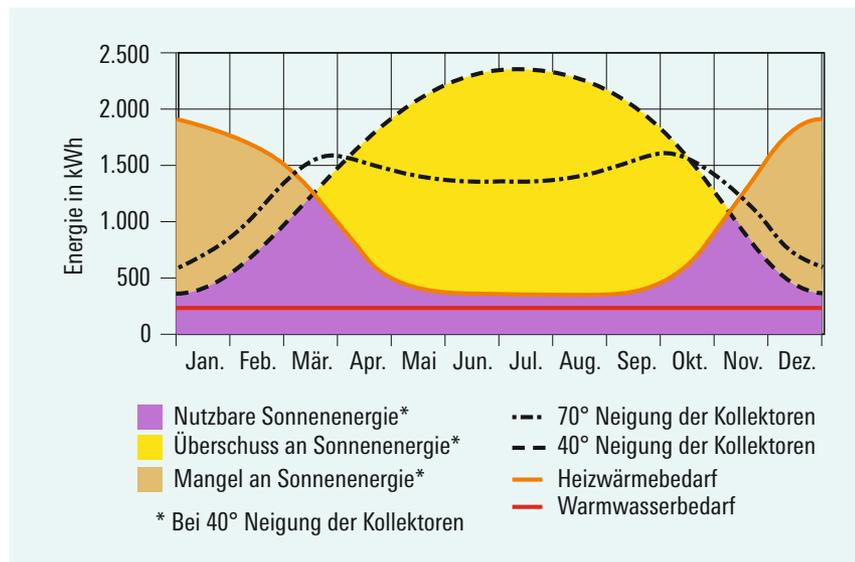
Auf eine Fläche von einem Quadratmeter trifft pro Jahr eine Sonnenenergie von 1000 Kilowattstunden. Das entspricht dem Energiegehalt von 100 Litern Heizöl. Bei der typischen Kollektorfläche von sechs bis acht Quadratmetern ergibt sich folglich ein Energiepotenzial von 6000 bis 8000 Kilowattstunden oder 600 bis 800 Litern Heizöl. Fragt sich nur, wie man dieses am besten nutzt.

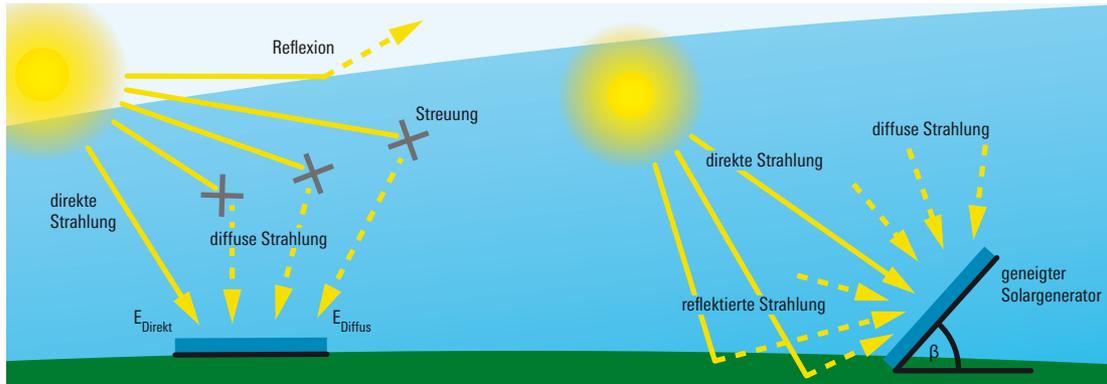
Denn auch wenn die Sonne streng genommen ständig scheint: Unsere Erde dreht sich sowohl um die eigene Achse als auch übers Jahr auf ihrer mal sonnennäheren, mal sonnenfernen Umlaufbahn. Folglich steht nachts nie Sonnenlicht zur Verfügung, aufs Jahr betrachtet liefert die Sonne hierzulande 75 Prozent der Energie zwischen April und Ok-

tober – just in den Monaten, in denen man in unseren Breiten wenig bis keine Energie fürs Heizen benötigt. Ist es also vergebliche Liebesmühe, die Sonne einzufangen zu wollen?

Keineswegs. In einem gut gedämmten Gebäude wird wesentlich mehr Energie für die Warmwasserbereitung als fürs Heizen benötigt (siehe auch Seite 211). Sofern Sie sich für eine zentrale Warmwasserbereitung entschieden haben, hilft Solarthermie in jedem Fall, die Kosten dafür so niedrig wie möglich zu halten. Das Einsparpotenzial liegt bei rund 60, in den Sommermonaten sogar bei 100 Prozent. Dies zeigt ein Vergleich des Wärmebedarfs eines Wohngebäudes für Heizung und Warmwasserbedarf mit dem solaren Energieangebot (siehe Grafik unten).

Auch die Neigung der Sonnenkollektoren entscheidet über den Energieertrag. Bei einem Winkel von 70 Grad fällt im Sommer etwas weniger Energie an; dafür sind die Kollektoren im Winter effizienter.





Verschiedene Strahlungsanteile aus direkter und indirekter Strahlung auf ebener sowie geneigter Fläche

Die monatliche Energierechnung für warmes Wasser wird also mindestens mehr als halbiert. Und dieses Potenzial lässt sich über das gesamte Jahr nutzen, denn selbst an trüben Tagen reicht die von Solarkollektoren lieferbare Energie zumindest für eine Vorerwärmung des Warmwassers. Das Diagramm zeigt zudem deutlich, dass Solarkollektoren zur Heizungsunterstützung optimalerweise steiler (hier mit 70 Grad) aufgestellt werden sollten, um gerade im Winter bei tief stehender Sonne mehr nutzbare Energie zu liefern. Mehr dazu in Abschnitt „Anbringung von Solarmodulen“, siehe Seite 118.

Wie gelangt die Sonnenenergie ins Heizungssystem?

Dazu zunächst etwas Theorie: Die Sonne sendet ein Spektrum an elektromagnetischer Strahlung in den Weltraum, diese kommt auf der Erde zu einem großen Teil als für uns sichtbares Licht an. Wenn die Sonne in unseren Breiten im Juni fast senkrecht am Himmel steht und keine Wolken den Blick zur Sonne versperren, erreicht die Strahlungsenergie die eingangs erwähnten 1000 Watt pro Quadratmeter. Ist die Sonne dagegen im Winter nur als weiße Scheibe hinter Nebeldunst zu sehen, gelangen nur rund 100 Watt pro Quadratmeter zu uns auf die Erde.

Sobald die Sonnenstrahlen ein Objekt auf der Erde treffen, beginnt folgender Prozess:

Die Strahlungsenergie trifft auf Materie (genauer: die Moleküle, aus denen die Materie besteht) und wird dann

- ▶ reflektiert (also in der Richtung umgelenkt) – Reflexion,
- ▶ weitergeleitet (Materie ist durchsichtig) – Transmission, oder
- ▶ aufgenommen (Materie wird dadurch warm) – Absorption.

Es treten immer alle drei Effekte gleichzeitig auf, aber in sehr unterschiedlicher Gewichtung.

So reflektiert zum Beispiel ein Spiegel das Licht zu über 97 Prozent, der Rest wird fast vollkommen absorbiert, Transmission spielt keine Rolle. Entspiegeltes Glas reflektiert lediglich wenige Prozent des Lichts, kann über 90 Prozent der Strahlungsenergie durchleiten und absorbiert dabei nur eine geringen Prozentsatz der Strahlungsenergie – je dünner dabei die Stärke des Glases ist, desto weniger Energie nimmt es auf. Schwarze Farbe reflektiert bei rauer Oberfläche kaum, sondern wandelt fast die gesamte Strahlungsenergie in Wärme um.

Mit diesen Grundlagen können Apparate gebaut werden, die Sonnenlicht in Wärme umwandeln.

Erwärmt sich ein Körper, setzen unmittelbar physikalische Effekte ein, die darauf abzielen, den Körper wieder auf die Umgebungs-

laufschauch oder -rohr zu einem Abwasserrohr des Hauses beziehungsweise der Kanalisation. In den meisten Fällen ist das auch bei einer Grundsanierung, also der nachträglichen Umrüstung auf Brennwerttechnik, problemlos möglich. Falls nicht, befördert eine Pumpe („Kondensathebeanlage“) das Kondensat in den nächsten Ablauf.

Zu den Eigenheiten der Brennwerttechnik gehört, dass das von ihr produzierte Kondensat Schwefelsäure enthält. Mit den meisten Gas-Brennwertkesseln ist dies in der Praxis selten ein Problem – mit Heizkesseln einer Leistung unter 25 kW muss man nichts tun. Diesen Wert dürfte man im Einfamilienhaus nicht überschreiten. Das Kondensat ölbetriebener Brennwertkessel muss hingegen in jedem Fall auf einen verträglichen pH-Wert gebracht werden. Planung und Einbau einer passenden Neutralisationsanlage sind Sache des Fachmanns.

Fazit

Die Grundfrage, ob es noch ein konventioneller Heizkessel sein soll, lässt sich am einfachsten mit Blick auf den Heiz- und Warmwasserenergiebedarf eines Gebäudes sowie die konkret vor Ort verfügbaren Brennstoffe und deren Nachhaltigkeit beantworten. Erweist sich dabei ein Heizkessel als wirtschaftlich, ist in einem Bestandsgebäude ein klassischer Standkessel im Keller oder in einem eigenen Technikraum die sinnvollste Variante. Auch bei Grundsanierungen ist es geboten, das Haus mit einem Standkessel auszurüsten. Nur dort, wo sich kein Platz für Standkessel schaffen lässt oder nur eine vorhandene Therme ersetzt werden soll, wird man weiter damit arbeiten. Dieselben Wirtschaftlichkeits- und Bedarfsanalysen gilt es auch für einen Neubau anzustellen. Bei entsprechender Dämmung fallen die Kosten für Erdgasanschluss oder Heizöltank, Kamin und Heizkessel sowie deren Platzbedarf in die Waagschale.

Wärmeerzeugung mit Biogas

Biogas klingt nach der Lösung vieler Energieprobleme der Welt. In der Praxis kommt es auf die Umstände an, ob die Nutzung von Biogas wirtschaftlich und umweltverträglich ist.

Biogas bedeutet: Abfälle aus Landwirtschaft, Viehzucht, Kläranlagen oder eigens dafür angebaute Pflanzen („Biomasse“) werden von Bakterien unter Sauerstoffabschluss („anaerob“) vergärt. Der Sauerstoffabschluss verhindert, dass die Bakterien die von ihnen produzierte Energie gleich selbst wieder aufzehren. Es entsteht Gas, das zu 40 bis 75 Prozent aus Methan besteht, zu 25 bis 60 Prozent aus Kohlendioxid (CO₂), kleinen Anteilen Wasser so-

wie Spurengasen wie Schwefelwasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Ammoniak und Wasserstoff. Die genaue Zusammensetzung hängt von den zur Gasproduktion verwendeten Materialien („Substraten“) ab. Das Gas wird in vier Stufen erzeugt: Zunächst bereitet man die verwendete Biomasse in einer Vorgrube entsprechend auf. Dann wird sie durch Mikroorganismen in einem Faulbehälter bei Temperaturen von 37 Grad bis 55 Grad Celsius zersetzt und



Biogasanlagen baut man üblicherweise im ländlichen Raum, also dort, wo die Wege zu den für die Gasproduktion eingesetzten Substraten kurz sind und ohnehin anderweitig nicht verwertbare Stoffe anfallen.

vergoren. Dabei entstehen Biogas sowie Gärreste. Das Biogas landet in einem Gastank, die Reste in einem Gasrückstandslager.

Man sieht schon an der Vielzahl der Schritte: Die für diesen Prozess notwendigen Anlagen sind nichts, was sich in bezahlbarer und handhabbarer Größe an Ein- oder Zweifamilienhäusern installieren ließe. Typischerweise betreiben Landwirte, Genossenschaften, Gemeinden oder Energieversorger entsprechende Anlagen. Das „Bio“ im Biogas bezieht sich auf die Gasproduktion – die zu seiner Erzeugung nötigen Substrate können aus biologischer Landwirtschaft (beziehungsweise deren Abfällen) stammen, müssen es aber nicht.

Wie umweltfreundlich ist Biogas?

Das hängt von zwei Faktoren ab: Wie weit haben es die Substrate zur Biogasanlage? Und welche Substrate verwendet man? Die Transportwege wird jeder Betreiber schon im eigenen Interesse so kurz wie möglich halten. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Buches hatten viele niederländische Landwirte Gülle im Überfluss. Diese zu einer Biogasanlage ins angrenzende Niedersachsen oder Nordrhein-Westfalen zu transportieren dürfte noch wirtschaftlich sein, was sich für Mecklenburg-Vorpommern oder Niederbayern anders verhält. Auch ökologisch dürfte ein so weiter Trans-

port eher schädlich sein. Ansonsten gilt aber: Wann immer Abfälle zu Gas gemacht werden, ist das der Umwelt zuträglich.

Anders sieht es aus, wenn Pflanzen für die Gasproduktion eigens angebaut werden. Hier muss gedüngt, unter Umständen sogar noch bewässert werden, die Biomasse (meist Mais) belegt wertvolle Ackerfläche, steht also in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und treibt so Lebensmittelpreise in die Höhe. Für die für die Gasproduktion nötigen Mengen werden Monokulturen angelegt, in denen sich Schädlinge besonders schnell ausbreiten können, was oft den Einsatz von Pestiziden nach sich zieht. Die eigentliche thermische Verwertung der Biomasse ist zwar CO₂-neutral – ihre Aufzucht hingegen nicht.

Aus den genannten Gründen ist der Einsatz von Biomasse schon wieder rückläufig. Man konzentriert sich auf Biogas aus Abfällen – womit Biogas dann auch umweltverträglich ist.

Biogas für Erdgasheizkessel?

Das funktioniert nicht. Erdgas hat einen Methananteil von 98 Prozent – der von Biogas liegt bei 50 bis 75 Prozent. Gasbrenner müssen sehr genau auf das verfügbare Gas abgestimmt sein – sonst funktionieren sie nicht oder nehmen gar Schaden. Die übliche Toleranz eines Brenners beim Methananteil be-

Beispiel für eine Fußleistenheizung. Diese Art Heizkörper sorgt unauffällig für Wärme und kann sogar klappt Altbau-Außenwände warm halten.



Wärmeabgabe auf zwei Heizkörper à 0,5 Kilowatt zu verteilen.

Welche Vorlauftemperatur benötigen Heizkörper?

Moderne Heizkörper lassen sich mit Vorlauftemperaturen ab 45 Grad Celsius betreiben, man arbeitet aber mit 65 bis 70 Grad Celsius. Damit sind klassische Heizkessel oder Pelletheizungen optimale Partner für solche Heizkörper – ideal ergänzt um Solarthermie. Werden Heizkörper auf eine niedrige Vorlauftemperatur bis etwa 52 Grad Celsius ausgelegt, sind sie mit Wärmepumpen kompatibel.

Heizkörper in der Praxis

Für die auf Seite 34 skizzierten Beispielhäuser beziehungsweise Ausgangssituationen eignen sich Heizkörper unterschiedlich gut:

- 1 Der Neubau auf einer unbebauten Fläche, bei dem man als Bauherrin einerseits alle Freiheiten hat, sich andererseits an die aktuellen Vorschriften zum energieeffizienten Bauen halten muss, würde allein beim Bau nach dem Stand der Technik schon gedämmt. Als Effizienzhaus 40 hätte der Neubau fast Passivhausstandard. Und für ein solches lohnen sich weder ein zentraler Wärmeerzeuger noch klassische Heizkörper.
- 2 Das freistehende, praktisch ungedämmte Haus aus der Zeit von etwa 1930 bis 1980: Hier steht vor allen Überlegungen zur Wärmeverteilung eine energetische Ertüchtigung und Gebäudedämmung, wie ab Seite 36 beschrieben. Nach der Sanierung sind Heizkörper aber eine preiswerte Möglichkeit, die Wärme im Haus zu verteilen. Der Heizkessel oder die Pelletheizung sollte durch Solarthermie unterstützt werden.
- 3 Im Reihenhaus aus der Mitte der 1990er-Jahre, bei dem man eine wirksame und ausreichend effiziente Gebäudedämmung voraussetzen kann, besteht mit Blick auf die Wärmeverteilung wenig zwingender Handlungsbedarf. Vorhandene Heizkörper könnte man weiternutzen; Ersatz wäre nur nötig, wenn diese defekt oder verrostet wären. Sinnvoll und effizienzsteigernd wäre ein Austausch, sollten im Haus als Erstausrüstung noch Gliederheizkörper verbaut worden sein.
- 4 Beim denkmalgeschützten Altbau, an dessen äußerem Erscheinungsbild sich nichts ändern darf, sind die Optionen gering (siehe ab Seite 41). In ihm wäre der Einbau von Heizkörpern nicht sinnvoll.

Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen

Viel effizienter als einzelne Heizkörper ist es, ganze Gebäudeflächen die Wärme abgeben zu lassen.

Die Namen sagen alles: Es geht um in Fußböden, Wände oder Zimmerdecken integrierte Wärmeverteiler. Diese können mit elektrischem Strom betrieben werden – zu den Vor- und Nachteilen dieser Energiequelle siehe Seite 143. Kurz werden wir auch in diesem Abschnitt noch einmal auf elektrische Heizungen eingehen. Hauptthema sind hingegen Wärmeverteiler, die von einem zentralen Wärmeerzeuger (WEZ) versorgt werden, also Wärmepumpen oder Heizkesseln – optional durch Solarthermie oder Photovoltaik unterstützt. Sie werden Flächenheizungen genannt, weil es statt weniger Heizkörper im Raum eine über den gesamten Boden, die gesamte Wand oder Decke verteilte Wärmequelle gibt. Im Gegensatz zu konventionellen Heizkörpern geben Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen hauptsächlich Strahlungswärme ab, die als angenehmer und näher an althergebrachten Wärmequellen wie einem offenen Kamin empfunden wird. Anders als die mit Konvektion arbeitenden klassischen Heizkörper wirbeln Flächenheizungen keinen Staub auf, was Allergikern entgegenkommt. Da Flächenheizungen ohne dezidierte Heizkörper arbeiten, steht im Prinzip der gesamte Raum zur freien Verfügung. In der Praxis gibt es allerdings auch mit Flächenheizungen Dinge zu beachten, die Raumgestaltung und Möblierung beschränken – dazu später mehr.

Flächenheizungen arbeiten bei niedrigeren Vorlauftemperaturen (35 bis 40 Grad Celsius, siehe Seite 47) als Standardheizkörper, was konventionelle Wärmeerzeuger wie etwa Heizkessel sowie das Zusammenspiel mit Solarthermie effizienter macht. Idealer Partner von Flächenheizungen sind Wärmepumpen.

Diese können in Verbindung mit Flächenheizungen im Sommer die Räume auch kühlen. Bei extremer Hitze ersetzt dies zwar keine Klimaanlage – es schafft aber in jedem Fall eine niedrigere und angenehmere Raumtemperatur. Da die Kühlung ein Abfallprodukt der Heizung ist, gibt es sie praktisch umsonst. Strom verbrauchen natürlich sowohl Klimaanlage als auch Wärmepumpe.

Die Wärme beziehen von einem zentralen Wärmeerzeuger versorgte Flächenheizungen über erhitztes Wasser, das über Rohre zu den Heizelementen geleitet wird. Diese bestehen ihrerseits aus Rohren, bei vielen Wand- und Deckenheizungen eher Röhren, die in Schlangenlinien über die gesamte Heizfläche verlegt werden.

Flächenheizung: trocken oder nass verlegen?

Alle genannten Flächenheizungen lassen sich nass oder trocken verlegen. Nass bedeutet, dass man die Heizungsrohre in Estrich (bei Fußbodenheizungen) oder Stuck/Putz (Wand- oder Deckenheizung) eingießt. Bei der Trockenverlegung setzt man die Rohre oder Heizungselemente in ein auf Boden, Wand oder Decke befestigtes Schienensystem beziehungsweise Gerüst. Soll bei der Renovierung von Bestandsbauten eine Fußbodenheizung trocken verlegt werden, schlägt man in den vorhandenen Estrich Schlitze für die Heizschleifen und legt diese dort hinein. Darüber wird dann ein stabiler Boden, etwa aus Holz, gelegt. Nachgiebige Materialien wie Teppichboden oder Linoleum eignen sich für diese Art der Fußbodenheizungsverlegung nicht. Auch auf das Schienensystem einer in einem Neu-