

## 2.1 Erneuerbare Energien im GEG (Gebäudeenergiegesetz)

### 2.1.1 Anforderungen des GEG an den Einsatz von erneuerbaren Energien

Bauherren werden bei Neubauten und grundlegenden Renovierungen dazu verpflichtet, einen gewissen Anteil der Wärme- und Kälteversorgung über erneuerbare Energien zu erzeugen und die Anforderungen des GEG 2020 an den Primärenergiebedarf sowie die Wärmedämmung um mind. 15 % zu übertreffen. Dies gilt für alle Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m<sup>2</sup>, die unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden. Davon befreit sind z. B. Gebäude wie Kirchen, Gebäude, die weniger als 4 Monate pro Jahr genutzt werden, Gebäude für Pflanzen oder Tiere etc.

Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Anforderungen zu erfüllen und den Wärme- und Kältebedarf eines Gebäudes wie folgt abzudecken:

#### Thermische Solarenergie

Einbau von 0,04 m<sup>2</sup> Kollektorfläche (Aperturfläche) je m<sup>2</sup> Nutzfläche bei Einfamilienhäusern und 0,03 m<sup>2</sup> Kollektorfläche je m<sup>2</sup> Nutzfläche bei Mehrfamilienhäusern; die Kollektoren müssen das europäisch geltende Zertifikat Keymark besitzen.

*Kollektorfläche*

Anforderungen des GEG an den Einsatz von erneuerbaren Energien

### **Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien**

*Anforderung an Energiebedarf*

Die Anforderung nach § 10 Abs. 2 Nr. 3 ist erfüllt, wenn durch die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien nach Maßgabe des § 23 Abs. 1 der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mind. 15 % gedeckt wird. Wird bei Wohngebäuden Strom aus solarer Strahlungsenergie genutzt, gilt die Anforderung bezüglich des Mindestanteils nach Satz 1 als erfüllt,

- wenn bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen solarthermische Anlagen mit einer Fläche von mindestens 0,04 m<sup>2</sup> Aperturfläche je m<sup>2</sup> Nutzfläche installiert und betrieben werden und
- wenn bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohnungen solarthermische Anlagen mit einer Fläche von mindestens 0,03 m<sup>2</sup> Aperturfläche je m<sup>2</sup> Nutzfläche installiert und betrieben werden.

Seit dem 01.01.2023 ist die Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien vereinfacht und möglich auch bei Volleinspeisung.

### **Holzpellets, Holzhackschnitzel, Holzvergaserkessel**

*Anforderung an Wärme- und Kältebedarf*

Wärme- und Kältebedarf müssen zu mindestens 50 % aus fester Biomasse, Erdwärme oder Umweltwärme gedeckt werden.

## Wärmepumpen

Wärmepumpen (WP) müssen eine bestimmte Jahresarbeitszahl JAZ (= Wärmeverbrauch in kWh/a/Elektroenergieverbrauch in kWh/a) erreichen:

*Anforderung an  
Jahresarbeitszahl*

a) nur Heizung:

- Luft-Luft oder Luft-Wasser-WP mind. 3,5
- Wasser-Wasser oder Sole-Wasser-WP mind. 4,0

b) Heizung und Warmwasserbereitung:

- Luft-Luft oder Luft-Wasser-WP mind. 3,3
- Wasser-Wasser oder Sole-Wasser-WP mind. 3,8

c) Gasmotorwärmepumpen:

- mind. 1,2
- dazu sind Wärme- und Stromzähler einzubauen

Bei elektrischen Großwärmepumpen (thermische Leistung von mindestens 500 Kilowatt) kann der Primärenergiefaktor für den zum Betrieb eingesetzten Strom nunmehr mit 1,2 (vorher 1,8) angesetzt werden.

## Bioöl, Biogas, Rapsmethylester

Nur bei sehr effizienten Anlagen anerkannt (BHKW, bei öffentlichen Gebäuden genügt für Biogas auch ein Brennwertkessel)

*Voraussetzung für  
Anerkennung*

Anforderungen des GEG an den Einsatz von erneuerbaren Energien

- Biogas: Anteil mindestens 30 %; Bioöl mind. 50 %
- Nachweis für Nachhaltigkeitskriterien muss erbracht werden.

### Abwärme

*Wärmerückgewinnungsgrad*

Abwärmenutzung aus RLT-Anlagen bei einem Wärmerückgewinnungsgrad von mind. 70 % und Leistungszahl mind. 10 (WärmegeWINN durch WRG/Stromeinsatz für RLT-Anlage)

### Mögliche Ersatzmaßnahmen

- Verbesserte Ausführung (Dämmung, energieeffiziente Technik) des Gebäudes. Bei Maßnahmen zur Einsparung von Energie muss das auf eine Nachkommastelle gerundete 1,25-fache der Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach Anlage 3 um mind. 10 % unterschritten werden.
- mind. 50 % Nutzung von Abwärme oder einer KWK-Anlage

### Kraft-Wärme-Kopplung

Durch mindestens 50%ige Erzeugung von Wärme aus effizienten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, die gegenüber einer getrennten Wärme- und Stromerzeugung eine Einsparung von mind. 10 % der eingesetzten Energie erbringen.

## 2.4 Bewertung der Nachhaltigkeit heiztechnischer Anlagen

Nachhaltigkeit oder nachhaltige Entwicklung bedeutet, die Bedürfnisse der Gegenwart so zu befriedigen, dass die Möglichkeiten zukünftiger Generationen nicht eingeschränkt werden. Dabei ist es wichtig, die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – wirtschaftlich effizient, ökologisch tragfähig, sozial gerecht – gleichberechtigt zu betrachten. Um die globalen Ressourcen langfristig zu erhalten, sollte Nachhaltigkeit die Grundlage aller (politischen) Entscheidungen sein.<sup>1</sup>

*Drei Dimensionen der Nachhaltigkeit*

Bei der Nachhaltigkeitsbewertung verschiedener heiztechnischer Lösungen sind alle drei oben genannten Dimensionen zu betrachten.

War der Fokus der Politik in der Vergangenheit bei der Förderung effizienter Gebäude ausschließlich auf die Effizienz bzw. den CO<sub>2</sub>-Ausstoss gerichtet, so kommt heute als finanzieller Anreiz in den Programmen des BEG die Zertifizierung einer bestimmten Nachhaltigkeitsklasse hinzu.

*Zertifizierung einer bestimmten Nachhaltigkeitsklasse*

Es lohnt sich also, Nachhaltigkeitsaspekte in allen Bereichen des Bauens stärker zu berücksichtigen.

Nun stellt sich die Frage, welche Heiztechnik nachhaltig ist und welche eher nicht. Eine Antwort darauf kann umfassend nicht pauschal sein, sondern ist von einer Vielzahl von Kriterien abhängig und in jedem Projekt spezifisch zu erarbeiten.

---

<sup>1</sup> Quelle: Bundesentwicklungsministerium (BMZ).

Einige Zusammenhänge und Tendenzen sind jedoch in einem übergreifenden Kontext gleichwohl herauszustellen.

*Wirtschaftliche  
Effizienz*

Wirtschaftliche Effizienz bei heiztechnischen Anlagen ist vergleichsweise klar zu umreißen. Dem Aufwand bei Planung und Errichtung sind die Aufwände im Betrieb für Energie sowie für Bedienung, Wartung und Instandhaltung über die Dauer der Anlagennutzung gegenüberzustellen.

*Ökologische  
Tragfähigkeit*

Ökologische Tragfähigkeit ist bei heiztechnischen Anlagen mehrdimensional zu sehen. Angefangen bei deren Errichtung und Betrieb mit den direkten und indirekten Auswirkungen von Emissionen z. B. auf Luftqualität und Klimawandel, über deren Verbrauch an nicht erneuerbaren Ressourcen bis hin zur Problematik der Entsorgung und Wiederverwertbarkeit von Materialien zum Zeitpunkt des Rückbaus der Anlagen.

*Soziale Gerechtigkeit*

Soziale Gerechtigkeit bei heiztechnischen Anlagen tangiert Fragen im Zusammenhang mit der Unternehmensführung Anlagen herstellender oder installierender Unternehmen. Kriterien, z. B. im Umgang mit Mitarbeiterrechten, mit Arbeitsschutzbestimmungen, mit Unfallverhütung und Gefahrenvermeidung bis hin zur Entlohnung auch im Krankheitsfall, kurz mit Arbeitsbedingungen im weitesten Sinne, betreffen Firmen vor Ort wie auch deren Zulieferer innerhalb von Lieferketten.

**Nachhaltigkeitsanforderungen an heiztechnische Anlagen** sind u. a.:

- umweltschonend und energieeffizient über alle Lebenszyklusphasen

## 3.1 Grundprinzipien, Einsatzbereiche sowie Vor- und Nachteile von Wärmepumpen

### Grundprinzip

Die in der Umgebung vorhandene Wärme ist im Regelfall während der Heizperiode in einem Temperaturniveau vorhanden, welches für den Heizbetrieb nicht direkt nutzbar ist. Deshalb muss Wärme (z. B. aus Erdreich, Grundwasser, Außenluft oder Abwärme) auf ein höheres Temperaturniveau „gepumpt“ werden.

Dabei arbeiten Wärmepumpen und Kältemaschinen nach dem gleichen physikalischen Prinzip und dem gleichen Kreisprozess. Bei der Kältemaschine wird die Kälteseite (Verdampferseite) und bei der Wärmepumpe die Wärmeseite (Kondensatorseite) genutzt. Möglich ist auch die gleichzeitige oder abwechselnde Nutzung beider Seiten in reversiblen Kältemaschinen bzw. Wärmepumpen.

*Kältemittelkreislauf*

Wesentliche Bauteile der Wärmepumpe:

- Verdampfer
- Verdichter (Kompressor)
- Verflüssiger (Kondensator)
- Expansionsventil

*Hauptbestandteile und Prinzip der Kompressions-Wärmepumpe*

Bei der Wärmepumpe wird eine Energiemenge von einem niedrigen Temperaturniveau auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Der Wärmequelle wird Wärme entzogen, dabei verdampft das Kältemittel, das

dann durch den Verdichter auf ein höheres Druck- und Temperaturniveau gebracht wird. Im Verflüssiger (Kondensator) kondensiert das Kältemittel, und die Wärme wird an einen Heizkreislauf abgegeben. Im Expansionsventil wird das Kältemittel auf das niedrigere Druck- und damit auch Temperaturniveau gebracht.

Der Kreisprozess beginnt dann von vorne. Je geringer der Temperaturhub, also die Differenz zwischen Wärmequellen- und -senktemperatur, ist, desto größer sind Leistungs- und Arbeitszahl der Wärmepumpe.

Umgekehrt ist es auch möglich, die Wärme des Gebäudes über den Verdampfer der Wärmepumpe aufzunehmen und über den Kondensator an die Umgebung (Luft, Erdreich) abzugeben. In diesem Fall arbeitet eine reversible Wärmepumpe – mithilfe notwendiger Umschaltventile und Regelung – als Kältemaschine.

Die Heizleistung ergibt sich bei der Kompressionswärmepumpe aus der Summe der Entzugsleistung aus der Umgebung und der zugeführten elektrischen Leistung.

$$Q_H = Q_0 + P_{el}$$

$Q_H$	Heizwärme Wärmepumpe bzw. Rückkühlleistung Kältemaschine in kW (auch $Q_C$ )
$Q_0$	Kälteleistung bzw. Umweltwärme in kW (Entzugsleistung des Untergrundes bei Erdwärme)
$P_{el}$	Elektrische Antriebsleistung für den Verdichter in kW

## Einsatzbereich

In den letzten Jahren hat sich der Anteil an Wärmepumpen am Markt stetig erhöht. Der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. geht davon aus, dass sich dieser Trend in Zukunft noch deutlich verstärken wird.

Der Anteil der Heizungswärmepumpen am Gesamtmarkt der Wärmeerzeuger beträgt in Deutschland bereits über 20 %. 236.000 Heizungswärmepumpen wurden im Jahr 2022 in Deutschland abgesetzt. Dies entspricht einem Wachstum von 53 % gegenüber dem Vorjahr. Das größte Wachstum erlebten Luft-Wasser-Wärmepumpen: 205.000 Geräte (+ 61 % gegenüber dem Vorjahr) wurden insgesamt abgesetzt, davon rund 104.000 Monoblock-Geräte (+ 68 %) und 65.000 Split-Geräte (+ 49 %). Sole-Wasser-Wärmepumpen legten um 15 % zu, 31.000 erdgekoppelte Anlagen wurden 2022 verkauft. Wärmepumpen gehören v. a. im Neubau zu den beliebtesten Systemen, da mit ihnen die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich Energieeinsparung und Einsatz erneuerbarer Energien auf besonders effiziente, einfache und kostengünstige Art erfüllt werden können. Erstmals lösten Wärmepumpen im Jahr 2017 die Gasheizung als beliebtestes Heizungssystem im Neubau ab.

*Anteil der Heizungswärmepumpen*

Die mit Strom als Antriebsenergie betriebenen Kompressionswärmepumpen haben den größten Anteil im Markt. Brennstoffbetriebene Wärmepumpen (Absorptions-, Adsorptions- und Gas-Motor-Wärmepumpen) verlieren stark an Marktrelevanz, v. a. seit sich namhafte Hersteller entschlossen haben, die Entwicklung nicht weiter voranzutreiben.

*Kompressionswärmepumpen*

Eine ausreichende Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu anderen Heizsystemen stellt sich jedoch häufig nicht

*Wirtschaftlichkeit*

dar, wenn man von einem üblichen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren auch für die Wärmepumpenheizung ausgeht. Um hier eine realistische Wirtschaftlichkeit abzubilden, sollte die kalkulatorische Nutzungsdauer der verschiedenen Anlagenteile differenziert angesetzt werden, da bauliche Komponenten wie z. B. Sonden und Erdkollektoren eine wesentlich längere Lebensdauer – teilweise bis 100 Jahre – haben.

Wirtschaftlich lohnenswert ist die Wärmequelle Erdreich vor allem dann, wenn Gebäude sowohl Heiz- als auch Kühlbedarf haben, und das Erdreich für den Heiz- und den Kühlbetrieb genutzt werden kann. Dies bringt Vorteile bei den Investitions- und Verbrauchskosten gegenüber getrennt installierten Heiz- und Kühlsystemen. Die Gesamtjahresarbeitszahlen für den kombinierten Heiz- und Kühlbetrieb können dabei sehr hoch sein.

*Kombination von Geothermie und Solarthermie*

Eine weitere Möglichkeit, hohe Arbeitszahlen zu erreichen, ist die Kombination von Geothermie und Solarthermie. Durch die Koppelung beider Systeme können bereits Kollektortemperaturen von 10–30 °C über die Wärmepumpe nutzbar gemacht werden, und überschüssige Solarenergie aus dem Sommer kann in großen Speichern oder im Erdreich gespeichert werden.

Wärmepumpen verfügen über ein großes Potenzial zur Erhöhung der Energieeffizienz, wenn die Anlagen richtig geplant, installiert und betrieben werden. Das System Erdreich, Anlagentechnik und Gebäude stellt an die Beteiligten Anforderungen, die es zu beachten gilt.

## Vor- und Nachteile

- **Heiz- und Kühlgerät in einem**

*Vorteile im Überblick*

Heiße Sommer und steigende Komfortansprüche der Menschen verleihen der Wärmepumpentechnik einen Aufschwung. Klimatisierung bzw. Raumkühlung ist **im Neubau** ein ernst zu nehmendes Thema. Mit der Wärmepumpe steht ein Heizgerät zur Verfügung, mit dem im Bedarfsfall auch gekühlt werden kann. Dies funktioniert bei Anlagen mit Erdsonden auf besonders preiswerte Weise durch die sog. passive Kühlung, bei der der Kompressor der Wärmepumpe nicht in Betrieb ist. Aber auch bei der Nutzung anderer Wärmequellen kann mit einer reversiblen Wärmepumpe aktiv gekühlt werden.

- **Gute Möglichkeiten für den Einsatz im Bestand**

Verglichen mit dem Neubaumarkt bietet der **Sanierungsmarkt** ein deutlich höheres Potenzial. Der Einsatz von Wärmepumpen wird im Gebäudebestand allerdings oft nicht in Erwägung gezogen, da einige Vorbehalte verbreitet sind. Bei korrekter Planung und Auslegung ist allerdings in den meisten Fällen auch hier eine Wärmepumpenlösung möglich. Es ist keinesfalls eine Wärmedämmung in Neubau-Standard oder eine Flächenheizung notwendig. Gegebenenfalls kann die Wärmepumpe im Bestand auch mit einem bereits vorhandenen fossilen Heizkessel zu einer Hybridlösung kombiniert werden. Einige Hersteller bieten auch kompakte Hybridgeräte an.

- **Hoher Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung für Wärmepumpen**

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung lag im Jahr 2022 bei 49,6 % und wird voraussichtlich noch deutlich zunehmen. Eine heute installierte Wärmepumpe wird also im Laufe ihrer Lebensdauer immer umweltfreundlicher. Dabei ist der Anteil von Strom zur Wärmeerzeugung relativ gering, 75 % der Jahresheizarbeit oder mehr stammen aus den erneuerbaren Energien Erdreich, Grundwasser oder Außenluft. Darüber hinaus kann die Kombination von Wärmepumpen mit photovoltaisch erzeugtem Strom und Batteriespeichern oft günstig zur Senkung der Verbrauchskosten beitragen. Eigenstromanteile von etwa 60 % sind üblicherweise erreichbar.

- **Anstieg der Effizienz der Geräte**

Technische Entwicklungen der letzten Jahre haben dafür gesorgt, dass die Effizienz der Geräte stark gestiegen ist. Viele moderne Wärmepumpen verfügen über Invertertechnik, mit der die Leistung der Maschine an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden kann. Dadurch wird ein häufiges Takten verhindert. Nachdem diese Technik anfangs hauptsächlich bei Luft-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt wurde, werden heute zunehmend auch Sole-Wärmepumpen damit ausgestattet.

- **Keine Festlegung der Mindest-Jahresarbeitszahl**

Leistungszahl (COP, Coefficient of Performance) und Jahresarbeitszahl (JAZ, SCOP, Seasonal Coefficient of Performance) einer Wärmepumpe werden durch die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Verdamp-