

GEWINNEN



SPEICHERN



WÄRMEN



DCTI GreenGuide

Solar.Strom.Wärme 2019

Wärmebedarf mit Solar-/Grünstrom decken.
Wärmepumpen und elektrische Heizsysteme.



DCTI

[GreenGuide – Solar.Strom.Wärme 2019](#)

März 2019

ISBN 978-3-942292-25-2 | © DCTI 2019

Das vorliegende Werk ist insgesamt sowie hinsichtlich seiner Bestandteile (Text, Grafik, Bilder und Layout) urheberrechtlich geschützt. Die teilnehmenden Unternehmen zeichnen für ihre Anzeigen und Beiträge selbst verantwortlich. Die Rechte an den Anzeigen und Beiträgen – und, soweit nicht abweichend bezeichnet, die Rechte an Grafiken und Bildmaterial – liegen ebenfalls bei den Unternehmen bzw. den Urhebern der jeweiligen Werke.

DCTI GreenGuide

Solar.Strom.Wärme 2019

Wärmebedarf mit Solar-/Grünstrom decken.
Wärmepumpen und elektrische Heizsysteme.

Gliederung

Gliederung

Vorwort	6
I. Wärme elektrisiert – Wärmebedarf mit Solarstrom decken	8
II. Wärmebedarf von Gebäuden	12
III. Wärmepumpe	16
3.1 Kennwerte für Wärmepumpen	18
3.2. Funktionsweise und Konzepte	19
3.3. Wärmequellen für Wärmepumpen	21
3.3.1. Erdwärme	22
3.3.2. Grundwasser	27
3.3.3. Luft	30
3.4. Anlagenplanung und Umsetzung bei Neu- und Bestandsimmobilien	34
3.5. Kosten von Wärmepumpen	37
3.5.1. Investitionskosten	37
3.5.2. Betriebskosten	38
IV. Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen – die Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach	42
4.1. Funktionsweise	45
4.2. Komponenten, Dimensionierung und Konfiguration	46
4.2.1. Auswahl der Modultechnologie	46
4.2.2. Der Wechselrichter	49
4.3. Kosten & Nutzen	50
4.4. Dimensionierung und Auslegung	51
V. Strom speichern	52
5.1. Funktionsweise und Kenngrößen	54
5.2. Dimensionierung und Konfiguration	56
5.3. Kosten für Solarstromspeicher	58
5.4. Die Cloud als Stromspeicher	60
VI. Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen	62
VII. Förderprogramme & finanzielle Aspekte	68
7.1. Photovoltaikanlagen	69
7.2. Stromspeicher	71
7.3. Wärmepumpen	72



VIII. Umweltaspekte	74
IX. Rechtliche Rahmenbedingungen	78
X. Verzeichnisse	80
XI. Anbieter entdecken	84
XII. Impressum	99



Vorwort



Der GreenGuide für Grüne Wärme

Selbst die überzeugtesten Anhänger von Erneuerbaren Energien hätten vor einigen Jahren den Stand der Entwicklung nicht so positiv skizziert, wie er sich heute darstellt. Inzwischen sind Photovoltaik-Anlagen wesentlicher Teil der Energiequellen-Auswahl bei Neubauten und Sanierungen. Lag der Hauptfokus zunächst auf der Stromerzeugung und Einspeisung, gewann in den letzten Jahren die Energiespeicherung zunehmend an Bedeutung, weil sich der Eigenverbrauch des selbst gewonnenen Solarstroms finanziell lohnt und zudem den Charme einer wachsenden Energie-Autarkie mit sich bringt.

Darüber hinaus nähern wir uns mit großen Schritten der Übertragung der Photovoltaik auf den Wärmebereich, der in Wohnhäusern bisher noch von fossilen Energieträgern dominiert wird. Mit Erreichen der Wettbewerbsfähigkeit des PV-Stroms entsteht jetzt auch die realistische Möglichkeit, den Solarstrom in Wärme umzuwandeln.

Das Deutsche CleanTech Institut verschreibt sich seit mittlerweile zehn Jahren der umfassenden Nutzung der Solarenergie und begleitet jeden Schritt zur Ganzheitlichkeit der Erneuerbaren Energien mit seinen ‚GreenGuides‘. Heute haben wir dabei einen Punkt erreicht, auf den letztlich alle Anhänger der Photovoltaik seit langer Zeit hinarbeiten – der Verbindung von PV-Anlage, Stromspeicher und Wärmegewinnung.

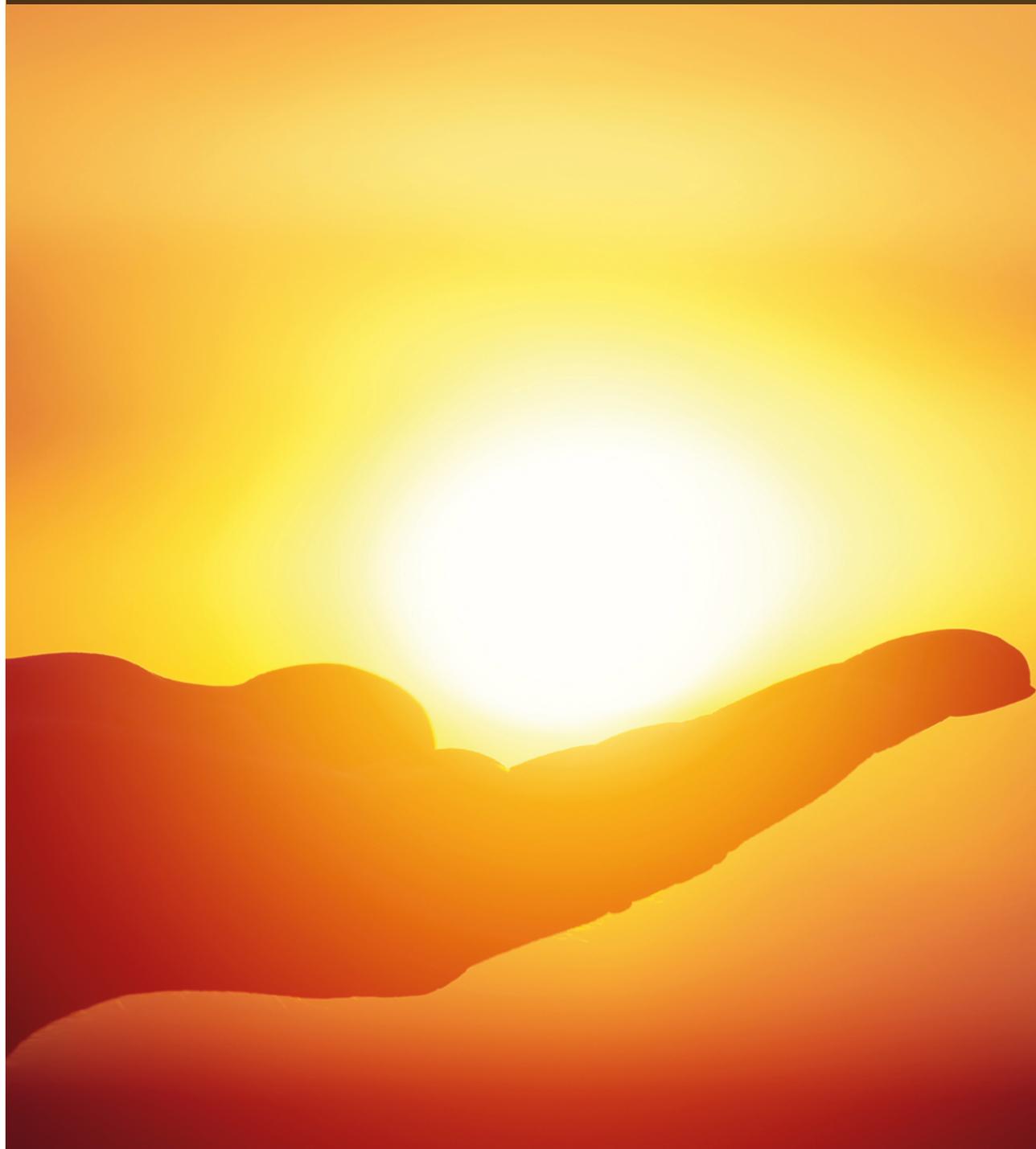
Auf diesem Weg der Kombination von regenerativen Technologien kommen alle Besitzer und Eigentümer von PV-Anlagen als Treiber und Umsetzer in Frage. 1,6 Millionen Häuser mit PV-Anlagen von insgesamt rund 15,7 Millionen Ein- und Zweifamilienhäusern in Deutschland sind die logischen ersten Objekte für entsprechende System-Ergänzungen.

Mit dem neuen ‚GreenGuide – Solar.Strom.Wärme 2019‘ zeigen wir am Beispiel der Kombination von Solaranlage, Energiespeicher und Wärmepumpe auf, wie diese Integration gelingt. Wir wollen damit alle unterstützen, die von vornherein ein ganzheitliches Erneuerbare-Energien-System für ihr Haus planen, aber auch jene, die ineffiziente Alt-Heizungen durch eine erneuerbare Alternative für die Wärmegewinnung ersetzen werden.

Gutes Gelingen bei Ihrem jeweiligen Projekt für eine grüne, CO₂-neutrale Zukunft und reichlich Anregungen bei der Lektüre unseres ‚GreenGuide – Solar.Strom.Wärme 2019‘ wünscht Ihnen

Leo Ganz
Managing Partner des DCTI

| Wärme elektrisiert – • Wärmebedarf mit Solarstrom decken





I. Wärme elektrisiert – Wärmebedarf mit Solarstrom decken

Mit rund 70 Prozent entfällt laut Statistischem Bundesamt auf die Raumwärme der größte Anteil des gesamten Energieverbrauchs privater Haushalte. Dementsprechend kommt diesem Segment eine besondere Bedeutung in Hinblick auf den ökologischen Fußabdruck und die jährlichen Betriebskosten eines Gebäudes zu. Dies gilt verstärkt dann, wenn im Gebäudebestand für die Raumwärme beispielsweise noch eine in die Jahre gekommene Öl- oder Gasheizung eingesetzt wird.

Strom und Wärme waren lange Zeit zwei getrennte Bereiche, da die hohen Betriebskosten und der ineffiziente Einsatz von Strom zu Heizzwecken zu starke Nachteile aufwiesen, so dass Anwendungsbereiche, wie die elektrische Nachtspeicherheizung, in der Bedeutungslosigkeit versanken.

Mit dem Aufkommen der Photovoltaikanlagen und den bei der Solarstromerzeugung erzielten Kostensenkungen in den vergangenen Jahren, nähern sich die Bereiche Strom und Wärme jedoch wieder einander an. Dies gilt nicht nur in größeren energiewirtschaftlichen Zusammenhängen, sondern auch auf privater und lokaler Ebene im Bereich der Ein- und Mehrfamilienhäuser.

Mit einem Bestand von mehr als 1,6 Mio. Anlagen in Deutschland Ende 2017, davon der Großteil in Form von Aufdachanlagen auf Wohn- und Gewerbegebäuden, ist der selbst erzeugte Solarstrom auf deutschen Dächern bereits weit verbreitet [BSW Solar: 2018]. Anders als in den Anfangsjahren der Photovoltaik sind die Stromgestehungskosten dieser Technologie mittlerweile konkurrenzfähig. Sie liegen für neu errichtete Anlagen im Wohngebäudebereich derzeit bei rund 11 Ct/kWh und machen den Eigenverbrauch zunehmend attraktiv, da sich so der deutlich teurere Strombezug vom Energieversorger verringern lässt.

Gleichzeitig veränderte sich der Heizungsmarkt und die elektrisch betriebene Wärmepumpe wurde zu einem der wichtigsten Heizungssysteme für neu errichtete Wohngebäude. Sie lässt sich aber auch bei der energetischen Sanierung von Bestandsimmobilien einsetzen, um eine alte Öl- oder Gasheizung zu ersetzen und die jährlichen Betriebskosten damit zu halbieren. Elektrische Wärmepumpen benötigen für den Betrieb jedoch eine nicht unerhebliche Menge Strom. Es liegt also nahe, diesen Bedarf zu einem möglichst hohen Grad umweltfreundlich und kostengünstig mit Hilfe der Solaranlage auf dem eigenen Dach zu decken. Damit lassen sich sowohl die Betriebskosten der Wärmepumpe deutlich senken und gleichzeitig kann der Eigenverbrauchsanteil des Solarstroms gesteigert werden. Energiemanagementsysteme, Warmwasserspeicher und auch die Einbindung von Batteriespeichern können den Deckungsgrad von erzeugtem Strom und verbrauchter Wärme nochmals deutlich steigern.

1. Wärme elektrisiert – Wärmebedarf mit Solarstrom decken

Die Voraussetzungen bei Wohngebäuden und die Bedürfnisse ihrer Bewohner weisen dabei eine große Bandbreite auf. Die folgenden Seiten sollen daher einen Überblick verschaffen, welche Möglichkeiten die Kombination aus Wärmepumpe und Photovoltaik, auch in Verbindung mit einem Stromspeicher, heute für die Planung von Neubauten sowie die energetische Sanierung von Bestandsbauten bietet. Neben einer Übersicht über die verfügbaren Konzepte und Technologien wird auch auf Grundlagen der Planung und Auslegung eingegangen. Ziel ist es, den Besitzern und Bewohnern von Wohngebäuden die Bandbreite an Möglichkeiten aufzuzeigen und sie bei ihren Überlegungen bezüglich der Auswahl eines Heizungssystems und der energetischen Modernisierung zu unterstützen. Die Lektüre wird deutlich machen, dass das Thema mittlerweile eine hohe Komplexität aufweist und eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigt werden müssen, damit am Ende des Entscheidungsprozesses eine Strom- und Wärmeversorgung für das Gebäude realisiert werden kann, die zu diesem und seinen Bewohnern passt. Die Detailplanung wird am Ende durch einen Fachplaner erfolgen, der die individuellen Anforderungen am Anlagenstandort berücksichtigen kann und idealerweise gewerkeübergreifend gemeinsam mit den Eigentümern eine Lösung erarbeitet, die den besten Nutzen bei den niedrigsten Gesamtkosten abbildet und eine verlässliche, günstige und ökologisch vorteilhafte Strom- und Wärmeversorgung garantiert.



II. Wärmebedarf von Gebäuden





II. Wärmebedarf von Gebäuden

Für die Auslegung einer Heizungsanlage spielt die in Kilowatt (kW) angegebene Heizlast eines Gebäudes die entscheidende Rolle. Diese bestimmt die Leistung eines Heizungssystems, die erforderlich ist, um die gewünschte Raumtemperatur auch an kalten Tagen zu erreichen. Neben den lokalen klimatischen Bedingungen und der Wohnfläche spielt dabei auch der meist als U-Wert bezeichnete Wärmedurchgangskoeffizient der einzelnen Baumaterialien eine wichtige Rolle. Je geringer dieser Wert ausfällt, desto niedriger sind die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle.

Je geringer die Heizlast ist, desto kleiner kann auch der Wärmeerzeuger gewählt werden. Bei der Auswahl der Heizleistung sollte darauf geachtet werden, dass die tatsächliche Heizlast nicht geschätzt, sondern für das jeweilige Gebäude individuell durch den Installateur, Anlagenplaner oder einen Energieberater berechnet wird. Denn ist beispielsweise die Leistung einer Wärmepumpe zu gering ausgelegt, kann dies dazu führen, dass der Wärmebedarf an kalten Tagen nicht gedeckt werden kann oder aber ein elektrischer Heizstab die fehlende Leistung bereitstellen muss. Wird die Anlage jedoch zu groß gewählt, kann dies während der Übergangszeit in Frühjahr und Herbst zu kurzen Laufzeiten führen und auch die Kosten für die Gesamtanlage mit den entsprechenden Aggregaten fallen unnötig hoch aus. Übernimmt die Heizung auch die Warmwassererzeugung, muss dies ebenfalls bei der Heizlast berücksichtigt werden. Pro Person steigt durch die Bereitstellung von Warmwasser die Heizlast um rund 0,25 kW.

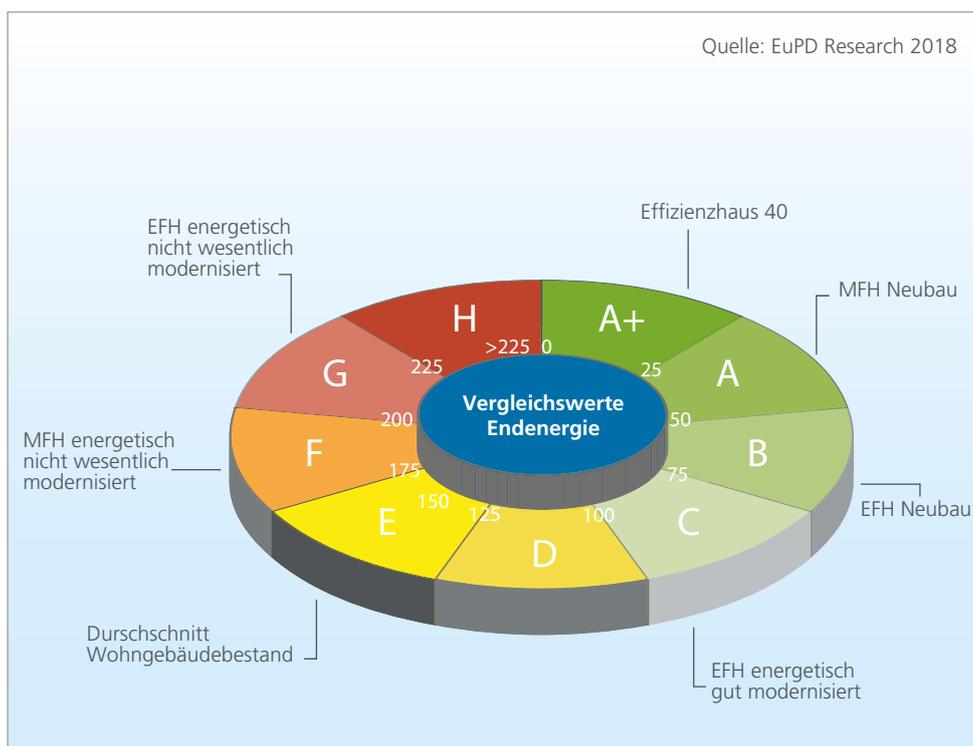
Die zweite wichtige Kenngröße ist der Heizwärmebedarf eines Gebäudes, der in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr angegeben wird und eine Aussage über den Wärmebedarf eines Gebäudes für Heizung und Warmwasserbereitstellung und die dadurch entstehenden Betriebskosten erlaubt. Dieser Wert wird auch bei den Energieausweisen für Gebäude verwendet und bietet eine erste Orientierung:

II.

Wärmebedarf von Gebäuden

Wärmebedarf von Gebäuden

» Grafik 1: Endenergiebedarf von Wohngebäuden im Vergleich



Für Neubauten legt die Energieeinsparverordnung (EnEV) Obergrenzen für den Primärenergiebedarf fest, die zwingend eingehalten werden müssen. Seit 2016 wurden diese Grenzen nochmals um 25 Prozent verschärft und die Anforderungen an die Dämmung eines Gebäudes erhöht. Der zulässige Primärenergiebedarf wird mit Hilfe eines Referenzgebäudes ermittelt, das hinsichtlich Nutzfläche, Ausrichtung und technischer Referenzanlagentechnik mit dem tatsächlich geplanten Neubauvorhaben vergleichbar ist. Die verschärften Vorgaben lassen sich zum einen über zusätzliche Dämmmaßnahmen erfüllen, zum anderen aber durch die Installation von effizienten Wärmeerzeugern wie einer Wärmepumpe. Da die zusätzlichen Dämmmaßnahmen einen hohen Kostenfaktor darstellen können, kann die Einbindung einer Wärmepumpe eine wirtschaftlich sinnvolle Alternative sein.

III. Wärmepumpe

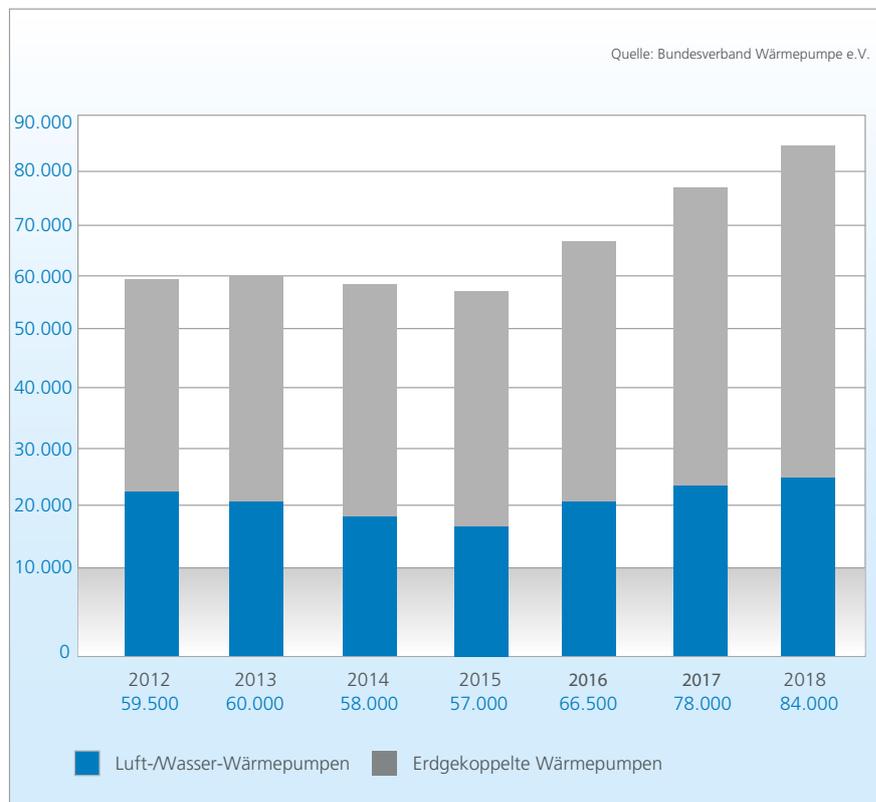




III. Wärmepumpe

Seitdem die Wärmepumpe Ende der 70er Jahre auf dem Markt eingeführt wurde, haben sich die Rahmenbedingungen für die Wärmeversorgung von Gebäuden stark verändert und dafür gesorgt, dass die Wärmepumpe sich von einer Nischenanwendung zu einem der beliebtesten Heizungssysteme für Wohngebäude entwickeln konnte. Wärmepumpen sind in ihrem Betrieb immer effizienter und damit auch wirtschaftlicher geworden und das gestiegene Umweltbewusstsein sowie steigende Preise für die endlichen Energieträger Gas und Öl führen dazu, dass Anbieter von alternativen und dennoch verlässlichen Wärmelösungen wie der Wärmepumpe eine steigende Nachfrage verzeichnen. Positiv beeinflusst wird dieser Trend auch durch die Entwicklung der energetischen Effizienz von Wohngebäuden. Zum einen wurden und werden für Neubauten die Standards und Vorschriften in Hinblick auf die Gebäudeeffizienz und die Nutzung von regenerativen Energiequellen für die Energieversorgung des Gebäudes schrittweise verschärft, zuletzt mit der Energieeinsparverordnung EnEV 2016. Zum anderen unterstützen verschiedene Förderprogramme, wie das Marktanreizprogramm, die Eigentümer von älteren Bestandsbauten finanziell bei der energetischen Sanierung. Von dieser Entwicklung profitiert auch der Markt für Wärmepumpen, da die Einhaltung eines hohen Dämmstandards den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmepumpen positiv beeinflusst.

» Grafik 2: Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland von 2012 bis 2018





Wärmepumpe

Wärmepumpe



Mit rund 800.000 Wärmepumpen, die Raumwärme bereitstellen, ist ihr Anteil am gesamten Heizungsbestand in Deutschland mit rund 4 Prozent zwar noch relativ gering, gewinnt jedoch mit hohen jährlichen Wachstumsraten von rund 17 Prozent in den letzten beiden Jahren vor allem im Neubaubereich stark an Bedeutung. Erstmals konnte die Wärmepumpe in 2017 mit einem Anteil von rund 43 Prozent an den in diesem Jahr neu errichteten Wohngebäuden den bisherigen Spitzenreiter Gasheizung auf den zweiten Platz verdrängen [BWP: 2018].

Wärmepumpen eignen sich sowohl für die Erzeugung von Warmwasser als auch für die Deckung des Raumwärmebedarfs von Wohn- und Gewerbegebäuden. Dies gilt sowohl für die energetische Planung von Neubauprojekten als auch für die energetische Sanierung von Bestandsbauten. Dabei gilt, dass sowohl ein hoher Grad bei der Gebäudedämmung als auch der Einsatz von Flächenheizungen, wie beispielsweise einer Fußbodenheizung, sich positiv auf den Einsatz von Wärmepumpen auswirken: Je niedriger der Wärmebedarf eines Gebäudes ist, desto wirtschaftlicher lässt sich eine Wärmepumpe betreiben. Wärmepumpen können sowohl monovalent als einziges Heizsystem als auch bivalent, beispielsweise im Zusammenwirken mit einer Gasheizung betrieben werden.

Gegenüber anderen Heizsystemen weisen Wärmepumpen noch ein Alleinstellungsmerkmal auf, denn sie können in einem umgekehrten Betrieb während der Sommermonate auch zum Kühlen des Gebäudes genutzt werden. Besonders gut sind dafür Wärmepumpen geeignet, welche die Erdwärme nutzen, aber auch Luft-Wärmepumpen, die mit einem Luftbrunnen ausgestattet sind, und Grundwasser-Wärmepumpen können zur Kühlung eingesetzt werden. Letztere allerdings mit Einschränkungen, da nicht überall dem Grundwasser Wärme zugeführt werden darf.

3.1. Kennwerte für Wärmepumpen

Um Wärmepumpen und die Nutzung verschiedener Wärmequellen in ihrer Leistungsfähigkeit miteinander vergleichen zu können, werden verschiedene Kennwerte herangezogen, die von den Herstellern auch in den technischen Datenblättern ihrer Produkte ausgewiesen werden.

Zu den wichtigsten Kenngrößen, die eine Aussage über die Effizienz einer Wärmepumpe ermöglichen, zählen dabei der COP-Wert (Coefficient of Performance) und die JAZ, die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe. Beide Werte beschreiben einen Faktor, der das Verhältnis zwischen eingesetzter elektrischer Antriebsleistung und gewonnener Heizleistung darstellt. Je höher COP und JAZ ausfallen, desto niedriger sind die Betriebskosten und damit auch die Heizkosten, da diese vom Stromverbrauch und damit den Kosten für den Strombezug beziehungsweise dessen Erzeugung durch die eigene Solaranlage bestimmt werden.

Der COP-Wert ist ein theoretischer Effizienzwert, der den thermischen Wirkungsgrad einer Wärmepumpe in einem definierten Betriebspunkt darstellt. Da sich der Betriebspunkt abhängig von der Temperatur der Wärmequelle, der Vorlauftemperatur der Heizung und der Auslastung der Wärmepumpe ändern kann und die Wärmepumpe dann unterschiedliche Effizienzwerte erreicht, wurde mit der Jahresarbeitszahl (JAZ) eine weitere Kenngröße eingeführt, die eine praxisnahe Aussage erlaubt. Um die JAZ zu ermitteln, wird die gesamte Heizungsanlage berücksichtigt, das heißt auch das Verhalten von Pumpen oder die Erzeugung von Warmwasser, und das Betriebsverhalten über ein ganzes Jahr gemittelt. Grundsätzlich steht ein hoher COP-Wert aber auch immer für eine hohe Jahresarbeitszahl. Je höher der Faktor ausfällt, desto effizienter stellt eine Wärmepumpe die Heizenergie zur Verfügung. Einige Wärmepumpenmodelle können die tatsächliche JAZ selbst berechnen und darstellen. Wenn nicht, können Hausbesitzer auch selbst ermitteln, ob die zugesicherte JAZ in der Praxis erreicht wird. Dazu muss ein Wärmemengenzähler installiert werden, der die abgegebene Heizwärme erfasst. Wird dieser Wert einmal jährlich durch den von der Wärmepumpe im gleichen Zeitraum verbrauchten Strom geteilt, erhält man die JAZ.

Wird eine Photovoltaikanlage genutzt, um den Strombedarf der Wärmepumpe zumindest teilweise zu decken, erzeugt die Wärmepumpe Wärme auf Vorrat, wenn die Solaranlage überschüssigen Strom liefert. Dies führt dazu, dass die Wärmepumpe ein höheres Temperaturniveau im Speicher erzeugt, als zu diesem Zeitpunkt eigentlich notwendig wäre, um die Räume mit ausreichender Wärme zu versorgen. Dadurch verschlechtert sich die JAZ durch die Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaikanlage, der zusätzliche Strombedarf wird aber durch den selbst erzeugten Strom gedeckt, sodass die Wirtschaftlichkeit steigt, obwohl die Effizienz sinkt.

3.2. Funktionsweise und Konzepte

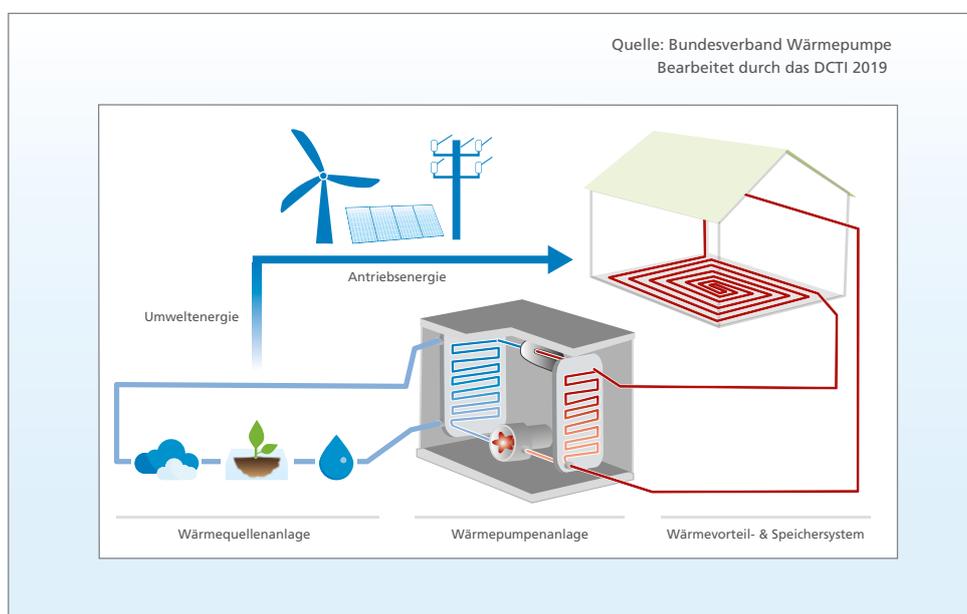
Wärmepumpen ermöglichen es, Umweltwärmequellen für die Deckung des Wärmebedarfs zu nutzen, auch wenn diese ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau aufweisen als die Heizwärme, die den Wohnräumen zugeführt werden soll. Mit Ausnahme der Luft-Wärmepumpen, bei denen die Außenluft angesaugt oder die Wärme von Abluft genutzt wird, um die Umweltwärme der Wärmepumpe zuzuführen, kommt dafür in der Regel Flüssigkeit in Form von Sole zum Einsatz. Diese nimmt Umweltwärme beispielsweise aus dem Grundwasser oder in Form von Erdwärme auf und bringt diese zur Wärmepumpe. Dort wird die Wärme in einem Verdampfer auf ein Kältemittel übertragen, das in der Lage ist, bereits bei relativ niedrigen Temperaturen einen gasförmigen Zustand einzunehmen. Bei den weit verbreiteten Kompressionswärmepumpen wird das gasförmige Kältemittel anschließend in einem elektrisch angetriebenen Verdichter komprimiert. Der ausgeübte Druck lässt dabei die Temperatur auf bis zu 60 °C ansteigen. Anschließend wird das Kältemittel durch einen Wärmetauscher geleitet, der die Wärme an das Heizsystem abgibt. Der Kreislauf der Wärmepumpe ist dabei vom Kreislauf der Heizwärmeverbraucher entkoppelt.

III. Wärmepumpe

Wärmepumpe

Die Wärme kann jetzt direkt für die Warmwassererzeugung und den Heizbedarf genutzt oder aber in einem thermischen Speicher zwischengespeichert werden.

» Grafik 3: Schematische Darstellung des Funktionsprinzips einer Wärmepumpe



Durch die Wärmeabgabe kühlt sich das Kältemittel ab und kondensiert. Wieder verflüssigt kann es nun dem Verdampfer zugeführt werden und dort erneut die Wärmeenergie der Umweltwärmequelle aufnehmen. Der Kreislauf beginnt von Neuem. Die Wärmepumpe funktioniert dabei im Prinzip wie ein Kühlschrank, mit dem Unterschied, dass die Wärmepumpe der Umwelt Wärme entzieht und diese dem Gebäude für Heizzwecke zur Verfügung stellt.

Wärmepumpen werden als On-/Off-Systeme und mit einem Inverter angeboten. Die On-/Off-Wärmepumpe kennt nur die beiden Betriebszustände „An“ und „Aus“. Im Betriebszustand „An“ stellt der Verdichter mit einer konstanten Drehzahl die maximale Wärmeleistung zur Verfügung und schöpft ihre Anschlussleistung voll aus. Im Zustand „Aus“ findet keine Wärmeerzeugung statt. Inverter-Wärmepumpen verfügen im Gegensatz dazu über eine stufenlose Leistungsregelung und können daher die Wärmeleistung flexibel zur Verfügung stellen. Dadurch wird der Leistungsverlauf der Wärmepumpe geglättet und die Anschlussleistung fällt geringer aus als bei den On-/Off-Systemen. Aus diesem Grund sollte bei einer Kombination von Photovoltaik und Wärmepumpe immer einer Inverter-Wärmepumpe der Vorzug gegeben werden, da sonst im Betriebszustand „Aus“ der Solarstrom ins Netz eingespeist wird und durch die hohe Anschlussleistung im Betriebszustand „An“ in der Regel Strom vom Energieversorger zugekauft werden muss.

Mit Inverter-Wärmepumpen lassen sich entsprechend der Eigenverbrauchsanteil und die Autarkie steigern [Energieagentur NRW: 2015, S. 6f].

Einige Wärmepumpen, in erster Linie Luft-Wärmepumpen, werden auch mit einem elektrischen Heizstab angeboten, der die Heizleistung der Wärmepumpe ergänzt. Die Leistung dieser Heizstäbe wird meist so gewählt, dass sie rund die Hälfte der Leistung der Wärmepumpe beträgt. Da der Heizstab eine JAZ von 1 aufweist, ist sein Einsatz deutlich ineffektiver als der Betrieb der Wärmepumpe. Die Anlage sollte also so dimensioniert sein, dass der Heizstab im Alltagsbetrieb nicht genutzt wird und lediglich eine Backup-Funktion erfüllt, beispielsweise wenn eine Luft-Wärmepumpe bei außergewöhnlich niedrigen Außentemperaturen die Heizlast des Gebäudes temporär nicht alleine decken kann. Je nach Modell können aber auch Luft-Wärmepumpen bis zu einer Außentemperatur von bis zu -15 °C ohne Heizstab den Wärmebedarf decken. Prinzipiell kann die Wärmepumpe auch so dimensioniert werden, dass auf einen elektrischen Heizstab verzichtet werden kann, aber auch der gelegentliche Einsatz eines Heizstabes bei einer im Gegenzug kleineren und kostengünstigeren Anlage kann wirtschaftlich sinnvoll sein. Ist eine Photovoltaikanlage vorhanden, kann der erzeugte Strom auch genutzt werden, um den Heizstab zu betreiben. Grundwasser- und Erd-Wärmepumpen nutzen eine relativ konstante Umweltwärmequelle, daher ist hier der Einbau von Elektro-Heizstäben in der Regel nicht erforderlich.

3.3. Wärmequellen für Wärmepumpen

Alle Wärmepumpen nutzen lokal verfügbare und kostenlose Umweltwärme im unmittelbaren Umfeld des Gebäudes, um den Wärmebedarf zu decken. Als Wärmequellen kommen dabei Luft, Wasser und Erdwärme in Frage. Die Entscheidung für oder gegen eine Wärmequelle ist in jedem Fall von der individuellen Situation vor Ort abhängig. So unterscheiden sich die einzelnen Wärmequellen in ihrem Flächenbedarf, den Erschließungskosten und der möglichen Wärmeleistung, die bereitgestellt werden kann. Sollen Grundwasser oder Erdwärme als Wärmequellen genutzt werden, spielen auch rechtliche Voraussetzungen für eine Genehmigung eine Rolle.

Während bei Luft-Wärmepumpen die Umweltwärme relativ leicht genutzt werden kann, sind Wärmepumpen, die das Wärmereservoir im Erdreich anzapfen, in der Erschließung teurer, verursachen jedoch im laufenden Betrieb niedrigere Stromkosten, da sie einen höheren Wirkungsgrad aufweisen. Auch die Höhe der staatlichen Förderung für Wärmepumpen hängt von der Art der Anlage ab. Um einen aussagekräftigen Kostenvergleich zu gewährleisten, müssen die Faktoren Erschließung, Betrieb und Förderung über den gesamten Nutzungszeitraum der Anlage berücksichtigt werden.



Wärmepumpe

Wärmepumpe



3.3.1. Erdwärme

Im Erdreich findet sich bereits in geringen Tiefen ein Wärmepotenzial, das für den Wärmebedarf von Gebäuden genutzt werden kann. Um die Erdwärme für das Heizen von Gebäuden nutzbar zu machen, steht eine große Bandbreite von technischen Lösungen zur Verfügung. Dabei kann grundsätzlich zwischen Systemen, welche die Erdwärme oberflächennah abgreifen, und solchen, die durch Bohrungen bis zu einer Tiefe von rund 100 m und mehr auf tiefere Schichten zugreifen, unterschieden werden. Welches Verfahren im Einzelfall genutzt wird, hängt von mehreren Faktoren ab. Dazu zählen in erster Linie der Heizbedarf des Gebäudes, die verfügbare Grundstücksfläche, die Zugänglichkeit des Grundstücks für Bohrmaschinen und die Bodenbeschaffenheit sowie die Lage des Grundstücks. Die Kosten für eine Erd-Wärmepumpe liegen je nach Leistung der Anlage bei rund 5.000 bis 14.000 €. Dazu kommen noch Kosten für die Erschließung der Wärmequelle. Diese unterscheiden sich in Abhängigkeit von dem gewünschten Kollektortyp sowie hinsichtlich der oberflächennahen Nutzung oder der Erschließung von tiefergeothermischen Wärmequellen, für die eine Bohrung erforderlich ist.

Im oberflächennahen Bereich gelangt die Wärme in erster Linie durch die Energie der Sonne ins Erdreich. Neben der direkten Einstrahlung wird die Wärme auch über die Luft und einsickernden Niederschlag in den Boden übertragen. Das Temperaturniveau im oberflächennahen Bereich unterliegt daher jahreszeitlichen Schwankungen. Um die Erdwärme für die Wärmeversorgung von Gebäuden zu nutzen, wird diese in geringen Tiefen von rund 1,5 bis 5 m mit Hilfe von Kollektoren abgegriffen. Diese werden in Form von Rohrsystemen in einer Tiefe eingebracht, in der das Erdreich über das gesamte Jahr frostfrei bleibt. Die Rohrsysteme bilden dabei sogenannte Sondenkreise, die Längen von rund 100 bis 150 m erreichen. Reicht ein Sondenkreis nicht aus, um den Wärmebedarf zu decken, können auch mehrere Sondenkreise verlegt und zu einem System verbunden werden. Liegt der geplante Anlagenstandort nicht in einem Trinkwasserschutzgebiet und findet bei der geplanten Einbringungstiefe der Kollektoren kein Grundwasserkontakt statt, sind Erd-Wärmepumpen genehmigungsfrei, müssen jedoch je nach Region angezeigt werden.

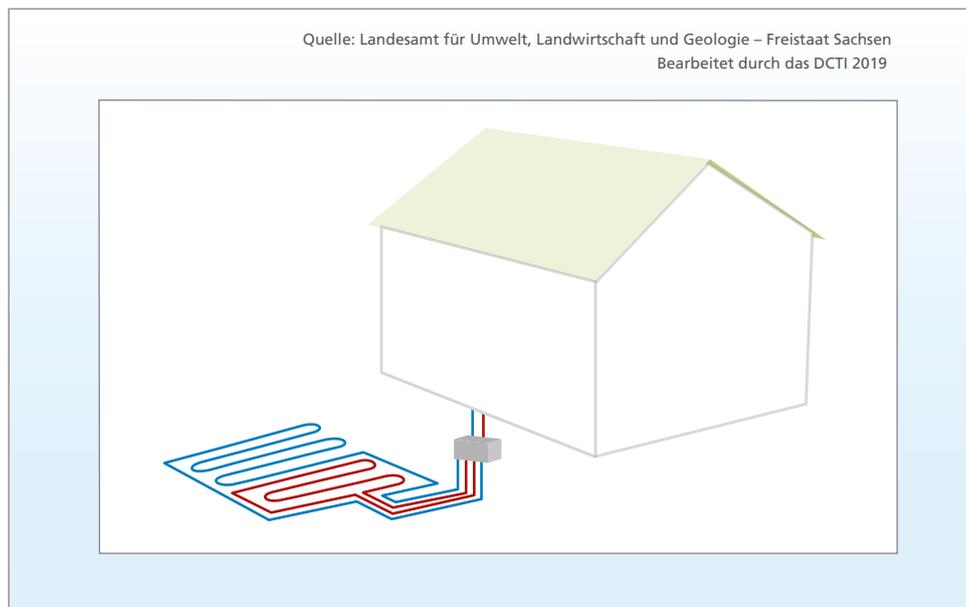
Bei den Kollektoren wird zwischen Sole-Wärmepumpen und Direktverdampfer-Systemen unterschieden. Bei den Sole-Wärmepumpen bestehen die Kollektoren aus Kunststoffröhren, durch die ein Gemisch aus Wasser und einem Frostschutzmittel, die sogenannte Sole, zirkuliert. Die Sole nimmt die Wärme aus dem Erdreich auf und überträgt sie anschließend an einen Kältemittelkreislauf, der an die Wärmepumpe angeschlossen ist. Bei den Direktverdampfer-Wärmepumpen hingegen zirkuliert das Kältemittel direkt im Kollektor, der in diesem Fall aus kunststoffummantelten Kupferrohren oder Edelstahlrohren besteht. Da bei den Direktverdampfer-Wärmepumpen keine Verluste bei der Wärmeübertragung von der Sole zum Kältemittel auftreten, sind diese etwas effizienter im Betrieb. Entsprechend niedriger fallen die Stromkosten für den Betrieb der Wärmepumpe und der Flächenbedarf für die Kollektoren aus.

Für die Installation von Erdwärmekollektoren haben sich mittlerweile mehrere Anlagendesigns etabliert, die eine funktionierende Lösung für eine Vielzahl von individuellen Standortvoraussetzungen darstellen.

Flachkollektoren

Flachkollektoren bestehen aus einem Röhrensystem aus Polyethylen, das in Schlangenform im Boden des Grundstücks verlegt und gesichert wird. Der Aufbau ähnelt dabei einer Fußbodenheizung. In der Regel werden die Rohre in einer Tiefe von mehr als einem Meter unterhalb der Frostgrenze in das Erdreich eingebracht, dafür muss zunächst der Erdboden bis zur geplanten Einbautiefe großflächig abgetragen werden. Nach dem Einbringen der Kollektoren werden diese wieder mit dem Erdreich abgedeckt. Die Fläche darf anschließend weder bebaut noch anderweitig versiegelt werden, damit Regenwasser und solare Strahlung die von den Kollektoren abgeführte Wärme erneuern können. Auch tiefwurzelnde Pflanzen sollten nicht im Bereich der Kollektoren angesiedelt werden, da das Wurzelwerk die Röhren zerstören könnte. Für andere Nutzungsarten, beispielsweise das Anlegen von Rasen, steht die Gartenfläche aber weiterhin zur Verfügung.

» Grafik 4: Schematische Darstellung eines Erdwärmekollektors





Wärmepumpe

Wärmepumpe

Die Fläche, die für das Einbringen von Erdkollektoren benötigt wird, hängt vom Wärmebedarf und der Bodenbeschaffenheit ab und kann mehrere hundert Quadratmeter betragen. Als Faustregel gilt dabei, dass die Kollektorenfläche ungefähr doppelt so groß ausfällt wie die Wohnfläche des zu beheizenden Gebäudes. Dementsprechend müsste für ein Einfamilienhaus mit 170 m² Wohnfläche eine Kollektorfläche von rund 350 m² eingeplant werden. Dabei hat die Bodenbeschaffenheit entscheidenden Einfluss darauf, wie viel Feuchtigkeit - und damit auch Wärme - im Erdreich gespeichert werden können. So kann die Kollektorfläche bei feuchten Lehmböden rund viermal so klein gewählt werden wie bei trockenen Schotter-schichten oder bei sandigen Böden. Je nach Bodenzusammensetzung wird für die Bereitstellung von 1 kW Wärmeleistung eine Fläche von rund 25 bis 100 m² benötigt. Damit bestimmt in erster Linie die verfügbare Grundstücksgröße, ob der Wärmebedarf durch Flachkollektoren gedeckt werden kann. Da bei der Einbringung von Flachkollektoren umfangreiche Erdarbeiten unvermeidlich sind, eignet sich diese Form der Erdwärmennutzung in erster Linie für Neubauvorhaben oder aber, wenn ohnehin eine Neugestaltung der Außenanlagen geplant ist.

Für die Erdarbeiten und die Verlegung von Flachkollektoren muss mit Investitionskosten von rund 10 € je Quadratmeter gerechnet werden. Dies entspricht bei einer Kollektorfläche von 350 m² Gesamtkosten von rund 3.500 €, beziehungsweise abhängig von der Wärmeleistung des Bodens Kosten von 250 bis 1.000 € für jedes Kilowatt Heizleistung.

(Ring-) Grabenkollektoren

Grabenkollektoren eignen sich für die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme, wenn nicht ausreichend Fläche für die Einbringung von Flachkollektoren zur Verfügung steht. Für die Installation wird zunächst ein Graben mit einer Breite von ca. 1 bis 2 m ausgehoben, der eine Tiefe von ca. 1,50 bis 3 m erreichen kann. Die Länge des Grabens ist abhängig vom benötigten Wärmebedarf. Je nach Anlage und Standort lässt sich je Grabenmeter eine Wärmemenge von rund 100 W oder mehr entnehmen. Die typische Grabenlänge für die Versorgung eines Einfamilienhauses liegt daher zwischen rund 50 m und 100 m. Wenn baulich möglich, wird der Graben am Außenrand der Grundstücksgrenze entlanggeführt, wobei lokale Abstandsregelungen zu Nachbargrundstücken zu beachten sind. Die ringförmige Anlage sorgt dafür, dass die Kollektoren einen Abstand zueinander aufweisen und aufgrund der Wirkbreite von rund 7 m nicht miteinander um die Wärme konkurrieren. Anschließend wird ein Kollektorrohrsystem in dem Graben installiert. Dieses kann entweder horizontal in mehreren Schichten an der Außenwand des Grabens fixiert oder auch gerade oder schlingenförmig auf den Grabenboden gelegt werden. Anschließend wird der Graben wieder mit dem Aushub verfüllt. Die schlingenförmige Verlegung gilt als aufwendiger. Sie erlaubt jedoch eine höhere Wärmeentnahme, beziehungsweise stellt die gleiche Wärmeleistung bei einem geringeren Platzbedarf zur Verfügung.



Alternativ lässt sich ein Grabenkollektor auch senkrecht einbauen. In diesem Fall reicht es aus, eine rund 3 m tiefe und 0,5 m breite Rinne zu fräsen. Da der Eingriff in den Boden und damit auch die notwendige Erdbewegung in diesem Fall vergleichsweise gering sind, eignet sich dieses Verfahren auch für die nachträgliche Verlegung in Bestandsimmobilien sowie generell für die Erschließung von kleineren Grundstücken. Ringgrabenkollektoren sind hinsichtlich der Installationskosten etwas günstiger als Flächenkollektoren und erschließen bei gleicher Fläche ein größeres Erdvolumen für die Wärmeentnahme.

Erdwärmekörbe

Bei den Erdwärmekörben wird das Kollektorrohr spiralförmig gewickelt und zu einem kegelförmigen Aufbau geschichtet. Im oberen Bereich erreichen Erdwärmekörbe einen Durchmesser von rund 2 m. Die Rohrlänge der Kollektoren kann je nach Korb eine Länge von 100 m und mehr erreichen. Je nach Höhe des Wärmebedarfs ist es auch möglich, mehrere Körbe in das Erdreich einzubringen, wobei ein Abstand zwischen den einzelnen Körben einzuhalten ist, der vom Durchmesser der Körbe abhängt. Außerdem sollte die Rohrlänge der einzelnen Körbe nur gering voneinander abweichen. Konstruktionsbedingt ist der Flächenbedarf für Erdwärmekörbe vergleichsweise gering, so dass diese flexibel in ein Grundstück eingelassen werden können. Durch die Schichtung der Kollektoren erreichen Erdwärmekörbe eine Höhe von bis zu 3 m. Damit auch der obere Bereich des Korbes ganzjährig in der frostfreien Zone ist, werden Erdwärmekörbe in einer Grubentiefe von bis zu 4 m eingebracht. Die Grube wird anschließend mit dem Erdreich wieder verfüllt und eingeschlämmt. Die Entzugsleistung von Erdwärmekörben hängt von der Korbgröße und der Bodenbeschaffenheit ab und liegt zwischen rund 800 W und 2.000 W je Korb. Für die Wärmeversorgung eines durchschnittlichen Einfamilienhauses muss dementsprechend mit rund vier bis sieben Körben gerechnet werden.

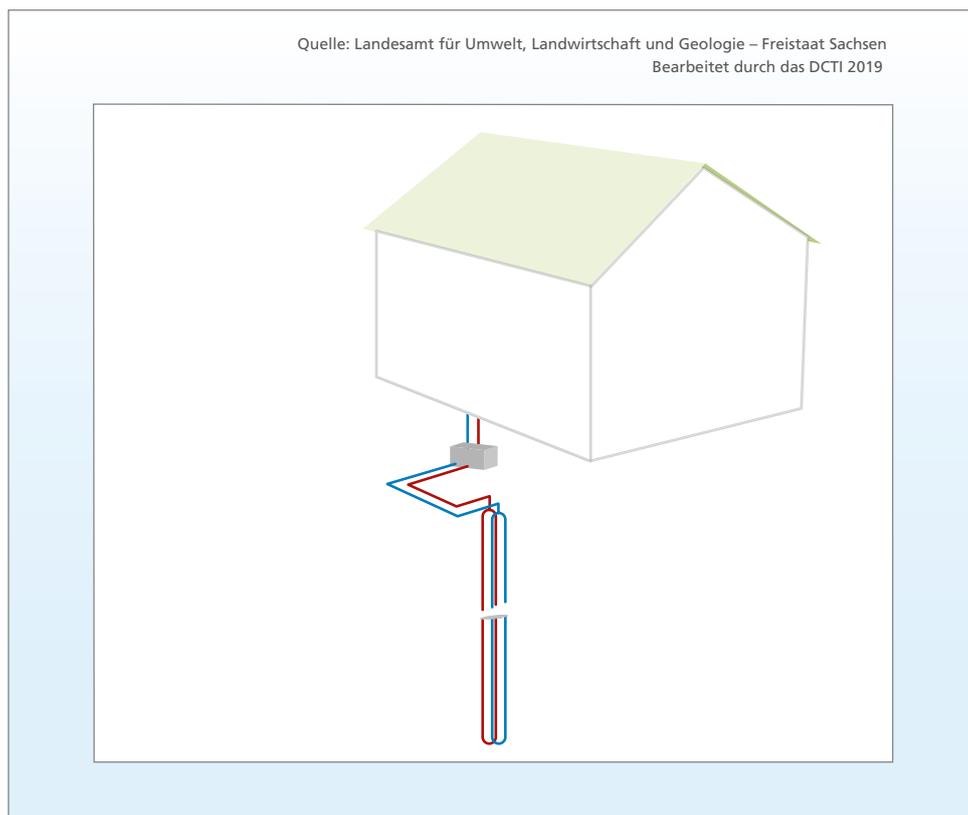
Tiefenwärmenutzung mit Erdsonden

Eine weitere Möglichkeit, Erdwärme als Wärmequelle zu nutzen, bieten Erdsonden, welche die Wärme in tiefer gelegenen Schichten nutzbar machen. Anders als bei Erdkollektoren ist ihr horizontaler Flächenbedarf gering, da hier eine vertikale Installation erfolgt. In einem senkrechten Bohrloch, das meist eine Tiefe von bis zu 100 Metern hat, wird eine u-förmige Sonde platziert und verpresst. Die benötigte Länge der Sonde und damit auch die Tiefe der Bohrung hängen von der Heizlast des Gebäudes und den Bodenverhältnissen ab.

III. Wärmepumpe

Wärmepumpe

» Grafik 5: Schematische Darstellung einer Erdwärmesonde



Die Entzugsleistung des Erdreichs variiert lokal und hat damit einen starken Einfluss auf die erforderliche Bohrtiefe. Die Entzugsleistung beschreibt die Wärmemenge, die eine Sonde dem Erdreich entnehmen kann. Für Erdsonden-Wärmepumpen wird dieser typischerweise in Watt je Meter Bohrlochlänge angegeben. Als durchschnittlicher Wert kann hier eine Leistung von rund 50 W/m angenommen werden. Damit kann durch eine Bohrung von 100 m Tiefe eine Wärmeleistung von rund 5 kW entnommen werden. Wird mehr Wärmeleistung benötigt, können auch mehrere Löcher gebohrt und entsprechende Sonden eingebracht werden. Da die spezifische Entzugsleistung jedoch von den geologischen Untergrundverhältnissen abhängt, kann die Entzugsleistung auch deutlich höher oder niedriger als dieser Mittelwert ausfallen. Wie die Bedingungen am eigenen Standort ausfallen, lässt sich aus den Geothermieatlanten und Potenzialstudien der jeweiligen geologischen Landesämter entnehmen. Die genaue Anordnung und Bohrtiefe wird dann im Einzelfall durch Geologen und auf die Einbringung von Sonden spezialisierte Bohrfirmen ermittelt und festgelegt. Zudem kann mit den Bohrfirmen auch eine Entnahme-Leistungszusage vereinbart werden, die üblicherweise über einen Zeitraum von 10 Jahren eine zugesicherte Wärmeleistung beinhaltet.

In der im Bohrloch eingebrachten Sonde zirkuliert das Trägermedium, Sole oder Kohlendioxid, und macht die Erdwärme für die Wärmepumpe nutzbar. In dieser Tiefe ist die Temperatur des Erdreichs über den gesamten Jahresverlauf konstant. Dies führt dazu, dass diese Wärmepumpen einen sehr hohen Wirkungsgrad aufweisen und die Jahresarbeitszahl (JAZ) Werte zwischen 4 und 5 erreicht. Der Nachteil der Erdwärmesonden sind die hohen Kosten, die für die Bohrung und Einbringung der Sonde anfallen. Dabei muss mit rund 35 bis 60 € je laufendem Meter gerechnet werden. Rechnet man für ein Einfamilienhaus mit 150 Bohrmeter, was einer Wärmeentnahme von rund 7,5 kW entspricht, liegen die Kosten für die Erschließung der Wärmequelle bei rund 5.000 bis 9.000 €. Damit ist die Nutzung von Erdwärme durch Tiefen-Sonden hinsichtlich der Erschließungskosten der Wärmequelle die teuerste Variante. Aufgrund der stabilen Temperatur in dieser Tiefe ist jedoch ganzjährig eine hohe Wärmeentnahme und damit ein sehr effizienter Betrieb der Wärmepumpe möglich. Entsprechend niedrig fallen der Stromverbrauch und damit auch die Betriebskosten der Wärmepumpe bei dieser Form der Erdwärmenutzung aus.

Abhängig vom jeweiligen Bundesland unterscheiden sich die Vorgaben zur Genehmigung von Bohrungen und für den Betrieb von Wärmepumpen. In der Regel muss ein solches Vorhaben jedoch angezeigt und genehmigt werden.

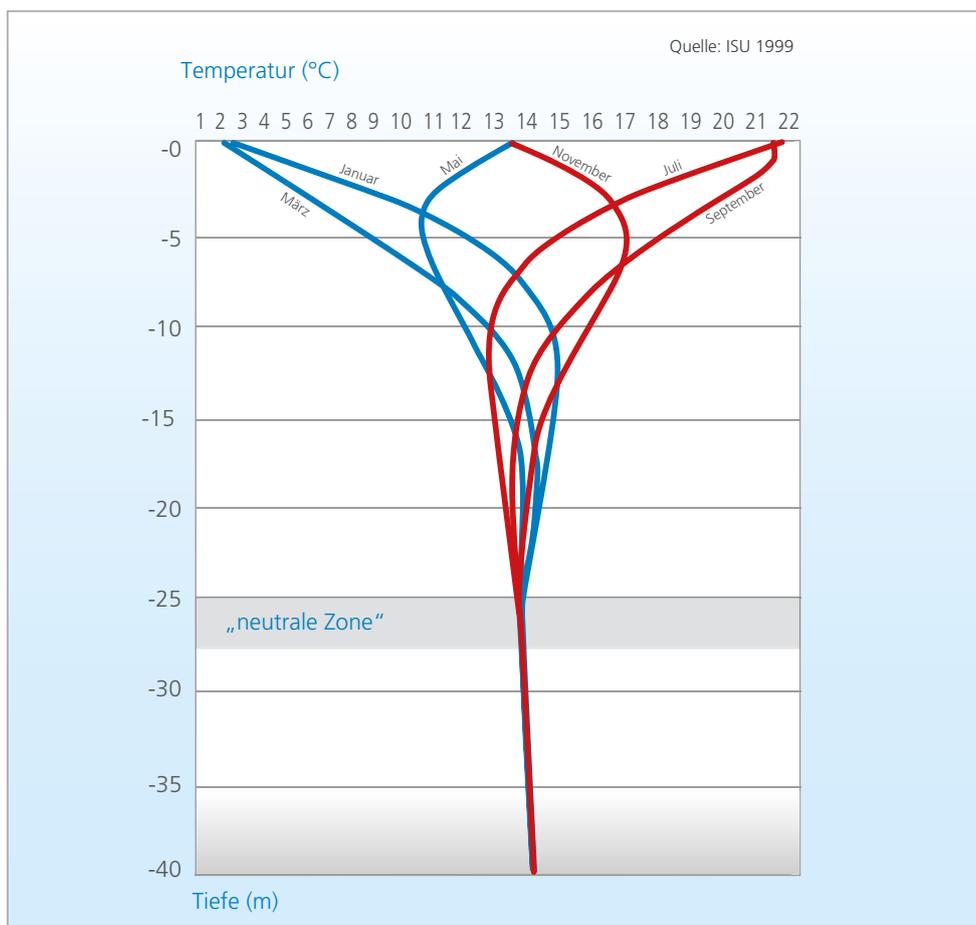
3.3.2. Grundwasser

Die Nutzung des Wärmepotenzials von Grundwasser zählt zu den effizientesten Einsatzbereichen von Wärmepumpen, da Grundwasser zu den wärmsten Umweltwärmequellen zählt. Bis zu einer Tiefe von ca. 20 bis 25 m beeinflussen Sonneneinstrahlung, die Umgebungstemperatur und das Einsickern von Wasser das Niveau der Grundwassertemperatur. Die Grundwassertemperatur variiert je nach Region und Jahreszeit und liegt im Jahresmittel üblicherweise zwischen rund 10 und 13 °C. Erst in größeren Tiefen ist die Temperatur über den Jahresverlauf nahezu konstant und entspricht der mittleren Jahrestemperatur [BMU: 2008, S. 15].

III • Wärmepumpe

Wärmepumpe

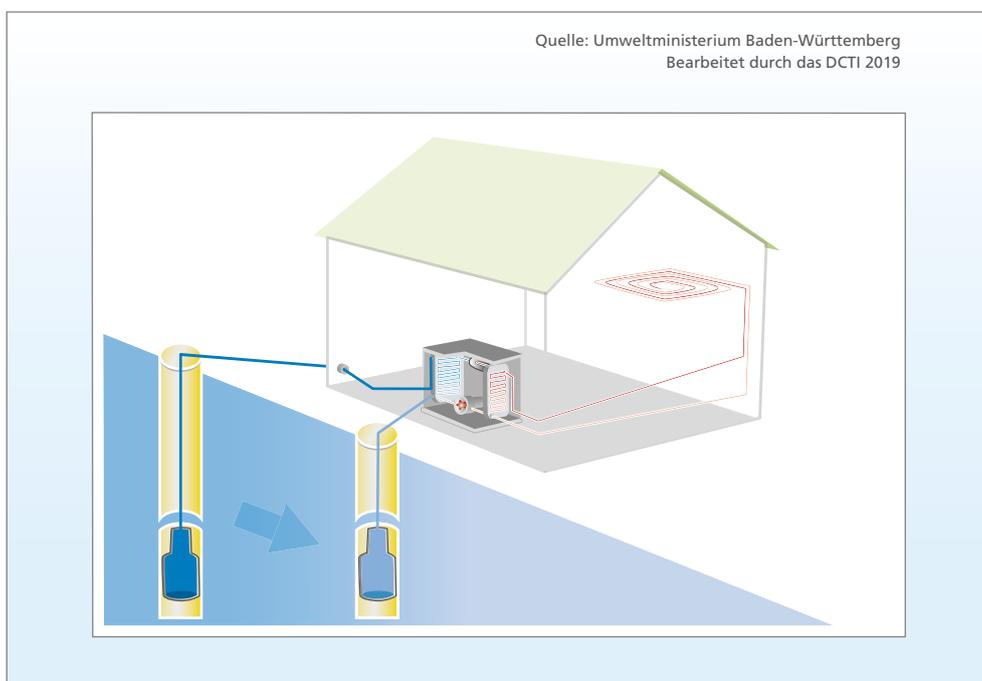
» Grafik 6: Temperaturentwicklung des Grundwassers im Jahresverlauf und abhängig von der Tiefe am Beispiel Berlins



Da die Temperatur des Grundwassers im Jahresverlauf vergleichsweise konstant ist, erreichen die Grundwasser-Wärmepumpen sehr hohe Jahresarbeitszahlen und einen COP-Wert von bis zu sieben. Richtig ausgelegt, eignen sich Grundwasser-Wärmepumpen für den monovalenten Anlagebetrieb als alleinige Heizquelle für die Warmwasser- und Gebäudewärmeversorgung. Ab einer Heizleistung von rund 10 kW können Grundwasser-Wärmepumpen eine effiziente Alternative zu Erdwärmesondenanlagen darstellen, wobei ein wirtschaftlicher Betrieb meist bis zu einer Brunntiefe von 20 bis 50 m möglich ist [LfULG: 2015, S. 5].

Grundwasser-Wärmepumpen eignen sich aufgrund der hohen Heizleistung damit auch gut für Gebäude, deren Dämmstandard sich nicht für den Betrieb von weniger effizienten Wärmepumpen, wie beispielsweise von Luft-Wärmepumpen, eignet.

» Grafik 7: „Funktionsprinzip von Grundwasser-Wärmepumpen“



Um das Wärmepotenzial des Grundwassers mit einer Wärmepumpe nutzen zu können, ist die Einrichtung von zwei räumlich voneinander getrennten Brunnen erforderlich. Aus dem sogenannten Förder- oder Entnahmebrunnen wird das warme Grundwasser aus dem Grundwasserleiter entnommen und die Wärme über einen Wärmetauscher an den Sole-Kreislauf der Wärmepumpe übertragen. Prinzipiell ist es auch möglich, das Grundwasser direkt der Wärmepumpe zuzuführen, dies setzt jedoch voraus, dass das Grundwasser nicht verunreinigt ist und eine hohe Qualität aufweist, da anderenfalls die Wärmepumpe beschädigt werden kann. Durch die Wärmeabgabe kühlt sich das Grundwasser um rund 4 bis 5 °C ab. Das nun abgekühlte Grundwasser wird anschließend in den sogenannten Schluck- oder Rückgabebrunnen eingebracht und damit wieder dem Grundwasserstrom zugeführt. Der Schluckbrunnen liegt dabei räumlich entfernt und in Grundwasserfließrichtung abwärts vom Förderbrunnen, damit das zurückgeführte Grundwasser das Temperaturniveau am Förderbrunnen nicht negativ beeinflusst. Da der Flächenbedarf für die beiden Brunnen relativ gering ist, eignen sich Grundwasser-Wärmepumpen auch für kleinere Grundstücke.



Wärmepumpe

Wärmepumpe

Die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb sind, dass der Grundwasserleiter am geplanten Standort in einer geeigneten Tiefe liegt, die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers für einen Wärmepumpenbetrieb geeignet ist und dass die Grundwassertemperatur am geplanten Standort ein relativ konstantes Niveau aufweist. Dies lässt sich ermitteln, indem vor Projektbeginn über einen Zeitraum von mindestens einem halben Jahr Temperaturmessungen am Grundwasserleiter durchgeführt werden. Auch die Härte des Grundwassers muss für den Betrieb einer Grundwasser-Wärmepumpe geeignet sein, da nur sauerstoffreiche und weiche bis mittelharte Wasserqualitäten einen störungsfreien Betrieb gewährleisten. Bei sauerstoffarmem Grundwasser kann es zu Oxidation im Betrieb kommen, was die hydraulische Durchlässigkeit einschränken kann. Da die geologischen Bedingungen ebenso wie die rechtlichen Vorgaben und Einschränkungen lokal variieren, muss mit Hilfe eines Geologen oder Hydrogeologen einzelfallabhängig die Eignung des Standorts abgeklärt werden [LfULG: 2015, S. 8f].

Ebenso wie die Bohrung für Erdsonden ist auch die Grundwasserentnahme genehmigungspflichtig und bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis, die je nach geförderter Wassermenge von der zuständigen unteren oder oberen Wasserbehörde erteilt wird. Da bei der Grundwassernutzung in einen trinkwassersensitiven Bereich eingegriffen wird, ist eine Vielzahl von gesetzlichen Regelungen zu beachten, die neben dem Berg- und Lagerstättenrecht auch verschiedene bundesländerspezifische Vorgaben beinhalten. Liegt das Grundstück innerhalb eines Trinkwasserschutzgebietes, ist die Genehmigung einer Grundwasser-Wärmepumpe grundsätzlich nicht möglich.

Bei den Kosten für Grundwasser-Wärmepumpen muss zwischen der Wärmepumpe und der Erschließung der Wärmequelle unterschieden werden. Für die Wärmepumpe liegen die Investitionskosten bei rund 8.000 bis 10.000 €. Die Kosten für das Anlegen der beiden Brunnen hängt von der benötigten Bohrtiefe und der Bodenbeschaffenheit ab und liegt typischerweise in einem mittleren bis oberen vierstelligen Eurobereich. Für die gesamte Installation einer Grundwasser-Wärmepumpe muss daher mit Investitionen von rund 16.000 bis 19.000 € gerechnet werden.

3.3.3. Luft

Bei Luft-Wärmepumpen wird die Außenluft oder die Abwärme eines Gebäudes als Wärmequelle genutzt und über einen Wärmetauscher nutzbar gemacht. Da Luft als Umweltwärmequelle überall verfügbar und Installation und Inbetriebnahme einer Luft-Wärmepumpe in Deutschland genehmigungsfrei sind, können Luft-Wärmepumpen nahezu an jedem Standort verwendet werden.

Dabei ist der Platzbedarf, abhängig von der Größe der Anlage rund ein Kubikmeter Raum, relativ gering. Luftwärmepumpen lassen sich sowohl als ausschließliche Heizung (monovalenter Betrieb) einsetzen, können aber auch als Ergänzung in bereits bestehende Öl- oder Gasheizungen (bivalen-



ter Betrieb) eingebunden werden. Die letztere Variante wird allerdings nur in Bestandsbauten zur Nachrüstung genutzt und ist im Neubau wirtschaftlich und energetisch nicht empfehlenswert.

Luft-Wärmepumpen werden als Kompaktgeräte und als Splitgeräte angeboten. Bei ersteren sind Kompressor, Verflüssiger sowie der Verdampfer mit dem Ventilator in einem Gehäuse untergebracht. Solche Geräte können sowohl innerhalb als auch außerhalb des Gebäudes installiert werden. Bei den Splitgeräten wird nur der Verflüssiger im Wohngebäude installiert, bei einigen Geräten auch der Kompressor. Die anderen Bestandteile werden im Außenbereich aufgestellt. Die flexiblen Aufstellungsmöglichkeiten sind ein großer Vorteil von Luft-Wärmepumpen, wenn in einem Gebäude nur wenig Platz für die Haustechnik zur Verfügung steht.

Ventilator und Kompressor verursachen im Betrieb eine Geräuschentwicklung. Dies sollte bei der Auswahl einer Anlage und beim geplanten Aufstellungsstandort der Aggregate berücksichtigt werden, um Konflikte mit Nachbarn zu vermeiden und auch selbst nicht von den Geräuschen gestört zu werden, wie dies beispielsweise bei der Aufstellung einer Wärmepumpe in der Nähe von Schlafräumen der Fall sein kann. Die zulässigen Schallgrenzwerte sind in der Verwaltungsvorschrift „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) festgelegt. Unterschieden wird hier zwischen Tag- und Nachtzeiten sowie nach Bebauungsgebieten. Die zulässigen Grenzwerte reichen dabei in Wohngebieten von 35 dB(A) beim Nachtbetrieb in reinen Wohngebieten bis hin zu 60 dB(A) beim Tagbetrieb in Dorf- und Mischgebieten.

» **Grafik 8: Obergrenzen für Geräuschemissionen beim Betrieb von Wärmepumpen**

Lärm Wärmepumpen

Gebietstyp	Tagbetrieb	Nachtbetrieb
Industriegebiete	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiete	60 dB(A)	50 dB(A)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurgebiete, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)

Quelle: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, Stand: Juni 2017



Wärmepumpe

Wärmepumpe

Auskunft über die Schallemissionen einer Wärmepumpe gibt der sogenannte Schalleistungspegel, der auch als LWA-Wert bezeichnet wird, und der sich in den technischen Datenblättern der Hersteller findet. Die Lautstärke der Aggregate hängt dabei nicht unbedingt von der Leistungsstärke der Anlage ab.

Bei den Luft-Wärmepumpen wird zwischen Luft-Luft-Wärmepumpen und Luft-Wasser-Wärmepumpen unterschieden, wobei die Luft-Luft-Wärmepumpen strenggenommen nicht zu den Wärmepumpen zählen.

Luft-Luft-Wärmepumpen

Luft/Luft-Wärmepumpen verwenden als Wärmeenergieträger sowohl die verbrauchte Raumluft als auch die Außenluft. Sie arbeiten dabei als Lüftungsanlage und können die Wärme der verbrauchten Raumluft rückgewinnen und mit Hilfe von Plattenwärmetauschern auf die angesaugte Außenluft übertragen. Damit ist es möglich die Außenluft auf bis zu 90 Prozent der Raumlufttemperatur zu erwärmen. Das fehlende Zehntel wird mit Hilfe eines Zuluftnacherhitzers erwärmt und die warme Luft anschließend über Luftkanäle und Raumdurchlässe im Gebäude verteilt. Die Luft ist also nicht nur die Wärmequelle, sondern auch das Trägermittel, um die Heizwärme in die Räume zu bringen. Ein Wärmetausch zu einem Heizkreislauf, in dem Wasser als Wärmeträger zirkuliert, findet also nicht statt. Um eine hohe Effizienz beim Lüften und Heizen zu erzielen, weisen Luft/Luft-Wärmepumpe sehr hohe Anforderungen an die Dämmung der Gebäudehülle auf, die nahezu luftdicht sein sollte. Damit eignet sich die Luft/Luft-Wärmepumpe in erster Linie für Gebäude, die den Passivhaus-Standard erreichen und mit einer Lüftungsanlage ausgestattet sind.

Luft-Wasser-Wärmepumpen

Wie die Luft/Luft-Wärmepumpe nutzt auch die Luft/Wasser-Wärmepumpe das Wärmepotenzial der Außenluft. Die Wärme der von einem Ventilator angesaugten Außenluft wird bei dieser Variante jedoch nicht direkt über ein Belüftungssystem in den Wohnräumen verteilt, sondern zunächst auf ein Kältemittel übertragen, das durch die Wärmezufuhr verdampft. Das Gas wird anschließend in einem Verdichter komprimiert und dadurch auf das gewünschte Temperaturniveau gebracht. Anders als bei der Luft/Luft-Wärmepumpe wird die Wärme aber nicht über ein Lüftungssystem, sondern über den Wasserkreislauf der Heizung in den Räumen verteilt. Auch Luft/Wasser-Wärmepumpen werden üblicherweise im Gebäude aufgestellt. Ist dort kein geeigneter Platz vorhanden, gibt es auch Geräte, die sich für eine Aufstellung im Außenbereich eignen. Diese sind jedoch tendenziell etwas teurer als vergleichbare Geräte für die Innenaufstellung.

Anders als bei Erdwärme- oder Grundwasser-Wärmepumpen, die mit einer Flächenheizung gekoppelt sind, kann bei Luft/Wasser-Wärmepumpen nicht auf einen Pufferspeicher verzichtet werden, da dieser für das Enteisen des Außenluftwärmetauschers benötigt wird.



Da Luft als Wärmeträger deutlich schlechter geeignet ist als beispielsweise Wasser und die Temperatur der Außenluft zudem im Jahresverlauf stark schwankt, schneidet die Luft-Wärmepumpe mit ihren niedrigen Jahresarbeitszahlen im Vergleich zu anderen Wärmepumpensystemen vergleichsweise schlecht ab. Sie eignen sich vor allem dann, wenn der Wärmebedarf eines Gebäudes relativ niedrig ausfällt, wie dies beispielsweise bei Niedrigenergie- oder Passivhäusern der Fall ist.

Eine Möglichkeit, die Effizienz von Luft-Wärmepumpen zu steigern, ist der Einbau eines Luftbrunnens. Dafür werden in einen im Garten angelegten Schacht Schichten von Erde, Sand und Kies eingebracht, durch welche die angesaugte Außenluft geleitet wird. Dabei wird die Luft zum einen gefiltert, zum anderen aber findet ein Temperatenausgleich zwischen der Außenluft und der relativ konstanten Temperatur im Erdreich statt. Auf diese Weise erreicht die Außenluft im Winter die Wärmepumpe bereits mit einem höheren Temperaturniveau und weniger zusätzliche Energie wird benötigt, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. An heißen Tagen lässt sich ein Luftbrunnen auch nutzen, um die Außentemperatur abzukühlen und somit kalte Luft in das Gebäude zu leiten.

Luft-Wärmepumpen zählen zu den vergleichsweise günstigen Wärmepumpen, da der Installationsaufwand gering ist und die Erschließung der Wärmequelle leicht möglich ist. Aufgrund der im Vergleich zu Erdreich und Grundwasser starken Temperaturschwankungen der Luft im Tages- und Jahresverlauf, fallen jedoch höhere Stromkosten im Betrieb an, da die Jahresarbeitszahlen von Luft-Wärmepumpen relativ niedrig sind. Je nach Anlagengröße liegen die Kosten für die Anschaffung einer Luft-Wärmepumpen bei rund 10.000 €.

Brauchwasser-Wärmepumpen

Neben den oben aufgeführten Varianten, gibt es auch Warmwasser-Wärmepumpen, mit denen ausschließlich das Brauchwasser erwärmt wird, die aber keinen Beitrag zur Bereitstellung der Gebäudewärme leisten. Diese werden direkt am Warmwasserspeicher installiert und nutzen die in der Raum- oder Außenluft verfügbare Wärmeenergie. Der Einbau einer Brauchwasser-Wärmepumpe empfiehlt sich vor allem bei Bestandsbauten, wenn dadurch elektrische Durchlauferhitzer oder elektrische Boiler ersetzt werden. Diese weisen nur eine Jahresarbeitszahl von 1 auf, da das Warmwasser ausschließlich durch Strom erhitzt wird, was zu hohen Betriebskosten führt. Auch wenn im Gebäude ein älterer Heizkessel betrieben wird, bietet sich der Einbau einer Brauchwasser-Wärmepumpe an, wenn das Gerät weiter genutzt werden soll. Denn diese weisen außerhalb der Heizperiode hohe Wärmeverluste auf, wenn sie ausschließlich für die Erzeugung von Warmwasser genutzt werden. Ist bereits ein neuerer Gaskessel mit Brennwerttechnologie verbaut, macht die Einbindung einer Brauchwasser-Wärmepumpe wirtschaftlich meist keinen Sinn.



Wärmepumpe

Wärmepumpe

Erfolgt die Installation in Wirtschafts- oder Heizungsräumen, profitiert die Wärmepumpe auch von der Abwärme einer vorhandenen Öl- oder Gasheizung oder von anderen Geräten wie Trockner oder Waschmaschine. Je höher die Raumtemperatur ist und je niedriger die angestrebte Brauchwassertemperatur gewählt wird, desto effizienter lässt sich die Wärmepumpe betreiben. Da die Raumtemperatur über den Jahresverlauf relativ konstant ist und die elektrische Leistungsaufnahme deutlich niedriger ausfällt, verbrauchen Brauchwasser-Wärmepumpen weniger Strom als Anlagen, die zum Beheizen des Gebäudes genutzt werden. Auch bei den Warmwasser-Wärmepumpen sind Geräte verfügbar, die über eine Schnittstelle verfügen, um beispielsweise eine Verbindung mit dem Wechselrichter einer Photovoltaikanlage herzustellen und so die Warmwassererzeugung auf Vorrat mit der Leistungskurve der Photovoltaikanlage abzustimmen.

Die Geräte sind mit rund 1.500 bis 2.500 € vergleichsweise günstig in der Anschaffung und verursachen nur einen geringen Installationsaufwand. Die Betriebskosten in Form von Stromkosten hängen von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe und von der Personenzahl, die mit Warmwasser versorgt werden soll, ab. Typischerweise fällt hier jährlich ein niedriger bis mittlerer dreistelliger Eurobetrag an.

3.4. Anlagenplanung und Umsetzung bei Neu- und Bestandsimmobilien

Die Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe im Neu- und Bestandsbau sind vergleichbar. Eine gute Dämmung und damit einhergehend eine niedrige Heizlast des Gebäudes bilden die zentrale Voraussetzung, aber auch das System, mit dem die Heizwärme in die Räume gebracht wird, ist von Bedeutung.

Um bei der Planung einer Wärmepumpenheizung die richtige Dimensionierung der Anlage und die Wärmequelle festzulegen, rückt der sogenannte Bivalenzpunkt in den Fokus. Der Bivalenzpunkt beschreibt das Verhältnis zwischen der maximalen Heizleistung der Wärmepumpe und der Heizlast des Gebäudes. Entspricht die maximale Heizleistung in einem bestimmten Betriebspunkt genau der Heizlast, also dem Wärmebedarf des Gebäudes, kann diese vollständig von der Wärmepumpe gedeckt werden, der Bivalenzpunkt ist erreicht. Liegt die Heizleistung in einem Betriebspunkt unter der Heizlast, kann die Wärmepumpe alleine das gewählte Temperaturniveau temporär nicht erreichen.

Die Heizleistung der Wärmepumpe ist dabei sowohl von der Größe und Leistung des Geräts als auch von der Temperatur der Umweltwärmequelle abhängig. Je höher diese ist, desto höher ist auch die Heizleistung, welche die Wärmepumpe bereitstellen kann. Von besonderer Bedeutung ist dies für



Luft-Wärmepumpen, bei denen die Umweltwärmequelle über das Jahr die stärksten Schwankungen aufweist.

Aber auch die Heizlast eines Gebäudes ändert sich je nach Außentemperatur und gewünschtem Temperaturniveau. Je kälter die Außentemperatur ist, desto höher ist die Heizlast, um ein definiertes Temperaturniveau im Gebäude zu erreichen. Der Heizwärmebedarf, der erforderlich ist, um eine definierte Raumtemperatur zu erreichen und zu halten, ist dabei maßgeblich von der Dämmung der Gebäudehülle abhängig. Während die Außentemperatur vorgegeben ist, kann der Bivalenzpunkt zum einen durch verbesserte Dämmmaßnahmen, zum anderen durch die Auswahl einer ausreichend dimensionierten Wärmepumpe beeinflusst werden.

Je nach Festlegung des Bivalenzpunktes ergeben sich daraus zwei Betriebsweisen für eine Wärmepumpe.

Im monovalenten Betrieb wird der Bivalenzpunkt für eine niedrige Außentemperatur festgelegt, die am Standort der Wärmepumpe nur selten unterschritten wird. Üblich wäre hier ein Wert von ca. -15 °C . Diese Betriebsweise wird immer dann gewählt, wenn die Wärmepumpe als einziges Heizsystem die Heizleistung ganzjährig bereitstellen soll. Als Wärmepumpe muss in diesem Fall ein vergleichsweise großes Modell mit einer hohen Leistung gewählt werden, um auch die Heizlastspitzen abdecken zu können. Diese Leistung wird jedoch im Normalbetrieb nicht immer benötigt.

Bei der bivalenten Betriebsweise wird die Wärmepumpe mit einem anderen Wärmeerzeuger kombiniert. Dies kann beispielsweise eine Öl- oder Gasheizung, aber auch eine Solarthermieanlage oder ein elektrischer Heizstab sein.

Werden im bivalenten Betrieb beide Heizsysteme mit Strom betrieben, beispielsweise in der bei Luft-Wärmepumpen weit verbreiteten Kombination aus Wärmepumpe und Heizstab, spricht man auch vom monoenergetischen Betrieb. Bei diesen Systemen wird der Bivalenzpunkt für eine etwas höhere Außentemperatur ermittelt, die üblicherweise zwischen -6 und -9 °C liegt. Der Vorteil ist, dass die Leistung der Wärmepumpe kleiner ausfallen kann und die Investitionskosten dadurch sinken. Zudem muss die Wärmepumpe keine hohe Heizleistung für nur wenige Tage im Jahr vorhalten, da Heizlastspitzen über einen in der Anschaffung kostengünstigen Heizstab abgedeckt werden. Im Gegensatz zur Wärmepumpe hat der Heizstab jedoch nur einen JAZ-Wert von 1 und erwärmt das Heizwasser nur mit Strom und ohne Umweltwärme. Entsprechend hoch sind die Betriebskosten, so dass die Anlage in jedem Fall so ausgelegt sein sollte, dass der Heizstab nicht dauerhaft, sondern nur an relativ wenigen Tagen in Betrieb ist.



Wärmepumpe

Wärmepumpe

Ist bereits eine Öl- oder Gasheizung vorhanden und soll diese gemeinsam mit der Wärmepumpe weitergenutzt werden, kann auch hier eine bivalente Betriebsführung in Frage kommen. In diesem Fall deckt die Wärmepumpe bis zum Bivalenzpunkt die gesamte Heizlast des Gebäudes ab. Erst wenn die Leistung der Wärmepumpe nicht mehr ausreicht, wird sie durch die konventionelle Heizung ergänzt oder ersetzt. Solche Hybrid-Lösungen sind auch als Kombilösungen erhältlich.

Im Bestandsbau mit schlechter Dämmung und kleinen Einzelheizkörpern in den Räumen sind in der Regel hohe Vorlauftemperaturen nötig, um auch an kalten Tagen das gewünschte Temperaturniveau in den Räumen zu erreichen. Mit Vorlauftemperatur wird die Temperatur bezeichnet, mit der das Heizwasser aus dem Wärmeerzeuger austritt. Während das Heizwasser durch das Heizungssystem strömt und die Wärme beispielsweise über Heizkörper an die Räume abgibt, kühlt es sich ab und kommt mit einer spezifischen Rücklauftemperatur wieder zum Wärmeerzeuger zurück.

Dementsprechend arbeiten ältere Öl- oder Gasheizungen ohne Brennwerttechnik zum Teil mit Vorlauftemperaturen von 70 °C und mehr. Zwar können einige Wärmepumpensysteme Vorlauftemperaturen von bis zu 60 °C erzeugen, doch je größer die notwendige Vorlauftemperatur ausfallen muss, desto größer ist auch die Differenz zur Temperatur der Umweltwärmequelle und desto ineffizienter der Betrieb einer Wärmepumpe, da der Anteil des elektrischen Antriebs im Verhältnis zur Umweltwärme steigt.

Während bei Neubauprojekten auf Grund der gesetzlichen Vorgaben zum energetischen Standard die Voraussetzungen für den Betrieb einer Wärmepumpe immer als gegeben angenommen werden können, müssen diese bei älteren Bestandsbauten meist erst geschaffen werden, um eine Nieder-temperatur-Heizung, wie die Wärmepumpe, sinnvoll betreiben zu können. Idealerweise arbeiten diese mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen, die üblicherweise zwischen rund 30 °C (mit einer Flächenheizung) und 55 °C liegen.

Durch Verbesserungen bei der Dämmung lassen sich jedoch die Heizlast eines Gebäudes senken und die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle begrenzen, wodurch niedrigere Vorlauftemperaturen ermöglicht werden und eine Wärmepumpe mit kleinerer Leistung gewählt werden kann. So schaffen Dämmmaßnahmen nicht nur die Voraussetzungen für niedrigere Vorlauftemperaturen, sondern senken auch die Kosten für die neue Heizungsanlage, die Erschließung der Umweltwärmequelle und den laufenden Betrieb.

Um das angestrebte Temperaturniveau in einem Gebäude mit niedrigen Vorlauftemperaturen zu erreichen, muss diese Anforderung auch im System der Wärmeverteilung berücksichtigt werden. Flächenheizungen wie Fußboden-, Wand- oder Deckenheizungen sind dafür ideal geeignet, da sie die Wärme über eine große Fläche abgeben. Steht ein solches System nicht zur Verfügung und ist auch kein Umstieg geplant, können die vorhandenen Radiatoren ergänzt oder durch Modelle mit



einer größeren Abstrahlfläche ersetzt werden. Die Hersteller haben sich mittlerweile auf den Trend zu Niedrigtemperaturheizungen eingestellt und bieten Radiatoren und Konvektoren an, die in ihrem Aufbau auf geringe Vorlauftemperaturen ausgerichtet sind.

Wenn die Heizungsanlage schon in die Jahre gekommen ist und bereits seit 20 Jahren und länger betrieben wird, lohnt sich ein Austausch in der Regel auch dann, wenn die Anlage noch problemlos funktioniert, da sich durch die niedrigeren Betriebskosten die Aufwendungen für den Umstieg auf die Wärmepumpe innerhalb von rund 10 Jahren amortisieren. Gebäudeeigentümer, die ihren Heizkessel seit 30 Jahren und mehr betreiben, sind nach der derzeit geltenden EnEV mit einigen Ausnahmen sogar zum Austausch verpflichtet.

Welche Umweltwärmequelle bei der energetischen Sanierung für eine Wärmepumpe genutzt wird, hängt von der individuellen Situation vor Ort ab. Luft-Wärmepumpen lassen sich aufgrund der einfachen Installation meist relativ simpel und ohne Eingriff in bestehende Gartenanlagen nachrüsten. Bei Erd- oder Grundwasser-Wärmepumpen fallen diese Eingriffe in der Regel umfangreicher aus. Dennoch empfiehlt es sich gerade bei der Sanierung von Altbauten, die in der Regel recht hohe Heizlast solcher Gebäude zu berücksichtigen. Grundsätzlich können Erd- und Grundwasser-Wärmepumpen hohe Heizlasten deutlich effizienter und mit niedrigeren Betriebskosten abdecken, da diese einen besseren Wirkungsgrad beziehungsweise eine höhere Jahresarbeitszahl aufweisen.

Bei der Planung von Neubauten gelten für alle Gebäude energetische Mindeststandards, die in der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) und dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) festgelegt sind. Voraussichtlich 2019 sollen die EnEV und das EEWärmeG in dem sogenannten Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengeführt werden und die Mindestanforderungen in einigen Bereichen auch angehoben werden. So ist geplant, dass ab 2021 alle privaten Wohngebäude als Niedrigstenergiehäuser errichtet werden müssen.

3.5. Kosten von Wärmepumpen

3.5.1. Investitionskosten

Gegenüber einer in ihrer Leistung vergleichbaren konventionellen Öl- und Gasheizung weisen Wärmepumpen bei den Anfangsinvestitionen Mehrkosten auf, die Beträge zwischen rund 8.000 und 10.000€ erreichen können. Für die Wärmepumpe selber liegen die Kosten bei rund 8.000 bis 14.000€, dazu kommen noch Erschließungskosten für die Wärmequelle. Je nach Wärmebedarf und Umweltwärmequelle können die Kosten hier stark variieren. Luft-Wärmepumpen weisen hier nur geringe Kosten auf, da die Umweltwärmequelle in der Regel direkt am Aufstellungsort zur Verfügung



Wärmepumpe

Wärmepumpe

steht. Höhere Kosten, die für jeden Einzelfall konkret beziffert werden müssen, entstehen jedoch bei der Nutzung von Erd- und Grundwasserwärme, da je nach Anlagenplanung teils umfangreiche Erdarbeiten, Probebohrungen und geologische Analysen durchgeführt und die Kollektoren ins Erdreich eingebracht werden müssen. Im Durchschnitt kann dafür ein mittlerer vierstelliger bis niedriger fünfstelliger Eurobetrag anfallen. Die Anschaffung einer Wärmepumpe kann also im Vergleich zu anderen Heizsystemen deutlich höhere anfängliche Investitionskosten auslösen.

Dafür liegen die laufenden Betriebskosten dann aber deutlich unter denen einer Brennstoffheizung, da die Umweltwärme kostenlos zur Verfügung steht und lediglich Stromkosten für den Betrieb der Pumpe anfallen. Die Kosten dafür betragen weniger als die Hälfte im Vergleich zu einer Öl- oder Gasheizung, wenn ein Wärmepumpentarif für die Stromversorgung der Wärmepumpe genutzt wird. Durch die Nutzung von selbst erzeugtem Strom aus der eigenen Photovoltaikanlage lassen sich die Betriebskosten sogar auf rund ein Viertel der Betriebskosten für eine in der Leistung vergleichbare Öl- oder Gasheizung senken.

Die Kosten für die Wartung der Wärmepumpe, die sich je nach Herstellerangabe alle ein bis drei Jahre empfiehlt, liegen bei rund 150 bis 200 € pro Jahr. Andere bei Öl- und Gasheizungen regelmäßig anfallende Kosten, beispielsweise für den Besuch des Schornsteinfegers, entfallen. In der Regel liegt die Amortisationszeit einer Wärmepumpe bei rund 8 bis 10 Jahren.

3.5.2. Betriebskosten

Während die Umweltwärme kostenlos zur Verfügung steht, bedeutet der Einbau einer Wärmepumpe für den Betreiber einen deutlichen Anstieg des Stromverbrauchs. Entscheidend für den Stromverbrauch einer ganzjährig betriebenen Wärmepumpe sind dabei die Heizleistung der Wärmepumpe (in kW), die jährlichen Betriebsstunden sowie die Jahresarbeitszahl (JAZ), also das Verhältnis zwischen dem von der Pumpe benötigten Strom und der bereitgestellten Wärme. Ein direkter Vergleich der Energiekosten einer Wärmepumpe mit einer konkurrierenden Öl- oder Gasheizung lässt sich leicht selber durchführen, indem man den Strompreis für den Betrieb der Wärmepumpe durch den eigenen Bezugspreis für Heizöl oder Erdgas je kWh teilt. Ist dieser Wert kleiner als die JAZ, stellt die Wärmepumpe die Heizwärme kostengünstiger zu Verfügung.



» Grafik 9: Typischer Jahres-Stromverbrauch von Wärmepumpen im Vergleich (mit einer jährlichen Betriebsdauer von 2.000 Heizstunden)

Heizleistung	Jahresarbeitszahl von 3,5 (z. B. Luft-Wärmepumpe)	Jahresarbeitszahl von 4 (z. B. Erd-Wärmepumpe)	Jahresarbeitszahl von 4,5 (z. B. Grundwasser-Wärmepumpe)
3 kW	1714 kWh	1500 kWh	1333 kWh
6 kW	3429 kWh	3000 kWh	2667 kWh
9 kW	5143 kWh	4500 kWh	4000 kWh
12 kW	6857 kWh	6000 kWh	5333 kWh
15 kW	8571 kWh	7500 kWh	6667 kWh
18 kW	10286 kWh	9000 kWh	8000 kWh

Quelle: DCTI 2019

Ein durchschnittlicher 4-Personenhaushalt verbraucht in Deutschland rund 4.000 kWh Strom im Jahr. Setzt man diesen Wert in Bezug zum Stromverbrauch einer Wärmepumpe, so wird deutlich, dass die Inbetriebnahme einer Wärmepumpe durchaus den bisherigen Stromverbrauch eines Haushaltes mehr als verdoppeln kann. Von entsprechender Bedeutung für den Betreiber ist daher die Frage, wie sich die Betriebskosten der Wärmepumpe, die in erster Linie vom Stromverbrauch der Pumpe bestimmt werden, möglichst niedrig halten lassen.

Den ersten Punkt, der hier zu klären ist, stellt die Wahl der Wärmequelle dar. Da Grundwasser-Wärmepumpen oder Erd-Wärmepumpen den eingesetzten Strom effizienter in Wärme umsetzen können, fällt der Stromverbrauch bei vergleichbarer Leistung der Wärmepumpe niedriger aus als bei einer Luft-Wärmepumpe. Im Gegenzug gilt jedoch, dass die Installationskosten sich genau gegenläufig verhalten. Stehen also am Grundstück mehrere Umweltwärmequellen potenziell zur Verfügung, sollte eine Vollkostenrechnung über die erwartete Betriebszeit der Anlage durchgeführt werden, um die im Systemvergleich günstigste Lösung zu ermitteln.



Wärmepumpe

Wärmepumpe

Ist die passende Wärmepumpe ermittelt und eine realistische Prognose zum jährlichen Stromverbrauch erstellt, muss nun geklärt werden, wie der Strombedarf der Wärmepumpe möglichst kostengünstig bereitgestellt werden kann. Zum einen kann der benötigte Strom von einem Energieversorgungsunternehmen bezogen werden. Hier kommt dem Strommix des Anbieters eine entscheidende Rolle zu, da dieser die Umweltbilanz einer Wärmepumpe mitbestimmt. Je höher der Ökostromanteil ist, desto umweltfreundlicher ist auch der Betrieb der Wärmepumpe. Der Strombezug zu üblichen Haushaltsstrompreisen stellt dabei die teuerste Lösung dar, da hierfür in Deutschland im Jahr 2018 rund 30 Ct/kWh anfielen. Mit einem angenommenen Stromverbrauch der Wärmepumpe von 4.500 kWh pro Jahr entspricht dies Betriebskosten für Strom von rund 1.350 € im Jahr.

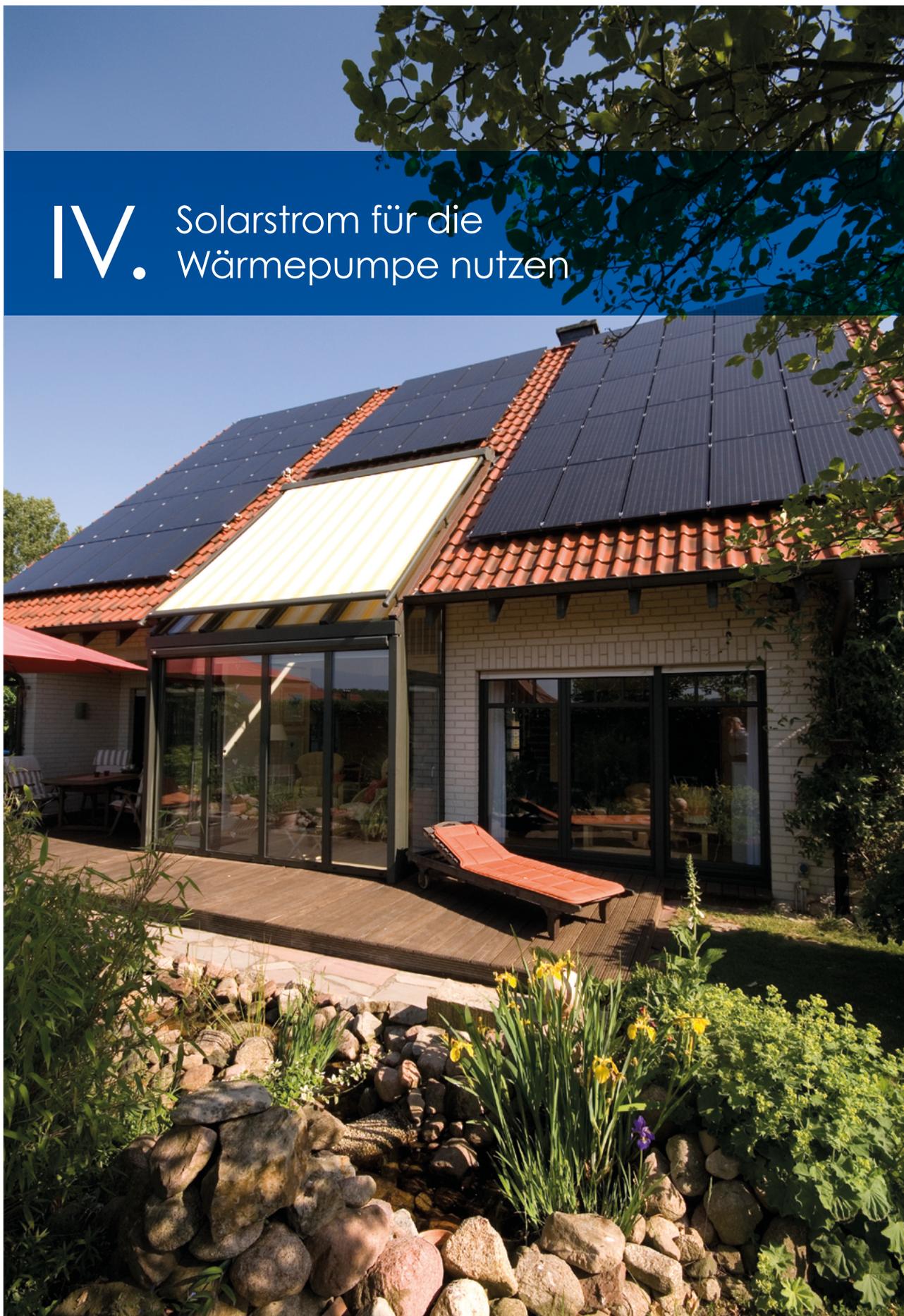
Sparen mit Heizstromtarifen

Rund 30 Prozent sparen können Hausbesitzer, die sich für spezielle Wärmepumpentarife entscheiden. Im Mittel lag der Preis von Heizstrom für Wärmepumpen im April 2018 bei rund 21 Ct/kWh [Bundesnetzagentur: 2018, S. 10]. Dabei besteht seit 2010 eine freie Anbieterwahl, ein Bezug vom lokalen Grundversorger ist damit nicht zwingend notwendig. Üblicherweise wird bei der Installation einer Wärmepumpe ein eigener Stromzähler nur für die Wärmepumpe eingebaut, entsprechend können auch für Haushalts- und Heizstrom unterschiedliche Stromanbieter gewählt werden. Hausbesitzer können dabei zwischen Eintarif- und Doppeltarifzählern wählen, bei denen zwischen einem Haupt- und einem günstigeren Nebentarif, der in der Regel für die Nachtzeiten gilt, unterschieden wird. Soll vergünstigter Heizstrom für die Wärmepumpe genutzt werden, ist dies mit sogenannten Sperrzeiten verbunden, in denen der Verteilnetzbetreiber die Stromversorgung unterbrechen kann. Die Obergrenze liegt dabei bei dreimal zwei Stunden innerhalb von 24 Stunden, zudem muss zwischen zwei Sperrzeiten die Stromversorgung mindestens so lange sichergestellt sein, wie die vorangegangene Sperrzeit gedauert hat. Um diese Sperrzeiten umzusetzen, werden die Wärmepumpen mit einer Steuerungsanlage angesprochen. Am weitesten verbreitet ist hier die Rundsteuertechnik mit einem Anteil von 55 Prozent, in rund einem Drittel der steuerbaren Wärmepumpen erfolgt die Abschaltung über eine Zeitschaltung [Bundesnetzagentur: 2018, S. 172]. Da Wärmepumpen während der Sperrzeit keine Heizleistung bereitstellen können, muss die Sperrzeit bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden und ein Sperrzeitfaktor in die Dimensionierung der Heizleistung mit einfließen. Während in gut gedämmten Neubauten große Flächenheizungen als Wärmepuffer dienen und so Sperrzeiten überbrücken können, kommen im älteren Gebäudebestand meist Pufferspeicher zum Einsatz, um die Betriebspausen der Wärmepumpe zu überbrücken.

Von den rund 800.000 Wärmepumpen, die in Deutschland Ende 2017 in Betrieb waren, nutzt mit rund 440.000 Einheiten etwas mehr als die Hälfte Heizstrom-Tarife für den Betrieb. Im Durchschnitt werden darüber je Wärmepumpe rund 6.200 kWh/Jahr abgerechnet. Für eine jährliche Bezugsmenge von 7.500 kWh/Jahr für den Betrieb der Wärmepumpe ermittelte die Bundesnetzagentur mit Stichtag zum 1. April 2017 Preise zwischen rund 19 und 24 Ct/kWh bei den Energieversorgern [Bundesnetzagentur: 2018, S. 296-302].



IV. Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen





IV. Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen – die Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach

Die Stromherkunft spielt für den kosteneffizienten Betrieb einer Wärmepumpe und die Umweltbilanz des Heizsystems eine entscheidende Rolle. Dementsprechend attraktiv ist hier in den letzten Jahren die Kombination aus Photovoltaikanlage und Wärmepumpe für die Wärmeversorgung geworden. Dies gilt sowohl für ältere Photovoltaikanlagen, bei denen die Förderung für eingespeisten Solarstrom ausläuft, als auch für neuere Anlagen, bei denen bedingt durch niedrige Einspeisesätze der Eigenverbrauch des erzeugten Solarstroms zur wichtigsten Größe für den wirtschaftlichen Betrieb geworden ist. Heizen mit Strom, das zu Zeiten elektrisch betriebener Nachtspeicherheizungen einen schlechten Ruf hatte, da die Stromquellen nicht sauber und die Betriebskosten im Vergleich zu Öl- oder Gasheizungen exorbitant hoch waren, gewinnt durch die Entwicklung bei der regenerativen Stromerzeugung wieder an Bedeutung und kann einen wirtschaftlich sinnvollen und ökologisch unbedenklichen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten. Neben der hier im Schwerpunkt vorgestellten Kombination aus Photovoltaik und Wärmepumpe eignet sich die Photovoltaik auch zur Stromversorgung von dezentralen Einzelheizungen, wenn nur ein zeitlich begrenzter Wärmebedarf besteht.

Ist bereits eine Photovoltaikanlage vorhanden, ist der Zeitpunkt der Inbetriebnahme entscheidend dafür, ob die Volleinspeisung des erzeugten Stroms oder ein möglichst hoher Eigenverbrauchsanteil durch den Betrieb von Wärmepumpe und anderen lokalen Verbrauchern wirtschaftlich interessanter ist.

Anlagen, die noch vor 2009 errichtet wurden, profitieren von einer hohen Einspeisevergütung, so dass auch mit einer Wärmepumpe an der Volleinspeisung des erzeugten Stroms festgehalten werden sollte. Nur wenn bei einer Anlage die EEG-Förderung — und damit auch die Abnahmegarantie für den Solarstrom — nach einem Einspeisezeitraum von 20 Jahren ausläuft oder bereits ausgelaufen ist, kann es sich anbieten, die Anlage weiter zu betreiben und den erzeugten Strom auch für den Betrieb der Wärmepumpe zu nutzen. Der alternativ am freien Markt erzielbare Preis für den erzeugten Strom liegt nämlich deutlich unter den Bezugskosten für Haushalts- oder Heizstrom.

Für Photovoltaikanlagen, die zwischen dem 1. Januar 2009 und dem 31. März 2012 errichtet wurden, sah das EEG in der damals geltenden Fassung eine spezielle Eigenverbrauchsvergütung für selbst verbrauchten Strom vor. Bis zu einem Eigenverbrauchsanteil von 30 Prozent gibt es für diese Anlagen eine relativ geringe Vergütung für den Eigenverbrauchsanteil. Jede selbst verbrauchte Kilowattstunde, welche die 30-Prozent-Hürde überschreitet, profitiert von einer vergleichsweise hohen Vergütung, so dass die Nutzung des Photovoltaikstroms für den Wärmepumpenbetrieb empfehlenswert ist.

IV

● Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen – die Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach

Aber auch wenn auf dem eigenen Gebäude noch keine Photovoltaikanlage installiert ist, sollte die Installation einer solchen in Erwägung gezogen werden, da diese rund 30 Prozent des Strombedarfs einer Wärmepumpe decken kann, ein Anteil der durch die Einbindung eines Energiemanagementsystems noch gesteigert werden kann [Energieagentur NRW: 2015, S. 4]. Der Großteil der derzeit verfügbaren Wärmepumpen verfügt bereits über eine Smart-Grid-Schnittstelle (SG Ready-Label), über die beispielsweise eine Kommunikation mit dem Wechselrichter oder einem intelligenten Stromzähler (Smart Meter) hergestellt werden kann. Beim Erreichen definierter Schwellenwerte nimmt die Wärmepumpe dann automatisch den Betrieb auf und erhöht die Temperatur im Pufferspeicher, die Heizwärme wird somit auf Vorrat erzeugt. Einige Hersteller von Wechselrichtern und Wärmepumpen bieten auch eigene Gateways an, mit denen sich die Wärmepumpe in Energiemanagementsysteme und Hausautomatisierungslösungen einbinden lässt.

Auch wenn die Einspeisevergütung des EEG für Neuanlagen mittlerweile ein im Vergleich zur Vergangenheit niedriges Niveau erreicht hat, bedeutet dies nicht notwendigerweise, dass Installation und Betrieb einer Photovoltaikanlage nicht wirtschaftlich sind. Der Schlüssel zur Rendite liegt mittlerweile im Eigenverbrauch des selbst erzeugten Stroms, wodurch sich Strombezugskosten vermeiden lassen. Neu errichtete Anlagen, wie sie in ihrer Größe für private Wohngebäude üblich sind, erreichen heute bereits Stromgestehungskosten von rund 11 Ct/kWh und liefern damit lokal Ökostrom zu Kosten, die weit unterhalb der Bezugskosten für Haushalts- oder Heizstrom liegen. Gerade die Kombination aus Photovoltaikanlage und Wärmepumpe, die in der Regel den größten Stromverbraucher in einem Gebäude darstellt, kann sich positiv auf die Rendite der Photovoltaikanlage und die Betriebskosten der Wärmepumpe auswirken.

Da Photovoltaikanlagen ihr Erzeugungsmaximum jahreszeitlich in den Sommermonaten erreichen und die Stromerzeugung auf die Tagzeiten begrenzt ist, wird deutlich, dass die Zeiten der Stromerzeugung nur schwach mit der Stromnachfrage der Wärmepumpe korrelieren. Entsprechend sinnvoll ist in diesem Fall der Einsatz von Speichern, um das Stromangebot bzw. die Bereitstellung von Heizwärme zeitlich zu verschieben. Lösen lässt sich dieser Widerspruch zum einen durch den Einsatz von thermischen Speichern, in Form von Puffer- oder Schichtspeichern. In diesem Fall erzeugt die Wärmepumpe die notwendige Heizwärme auf Vorrat zu Zeiten, in denen die Photovoltaikanlage ausreichend Strom liefert. Der Wärmespeicher stellt diese Wärme dann dem Heizsystem zu einem späteren Zeitpunkt, beispielsweise während der Abendstunden, zur Verfügung. Zwei Faktoren bestimmen dabei das Wärmespeicherpotenzial. Zum einen ist dies die Größe des Pufferspeichers. Je größer das Volumen ist, desto größer ist auch die Wärmemenge, die gespeichert werden kann. Der verfügbare Platz am Aufstellungsort und die Zugänglichkeit beschränken dabei das mögliche Speichervolumen. Zum anderen bestimmt die Differenz zwischen der Vorlauftemperatur im Heizkreis und dem maximal möglichen Temperaturniveau im Pufferspeicher das Wärmespeicherpotenzial. Je größer diese Differenz ausfällt, desto mehr Wärme kann auf Vorrat erzeugt werden. In der Regel wird die Temperatur im Pufferspeicher lediglich auf rund 50 Grad erwärmt, bei der Einbindung ei-



ner Photovoltaikanlage kann es aber auch wirtschaftlich sein, den Pufferspeicher stärker zu erhitzen und damit mehr Wärme auf Vorrat zu erzeugen. Je nach Anlage können Wärmepumpen den Pufferspeicher auch auf bis zu 65 °C erhitzen, um das Wärmespeicherpotenzial voll auszuschöpfen. Ein Pufferspeicher wird in der Regel jedoch nicht benötigt, wenn die Wärme über Flächenheizungen wie Fußboden- oder Wandheizungen im Gebäude verteilt wird, da das Volumen in dem Rohrsystem als Speicher ausreicht.

Die zweite Variante ist die Einbindung eines Batteriespeichers, der den tagsüber von der Solaranlage erzeugten Strom speichert und diesen zu einem späteren Zeitpunkt für den Betrieb der Wärmepumpe und für andere Verbraucher zur Verfügung stellt. Aufgrund der Komplexität des Zusammenspiels zwischen Erzeugern und Verbrauchern bietet sich hier der Einsatz von Energiemanagementsystemen an, welche Photovoltaikanlage, Wärmepumpe und weitere Verbraucher bis hin zur Elektromobilität miteinander vernetzen und aufgrund entsprechender Profile und externer Wetterdaten ansteuern.

4.1. Funktionsweise

Das Herz einer Photovoltaikanlage bilden photoaktive Halbleiter, die als Beschichtung oder in Form von Solarzellen zu Solarmodulen verarbeitet werden. Trifft ein von der Sonne ausgestrahltes Photon auf das Modul, wird dadurch eine Elektronenbewegung ausgelöst und ein Spannungsgefälle entsteht. Der dabei erzeugte Gleichstrom wird mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom gewandelt und kann anschließend direkt vor Ort für die Stromversorgung von elektrisch betriebenen Verbrauchern genutzt werden. Der Wechselrichter ist auch die Schnittstelle zum öffentlichen Stromnetz und regelt die Einspeisung des erzeugten Stroms. Ist der lokale Stromverbrauch zu einem spezifischen Zeitpunkt niedriger als die Stromerzeugung der Anlage, lässt sich überschüssiger Strom entweder in einem Batteriespeicher für eine spätere Nutzung zwischenspeichern oder aber in das öffentliche Stromnetz einspeisen. Für diese Einspeisung erhält der Anlagenbetreiber für jede Kilowattstunde eine feste Vergütung, die im Erneuerbare-Energien-Gesetz festgelegt ist.

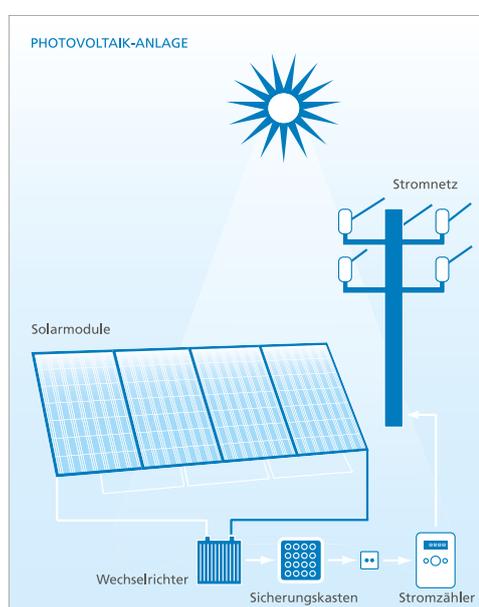
Die Module werden mit Hilfe spezieller Photovoltaikmontagesysteme fixiert und am Einsatzort montiert. Dafür hält der Handel eine große Vielfalt an Montagesystemen bereit, um die statischen Anforderungen verschiedener Dachformen zu bedienen. Auf Schrägdächern werden die Module meist parallel zum Dach installiert, auf Flachdächern sorgt eine Aufständerung für die richtige Neigung und Ausrichtung der Module, was für einen hohen Stromertrag wichtig ist. Durch eine ausreichende Neigung der Module von mindestens 20 Grad kann einfallender Regen Verschmutzungen entfernen und auf eine manuelle Reinigung verzichtet werden. Vor der Installation muss sichergestellt werden, dass die Gebäudestatik für die Installation einer Photovoltaikanlage ausreichend ist und auch zusätzliche Kräfte wie Windfall und Schneelast aufnehmen kann.

IV

• Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen – die Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach

Eine Verkabelung verbindet die einzelnen Module zu sogenannten Strängen und mit dem Wechselrichter.

» Grafik 10: Funktionsweise einer Photovoltaikanlage



Quelle: DCTI 2019

4.2. Komponenten, Dimensionierung und Konfiguration

4.2.1. Auswahl der Modultechnologie

Die eigentliche Stromerzeugung einer Photovoltaikanlage findet in den Solarmodulen statt, dafür bietet der Markt verschiedene Modultechnologien an, die sich in ihren Eigenschaften unterscheiden und entsprechende Vor- und Nachteile aufweisen.

Die stärkste Verbreitung haben mit einem Marktanteil von rund 85 Prozent Module mit kristallinen Solarzellen. Unterschieden wird hier zwischen poly- und monokristallinen Modulen, wobei beide hochreines Silizium als Halbleitermaterial nutzen. Während für die Herstellung von polykristallinen Solarzellen das geschmolzene Silizium in Blöcke gegossen wird, werden für die monokristallinen Module Stäbe, die sogenannten Ingots, aus der flüssigen Siliziummasse gezogen. Sowohl Blöcke als auch Ingots werden anschließend in Scheiben, die sogenannten Wafer, gesägt. Diese werden zu Solarzellen und schließlich zu Modulen weiterverarbeitet. Die Herstellung monokristalliner

Zellen ist aufwendiger, dafür weisen diese eine homogene Ausrichtung der Kristalle auf, was einen höheren Wirkungsgrad erlaubt.

Die zweite Modulgruppe bilden die sogenannten Dünnschicht-Module. Bei diesen wird der Halbleiter nicht zersägt, sondern als dünne Schicht auf ein Trägermaterial, zum Beispiel Glas, aufgebracht. Diese Zellen sind aufgrund des geringeren Materialbedarfs bis zu 50 mal dünner als kristalline Zellen. Entsprechend niedriger sind die Materialkosten und vielfältiger die Einsatzmöglichkeiten, da sie sich beispielsweise auch auf flexible Trägermaterialien aufbringen lassen. Der Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen liegt jedoch typischerweise unter dem von kristallinen Modulen, wenngleich einige Hersteller von Dünnschichtmodulen bereits den Wirkungsgrad polykristalliner Module erreichen. Als Halbleiter werden verschiedene Materialverbindungen wie Cadmium-Tellurid (CdTe-Module), Kupfer-Indium-Selen (CIS-Module) oder Kupfer-Indium-Selen-Gallium-Diselenid (CIGS) verwendet.

Dünnschichtmodule können diffuses und indirekt einfallendes Licht effizienter nutzen und weisen entsprechende Vorteile auf, wenn am geplanten Anlagenstandort eine optimale Ausrichtung und Neigung der Module nicht möglich ist.

Module sind in der Regel auf eine Lebensdauer von 20 Jahren und mehr ausgelegt, was sich auch in den freiwilligen Garantiezusagen vieler Hersteller widerspiegelt.

Um die Eigenschaften und Unterschiede dieser Technologien besser zu verstehen und die richtige Technologie für die eigene Anlage auszuwählen, gilt es zunächst einige relevante Kenngrößen einzuführen.

Wirkungsgrad & Effizienz

Je höher der Wirkungsgrad eines Moduls ist, desto mehr elektrische Leistung erzeugt dies aus der auftreffenden solaren Strahlungsenergie. Ein höherer Wirkungsgrad bedeutet also immer auch mehr Effizienz. Alle Hersteller weisen den unter standardisierten Testbedingungen ermittelten Wirkungsgrad ihrer Module in ihren Datenblättern aus. Monokristalline Module weisen den höchsten Wirkungsgrad aus, gefolgt von polykristallinen Modulen. Der Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen fällt typischerweise niedriger aus, wobei jedoch einige Dünnschicht-Technologien wie CIGS- oder CdTe-Module sich in ihrem Wirkungsgrad bereits den polykristallinen Modulen annähern.

IV • Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen – die Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach

» Grafik 11: Wirkungsgrad von kommerziellen Photovoltaikmodulen nach Technologien

Dünnschicht	Wirkungsgrad in Prozent (ca.)	Kristallin	Wirkungsgrad in Prozent (ca.)
Cadmium-Tellurid	bis 18	monokristallin	19 bis 22
Cl(G)S	13 bis 15	polykristallin	15 bis 20
amorph	5 bis 9		
organische Photovoltaik	bis 3		

Quelle: DCTI 2019

Degradation

Photovoltaikanlagen sind für einen Nutzungszeitraum von 20 Jahren und mehr ausgelegt. Über diesen Zeitraum sinken bei jeder Photovoltaikanlage der Wirkungsgrad und damit auch der Stromertrag. Neben Witterungseinflüssen, die bei allen Modultypen Degradation verursachen können, gibt es jedoch auch technologietypische Degradationsursachen. So wird die Degradation beispielsweise bei kristallinen Modulen durch das auf die Module treffende Licht ausgelöst. Nach einer anfänglichen Degradation von rund 2 Prozent sinkt der Wirkungsgrad bei kristallinen Solarzellen dann aber auf einem niedrigeren Niveau um rund 0,1 bis 0,5 Prozent jährlich. Mit Ausnahme von amorphen Siliziumzellen, die eine Anfangsdegradation von 10 bis 15 Prozent aufweisen können, ist dieser Effekt jedoch bei anderen Dünnschicht-Technologien eher vernachlässigbar.

Temperaturabhängigkeit

Während die Nennleistung eines Moduls unter Standardtestbedingungen bei einer Zelltemperatur von 25 °C ermittelt wird, verändert sich die tatsächliche Leistungsfähigkeit einer Anlage in Abhängigkeit von der Temperatur, die an den Modulen anliegt. Ein Temperaturanstieg führt immer zu einem Rückgang bei der Modulleistung und damit auch zu niedrigeren Stromerträgen. Die Höhe der temperaturbedingten Leistungsverluste ist jedoch technologieabhängig und bei Dünnschicht-Modulen schwächer ausgeprägt als bei kristallinen. Ein Temperaturkoeffizient im Produktdatenblatt gibt Auskunft darüber, wie stark die Leistung prozentual sinkt, wenn die Temperatur um 1 °C ansteigt. Typischerweise liegt dieser Wert für kristalline Module zwischen rund -0,4 und -0,5 Prozent, bei CdTE und Cl(G)S Modulen beträgt er rund die Hälfte. Wärmt sich das Modul an einem heißen Sommertag also auf 70 Grad auf, liegt die maximale Leistung entsprechend um 20 Prozent (Kristallin) bzw. 10 Prozent (Dünnschicht) unter der ausgewiesenen Nennleistung. Während klassische Aufdachanlagen durch den Abstand zum Dach meist über eine Hinterbelüftung verfügen, um die temperaturbedingten Leistungsverluste zu begrenzen, sollte ein entsprechender Leistungsverlust bei vollständig in die Gebäudehülle integrierten Anlagen berücksichtigt werden.



In Bezug auf ihren Einsatz für die Stromversorgung von Wärmepumpen eignen sich alle Module gleichermaßen.

4.2.2. Der Wechselrichter

Da die Module einer Photovoltaikanlage Gleichstrom erzeugen, muss dieser für den Verbrauch durch Haushaltsgeräte oder andere Verbraucher wie Wärmepumpen sowie für die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz zunächst in Wechselstrom umgewandelt werden. Dies erfolgt mit Hilfe eines Wechselrichters, der auch die Einspeisung steuert und den Netzanschluss überwacht. So kann die Anlage bei einer Netzstörung automatisch getrennt und eine Beschädigung vermieden werden.

Wirkungsgrad

Wie bei den Modulen spielt auch beim Wechselrichter der Wirkungsgrad eine wichtige Rolle für den effizienten Betrieb. Ziel ist es, die Verluste bei der Umwandlung von Gleich- auf Wechselstrom möglichst niedrig zu halten, da sie sich negativ auf den Gesamtertrag der Anlage auswirken. Gute Wechselrichter erreichen derzeit einen maximalen Wirkungsgrad von bis zu 99 Prozent. Bei kleineren Anlagen kommen zum Teil einphasige Wechselrichter zum Einsatz, die den Gleichstrom in 230 V Wechselstrom umwandeln, für Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von mehr als 4,6 kW ist jedoch seit 2012 die Verwendung von dreiphasigen Wechselrichtern vorgeschrieben.

Lebensdauer

Wechselrichter altern schneller als Module und haben eine durchschnittliche Lebensdauer von rund 10 bis 15 Jahren. Nach 15 Betriebsjahren liegt die Ausfallquote bei rund 50 Prozent. Soll eine Photovoltaikanlage rund 20 bis 25 Jahre betrieben werden, sollten Betreiber damit rechnen, dass zumindest statistisch ein- bis zweimal ein Austausch des Wechselrichters anfällt. Mehrere Hersteller bieten jedoch gegen Aufpreis eine Verlängerung der Garantiezeit auf bis zu 25 Jahre an, so dass sich Anlagenbetreiber gegen das Ausfallrisiko absichern können.

Wechselrichtertypen

Mit Hilfe von Maximum Power Point Trackern (MPP-Tracker) wird für jede Einstrahlungsbedingung und jedes Temperaturniveau an den Modulen die Kombination aus Spannung und Strom ermittelt, bei welcher der Wechselrichter die maximal mögliche Leistung erzeugt. MPP-Tracker, die exakt arbeiten und schnell auf Veränderungen reagieren, wirken sich entsprechend positiv auf den Gesamtwirkungsgrad der Anlage aus. In Multi-String-Wechselrichtern sind mehrere MPP-Tracker verbaut, die jeweils einen eigenen Modulstrang überwachen. Zwar bestimmt weiterhin das schwächste Modul die Leistung des gesamten Strangs, aber Multi-String-Wechselrichter können besser auf Einsatzbedingungen reagieren, bei denen einzelne Bereiche der Moduloberfläche unterschiedliche Einstrahlungsbedingungen aufweisen, wie dies bei einer Teilverschattung der Modulfläche, bei-

IV

● Solarstrom für die Wärmepumpe nutzen – die Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach

spielsweise durch den Schattenwurf von Bäumen, Gauben oder einem Kamin, der Fall ist. Bei solchen Geräten werden Module, die vergleichbare Einstrahlungsbedingungen aufweisen, in jeweils einem eigenen Strang verschaltet.

Für Anlagen, bei denen mit einer Teilverschattung zu rechnen ist, kommt auch der Einsatz von Modulwechselrichtern in Frage, bei denen die Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom direkt an den Modulen erfolgt. Dafür wird jedes Modul mit einem eigenen einphasigen Wechselrichter ausgestattet, so dass auch der MPP für jedes Modul individuell berechnet wird und so die Auswirkungen einer Teilverschattung begrenzt werden. Da bei dieser Variante der Wirkungsgrad mit rund 90 Prozent deutlich niedriger ausfällt und auch die Identifikation und Behebung von Fehlerquellen deutlich schwieriger ist, ist der Marktanteil solcher Lösungen gering.

Wechselrichter und Batteriespeicher

Ist für die Photovoltaikanlage die Einbindung eines Batteriespeichers geplant, stellt dies besondere Anforderungen an den Wechselrichter, da dieser auch die Lade- und Entladeprozesse der Batterie steuern muss. Ein Batteriespeicher lässt sich sowohl im Wechselstromkreis als auch im Gleichstromkreis der Anlage integrieren. Ein Batteriespeicher kann sowohl bei der Neuplanung einer Anlage direkt berücksichtigt werden, lässt sich aber auch nachträglich in eine bereits bestehende Photovoltaikanlage einbinden.

4.3. Kosten & Nutzen

Die Investitionskosten für eine Photovoltaikanlage werden für eine bessere Vergleichbarkeit der Preise in der Regel als Systemkosten (Module, Wechselrichter, Montagesystem und Verkabelung) aufgeführt und der Preis auf jedes Kilowatt installierter Leistung umgelegt. Für den Anwender erfreulich, sind diese Systempreise in den vergangenen Jahren deutlich gesunken, seit 2006 um rund 75 Prozent. Tendenziell sinkt der Systempreis mit der Größe der Anlage, da unter anderem Fixkosten auf eine größere Leistung umgelegt werden können. So liegen die Investitionskosten für kleine Anlagen bis 3 kWp rund 500 €/kWp höher als für mittlere Anlagen mit einer Leistung von mehr als 10 kWp. Bei kleinen Anlagen bis 3 kWp muss mit durchschnittlich rund 1.700 €/kWp für die schlüsselfertige Installation gerechnet werden, während für Anlagen zwischen 3 und 10 kWp ein Mittelwert von rund 1.400 €/kWp angenommen werden kann. Für größere Aufdachanlagen zwischen 10 und 100 kWp kann als Richtwert ein Betrag von 1.200 €/kWp dienen. In der Praxis können die tatsächlich angebotenen Kostenvoranschläge jedoch bis zu rund 30 Prozent in beide Richtungen von den Durchschnittswerten abweichen, so dass sich das Einholen mehrerer Angebote empfiehlt. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass sowohl der Angebotsumfang als auch die Merkmale der Komponenten miteinander vergleichbar sind.



4.4. Dimensionierung und Auslegung

Bis zur Anpassung des EEG im Jahr 2009 war die Vergütung für jede eingespeiste Kilowattstunde so hoch, dass die Volleinspeisung einer möglichst großen Strommenge das Ziel der Anlagenbetreiber war und auf der verfügbaren Fläche idealerweise die Anlage mit der höchsten Leistung installiert wurde. Seitdem jedoch erfolgten mehrere Anpassungen des EEG, so dass mittlerweile ein möglichst hoher Eigenverbrauchsanteil der Schlüssel zur Rendite ist, was sich auch auf die Anlagenplanung und -größe auswirkt. Je kleiner eine Anlage gewählt wird, desto höher ist bei gleichbleibendem Stromverbrauch eines Haushaltes auch der Eigenverbrauchsanteil. Mit der Einbindung einer Wärmepumpe wird sich der Stromverbrauch eines Haushaltes jedoch in der Regel deutlich erhöhen. Eine pauschale Aussage zur Dimensionierung von Photovoltaikanlagen, wenn eine Wärmepumpe vorhanden ist, lässt sich jedoch nicht treffen. Zum einen spielen die Leistung der Wärmepumpe und damit auch ihr Stromverbrauch eine Rolle. Zum anderen muss auch die Wärmespeicherkapazität eines vorhandenen Pufferspeichers berücksichtigt werden. Je größer dieser gewählt wird, desto mehr Wärme kann die Wärmepumpe mit Strom aus der Photovoltaikanlage auf Vorrat erzeugen.

Für die optimale Dimensionierung einer Photovoltaikanlage sollten deshalb der derzeitige und auch der zukünftig erwartete eigene Stromverbrauch bekannt sein. Dies gilt vor allem dann, wenn größere Einzelstromverbraucher wie Wärmepumpe oder Elektrofahrzeuge über die Photovoltaikanlage versorgt werden sollen.

Der Stromertrag einer Photovoltaikanlage wird maximiert, wenn die Module in einem Neigungswinkel von 30 bis 35 Grad in Südausrichtung installiert werden. Die optimale Ausrichtung kann bei Flachdächern auch durch eine Aufständigung der Module erreicht werden. Lässt die Dachausrichtung eine solche Aufständigung nicht zu, können die Module auch beispielsweise in Ost-West-Ausrichtung installiert werden, der optimale Neigungswinkel für maximalen Stromertrag fällt dann mit rund 10 Grad flacher aus. Dadurch verschiebt sich die Stromerzeugung stärker auf die Morgen- und Abendstunden, der Gesamtertrag über das Jahr sinkt jedoch. Soll die Photovoltaikanlage auch eine Wärmepumpe mit versorgen, empfiehlt sich unter Umständen auch die Berücksichtigung der typischen Betriebszeiten einer Wärmepumpe. Während der Heizphase in den Wintermonaten wird der Haushalt deutlich mehr Strom verbrauchen als in den Sommermonaten, gleichzeitig hat die Wärmepumpe mit 50 Prozent und mehr einen hohen Anteil am gesamten Stromverbrauch eines Haushaltes. Hier kann sich im Einzelfall auch eine steilere Ausrichtung der Module lohnen, da dies während der Wintermonate einen höheren Stromertrag verspricht, wenn die Sonne einen niedrigeren Stand als im Sommer hat. Dies bedeutet jedoch im Gegenzug, dass während der Monate mit hoher Sonneneinstrahlung die Erträge niedriger ausfallen, da die Ausrichtung für die Sommermonate nicht ideal gewählt ist.



V. Strom speichern



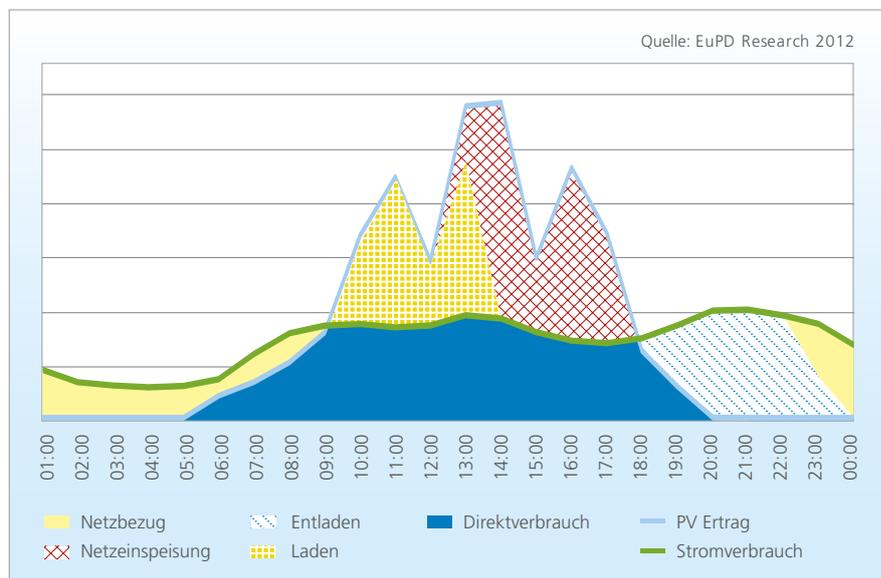


V. Strom speichern

Die Erzeugungskurve einer nach Süden ausgerichteten Photovoltaikanlage folgt in Deutschland einem glockenförmigen Verlauf. Die Stromerzeugung beginnt in den Morgenstunden bei Sonnenaufgang und nimmt, nachdem sie ihr Maximum zur Mittagszeit erreicht hat, zum Abend hin wieder ab. Die typischen Lastprofile weichen bei Wohngebäuden jedoch zum Teil deutlich von dieser Erzeugungskurve ab, wenn die Bewohner tagsüber außer Haus sind. Dies gilt auch für die Einbindung einer Wärmepumpe in das Energiesystem, da hier der Wärmebedarf typischerweise vor allem in den Morgen- und Abendstunden hoch ist.

Erzeugt die Solaranlage temporär mehr Strom als lokal verbraucht werden kann, lässt sich dieser Strom aber für eine spätere Nutzung in Batteriespeichern zwischenspeichern, so dass eine Wärmepumpe oder andere Verbraucher beispielsweise in den Nachtstunden mit dem eigenen Solarstrom betrieben werden können. Dabei treten während des Be- und Entladens durch den Batteriewechselrichter Energieverluste auf. Der typische Wirkungsgrad für Lithium-Speicher liegt zwischen 90 und 95 Prozent.

» Grafik 12: Typische Stromnutzung eines Haushaltes mit Photovoltaikanlage und Speicher





Strom speichern

Strom speichern

Sinkende Preise für Batteriespeicher und eine deutlich niedrigere Einspeisevergütung als noch in den Anfangsjahren des EEG machen diese Lösung für Neuanlagen aber auch als Nachrüstung für Bestandsanlagen zunehmend interessant. Ziel der Batteriespeicher ist es, den Eigenverbrauchsanteil des Solarstroms deutlich zu steigern und damit den Strombezug aus dem Netz mit seinen hohen Kosten zu reduzieren. Während die Einspeisevergütung für Neuanlagen bis 10 kW Anfang 2019 bei rund 11,5 Ct/kWh liegt, können mit jeder selbst verbrauchten Kilowattstunde Strombezugskosten von derzeit rund 30 Ct/kWh vermieden werden.

5.1. Funktionsweise und Kenngrößen

Während in der Anfangsphase der KfW-Förderung für Stromspeicher Blei-Akkumulatoren mit einem Anteil von rund 70 Prozent noch den Großteil der installierten Speicher darstellten, hat sich dieser Trend mittlerweile zu Gunsten von Lithium-Batterien verschoben. So basieren in Deutschland nahezu alle in 2017 installierten Speichersysteme auf Lithium-Ionen-Technologien. Die Gründe dafür sind maßgeblich die sinkenden Preise für Lithium-Batterien sowie der geringere Platzbedarf und die höhere Zyklenzahl, die sich positiv auf die Lebensdauer der Lithium-Batterien auswirkt.

Die verfügbaren Speicher sind oftmals modular aufgebaut, so dass sie sich auch zu einem späteren Zeitpunkt um zusätzliche Speichermodule erweitern lassen, wenn die vorhandene Photovoltaikanlage erweitert wird oder zusätzliche Großverbraucher wie Wärmepumpen oder elektromobile Anwendungen integriert werden sollen. Die Stromspeicher verfügen über ein Energiemanagementsystem, das für die Betriebsführung des Speichers zuständig ist. Die Ladeelektronik löst die Be- und Entladung des Speichers aus und nutzt für die Steuerung dieser Prozesse Informationen wie den Strompreis, die momentane Verbraucherlast im Gebäude oder den aktuellen Ladestand der Batterie. Auch die Präferenzen und Nutzungsgewohnheiten der Bewohner können in entsprechende Steuerungsprofile einfließen. Schnittstellen und Softwarelösungen ermöglichen die Betriebsführung von komplexen Hausenergiesystemen. So können beispielsweise durch die Einbindung von Wetterprognosen auch der erwartete Stromertrag der Photovoltaikanlage und der erwartete Heizwärmebedarf, den die Wärmepumpe bedient, berücksichtigt werden.

Je nach Modell können Batteriespeicher weitere Dienste im häuslichen Energiesystem übernehmen. Dazu zählt beispielsweise die Notstromversorgung im Gebäude, wenn die Versorgung aus dem öffentlichen Stromnetz ausfällt. Dabei ist darauf zu achten, dass das Gerät über eine Notstromfähigkeit verfügt, die sicherstellt, dass die Photovoltaikanlage auch bei einem Netzausfall betrieben werden kann. Ist dies nicht gegeben, lassen sich bei einem Netzausfall trotz ausreichender Sonneneinstrahlung weder Speicher noch Photovoltaikanlage betreiben, da beide mit dem öffentlichen Stromnetz synchronisiert werden. Ist die unterbrechungsfreie Stromversorgung von zentraler Bedeutung für den Einbau eines Speichers, dann sollte hier auf entsprechende Reservekapazitäten der



Batterie geachtet werden, um eine Unterbrechung der Stromversorgung auch über einen längeren Zeitraum überbrücken zu können. Einfache Modelle verfügen lediglich über eine Steckdose, andere Batteriespeicher können die Notstromversorgung auch über die Unterverteilung der Hausinstallation allen Verbrauchern im Hausnetz zur Verfügung stellen.

Auf dem Markt sind mittlerweile mehrere hundert verschiedene Batteriespeichersysteme verfügbar, die sich für die Einbindung in eine Photovoltaikanlage eignen. Unterschiede in der Leistungsfähigkeit, in den Eigenschaften der genutzten Technologien, den Materialien und nicht zuletzt bei den Kosten machen es zunächst schwer, die angebotenen Systeme miteinander zu vergleichen. Ein Überblick über die wichtigsten Kenngrößen und Eigenschaften von Batteriespeichern soll dies erleichtern:

Speicherkapazität & Entladetiefe

Die Hersteller weisen für ihre Batteriespeichersysteme die Speicherkapazität aus. Diese beschreibt, wie viel Kilowattstunden Strom maximal in der Batterie gespeichert werden können. Bei dieser Angabe handelt es sich jedoch um einen theoretischen Wert, der sich bei vielen Batteriespeichern von der tatsächlich zur Verfügung stehenden Nutzkapazität unterscheidet. Diese wiederum wird von dem Verhältnis zwischen Nennkapazität und maximaler Entladetiefe bestimmt. Denn für die meisten Batterietechnologien gelten Grenzen für die Entladetiefe, da bei einer Tiefenentladung die Batterie Schaden nehmen kann. So gilt für Blei-Batterien typischerweise eine Entladetiefe von rund 50 Prozent, während Lithium-Ionen-Akkumulatoren eine Entladetiefe von 70 bis 100 Prozent aufweisen. Für einen Batteriespeicher mit einer ausgewiesenen Kapazität von 7 kWh und einer Entladetiefe von 80 Prozent, sinkt die tatsächlich zur Verfügung stehende Nutzkapazität auf 5,6 kWh.

Zyklenzahl und Lebensdauer

Die Lebensdauer eines Batteriespeichers wird von zwei Faktoren bestimmt, der kalendarischen Alterung und der Zyklenzahl an Be- und Entladevorgängen, auf die das Speichersystem ausgelegt ist. Die Zusammensetzung der Zellchemie, die Temperatur am Speicherstandort und der Ladezustand der Batterie sind die wichtigsten Faktoren, welche die kalendarische Alterung beeinflussen. Die durch die Zyklenzahl begrenzte Lebensdauer wird durch die Betriebsführung des Speichers, also die Be- und Entladevorgänge und die Ladegeschwindigkeit beeinflusst. Die Zyklenzahl, die von den Herstellern für ihre Speicher ausgewiesen wird, sichert jedoch lediglich zu, dass der Speicher bis zur angegebenen Zyklenzahl nicht mehr als 20 Prozent seiner anfänglichen Nutzungskapazität verliert. Der Speicher kann jedoch auch nach Erreichen seiner zyklischen Lebensdauer weiterbetrieben werden, allerdings voraussichtlich mit einer geringeren Speicherkapazität. Wenn eine Solaranlage mit Speicher betrieben werden soll, dann würde dies über eine 20-jährige Betriebszeit für einen Durchschnittshaushalt rund 5.000 vollständige Lade- und Entladezyklen bedeuten. Der Großteil der derzeit angebotenen Lithium-Speicher erfüllt diese Voraussetzungen, einige Modelle weisen auch deutlich höhere Angaben von bis zu 13.000 Zyklen aus.

V.

Strom speichern

Strom speichern

Für einen wirtschaftlichen Betrieb sollte bei der Speicherauswahl darauf geachtet werden, dass ein Batteriespeicher gewählt wird, der hinsichtlich geplanter Betriebsführung und erwarteter Nutzungsdauer der Photovoltaikanlage entspricht. Sowohl bei der kalendarischen als auch hinsichtlich der zyklenbedingten Lebensdauer sind Lithium-Batterien klar im Vorteil gegenüber Blei-Batterien, so dass diese sich als Standard für Batteriespeicher in Photovoltaikanlagen durchgesetzt haben.

Siehe auch: DCTI ‚Top Stromspeicher 2018‘: www.dcti.de/auszeichnungen

5.2. Dimensionierung und Konfiguration

Ohne die Einbindung eines Batteriespeichers kann ein durchschnittlicher Haushalt einen Eigenverbrauchsanteil von rund 30 Prozent erreichen. Dieser lässt sich abhängig von der gewählten Größe des Batteriespeichers steigern. Üblicherweise wird der Speicher so dimensioniert, dass eine Steigerung auf bis zu 60 Prozent erreicht wird. Zwar wäre bei Vorhaltung entsprechender Reservekapazitäten auch ein vollständiger Eigenverbrauch des erzeugten Stroms möglich, dies würde jedoch zu einem unverhältnismäßigen Anstieg der Investitionskosten führen. Aus demselben Grund wird üblicherweise auch keine vollständige Autarkie von Energieversorgungsunternehmen angestrebt, was bei entsprechender Dimensionierung von Modulen, Wechselrichtern und Speichern möglich wäre. Autarkielösungen eignen sich aber für mobile Anwendungen wie Caravanning oder wenn kein Netzanschluss zur Verfügung steht.

Batteriespeicher, die von einer Photovoltaikanlage geladen werden, lassen sich sowohl im Wechselstromkreis als auch im Gleichstromkreis der Anlage einbinden.

Batteriespeicher im Wechselstromkreis

Bei der Einbindung des Speichers in den Wechselstromkreis wird der von den Modulen erzeugte Gleichstrom zunächst durch den Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt und steht anschließend den lokalen Verbrauchern zur Verfügung. Ein Batteriewechselrichter wandelt anschließend den überschüssigen Strom wieder in Gleichstrom um, Voraussetzung für das Speichern in einer Batterie. Durch die doppelte Transformation von Gleichstrom zu Wechselstrom und zurück treten jedoch Wandlungsverluste auf, die höher sind als bei der Einbindung in den Gleichstromkreis. Der Vorteil dieser Lösung ist, dass die Kapazität des Batteriespeichers unabhängig von der Leistung der installierten Photovoltaikanlage und des vorhandenen Wechselrichters gewählt werden kann, so dass sich diese Lösung in erster Linie für die Einbindung von Stromspeichern in Bestandsanlagen anbietet.



Batteriespeicher im Gleichstromkreis

Aufgrund der niedrigeren Kosten und des besseren Wirkungsgrads findet bei Neuanlagen, bei denen ein Batteriespeicher von Anfang an in der Planung berücksichtigt wird, die Einbindung des Speichers in der Regel im Gleichstromkreis statt. Dabei wird bei der Anlagenplanung darauf geachtet, dass Wechselrichter, Speicher und Modulleistung aufeinander abgestimmt sind. Speicher, Laderegler und Wechselrichter werden in ein Gerät integriert. Der Laderegler überwacht die Batterie und steuert Lade- und Entladevorgänge, während der Wechselrichter den nicht für die Batterie benötigten Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt und für Verbraucher im Haus und die Einspeisung ins Stromnetz zur Verfügung stellt. Bei Bestandsanlagen, bei denen der Wechselrichter nicht über die Möglichkeit verfügt, einen Batteriespeicher zu steuern, können Batteriespeicher und eine externe Ladesteuerung auch zwischen den Modulen und dem Wechselrichter verschaltet werden.

V.

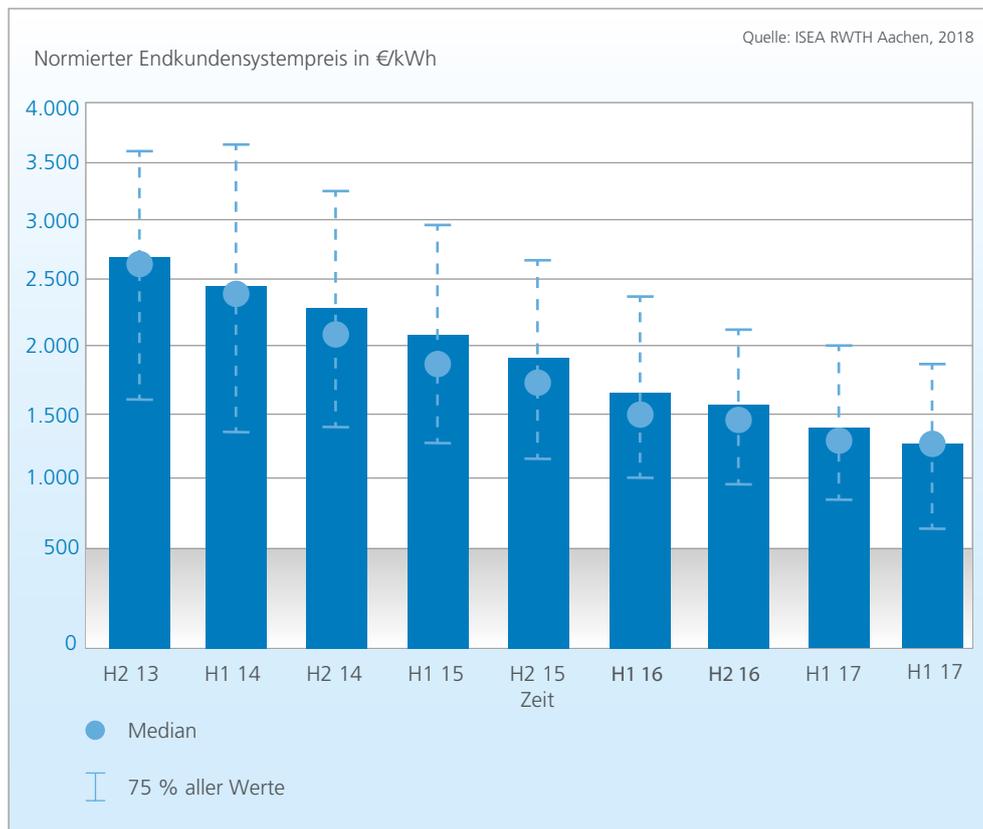
Strom speichern

Strom speichern

5.3. Kosten für Solarstromspeicher

Bei den Preisen für Batteriespeicher bewährt es sich für einen besseren Vergleich, die Systempreise für Speicher auf die tatsächlich nutzbare Batteriekapazität umzulegen.

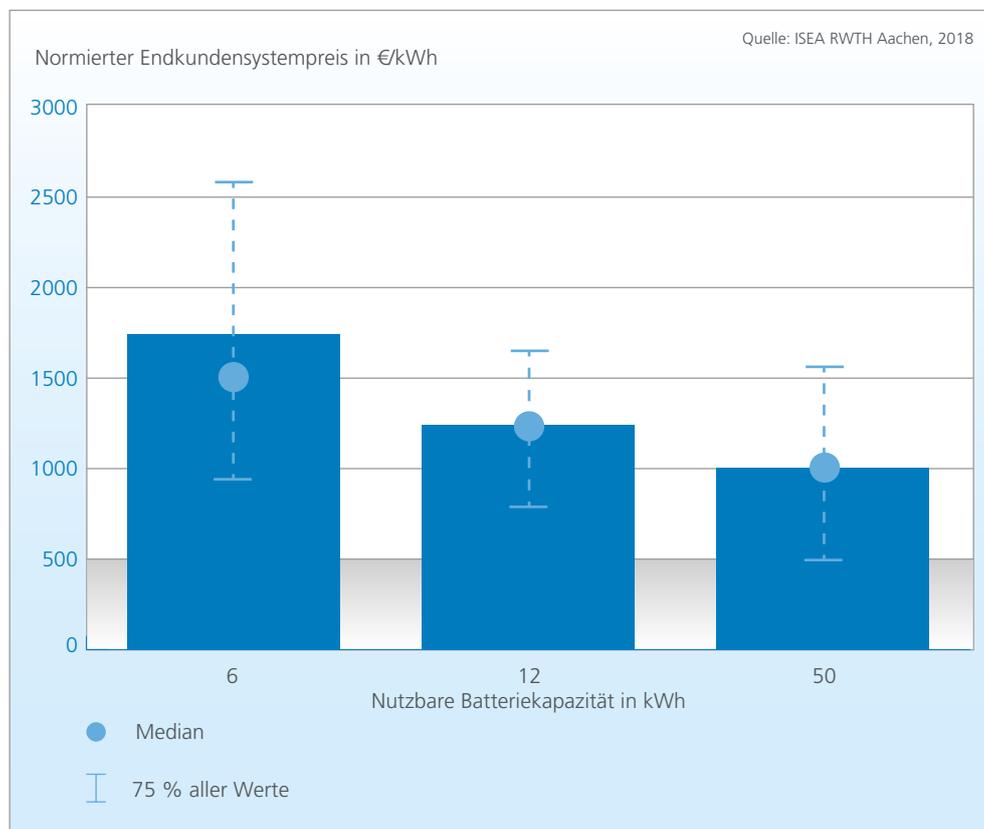
» Grafik 13: Durchschnittliche normierte Endkundensystempreise von Lithium-Ionen-Solarstromspeichern inklusive Leistungselektronik und Mehrwertsteuer



In den letzten fünf Jahren halbierten sich die Endverbraucherpreise von rund 2.600 €/kWh in 2013 auf rund 1.300 €/kWh bis Mitte 2017. Bei diesen Preisen handelt es sich jedoch um Mittelwerte und die Preise für die einzelnen Speichersysteme liegen innerhalb einer relativ großen Preisspanne, die einen Bereich von rund 1.000 €/kWh ober- und unterhalb dieses Mittelwertes abdeckt. Verantwortlich für diese Preisspanne sind unter anderem Unterschiede bei der Zyklenzahl und bei den Funktionen des Speichers, aber auch die Größe des Batteriespeichers spielt eine Rolle. Denn mit zunehmender Batteriekapazität sinken tendenziell auch die Systempreise je Kilowattstunde für die

Endkunden, da Fixkosten für das Energiemanagement und die Leistungselektronik auf größere Kapazitäten umgelegt werden [ISEA RWTH Aachen, 2018, S. 52ff].

» **Grafik 14: Durchschnittliche normierte Endkundensystempreise von Lithium-Ionen-Solarstromspeichern in Abhängigkeit von der nutzbaren Batteriekapazität im Jahr 2017**



Aufgrund der Unterschiede hinsichtlich Nennkapazität und möglicher Entladetiefe sowie bei der Zyklenzahl und damit der Lebensdauer, lassen sich die Preise für verschiedene Stromspeicher auf den ersten Blick nur schwer vergleichen. Ein transparenter Vergleich wird für Kunden aber möglich, wenn nicht die anfänglichen Investitionskosten verglichen werden, sondern die Kosten für jede gespeicherte Kilowattstunde. Dieser Näherungswert lässt sich berechnen, indem die Summe aus Anschaffungs- und Betriebskosten durch den Wirkungsgrad, die Vollzyklenzahl des Speichers, die Entladetiefe und die Nennkapazität geteilt wird. Mit günstigen Batteriespeichern lässt sich derzeit eine Kilowattstunde Strom für rund 10 Ct speichern. Wirtschaftlich ist der Betrieb eines Speichers immer dann, wenn die Summe aus den Kosten für jede einzelne gespeicherte Kilowattstunde und



Strom speichern

Strom speichern

den Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlage niedriger ausfällt als der Strombezugspreis. Kleinere und mittlere Photovoltaikanlagen, wie sie in ihrer Größe für Wohngebäude typisch sind, verursachen bei der Stromproduktion derzeit Kosten von rund 9 bis 12 Ct/kWh. In Bezug gesetzt zu einem Haushaltsstrompreis von rund 30 Ct/kWh, verbleibt damit für die Stromspeicherungskosten noch ein Puffer von rund 18 bis 21 Ct/kWh. Solange diese Kosten nicht überschritten werden, ist der Einsatz eines Batteriespeichers auch wirtschaftlich. Wird für den Betrieb einer Wärmepumpe ein spezieller Heizstromtarif genutzt, für den ein Durchschnittspreis von ca. 21 Ct/kWh angesetzt werden kann, sinkt dieser Puffer auf rund 9 bis 12 Ct/kWh. Aber auch hier ist mit einem günstigen Speicher noch ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Die oben aufgeführten Kostenvergleiche bilden eine Momentaufnahme ab. Zu erwarten ist, dass sich die Strombezugspreise auch in den kommenden Jahren weiter erhöhen werden. Allein seit 2010 liegt die Teuerungsrate für Haushaltsstrom bei etwas mehr als 4 Prozent pro Jahr, so dass sich die Wirtschaftlichkeit von Speichern, die jetzt installiert werden, über den erwarteten Nutzungszeitraum noch verbessern dürfte. Bereits jetzt ist zu beobachten, dass viele Haushalte, deren Lastprofil aufgrund der Nutzung von Elektromobilität oder Wärmepumpen eine Abweichung vom Standardlastprofil eines typischen Haushaltes und einen überdurchschnittlich hohen Stromverbrauch aufweist, in einen Speicher investieren, da sie der Einfluss steigender Strombezugskosten perspektivisch stärker trifft [ISEA RWTH Aachen: 2018, S. 60].

5.4. Die Cloud als Stromspeicher

Solarstrom lässt sich mittlerweile aber nicht nur im eigenen physischen Batteriesystem speichern, sondern kann auch in der Cloud gespeichert und im Zusammenspiel mit der Batteriekapazität und -leistung vermarktet werden. Laut einer Studie des Marktforschungsunternehmens EuPD Research, das verschiedene Cloud- und Community-Lösungen miteinander vergleicht und bewertet, bietet in Deutschland bereits mehr als ein Dutzend Anbieter solche virtuellen Lösungen an. Einige Angebote sind für alle Betreiber von Photovoltaikanlagen und Stromspeichern offen, andere unterliegen der Voraussetzung, dass beispielsweise die Photovoltaikanlage oder der Speicher über den Anbieter bezogen werden muss. Je nach Anbieter decken die Lösungen unterschiedliche Bereiche und Schwerpunkte ab. Dazu zählen in erster Linie die Regelenergievermarktung, das Angebot von Energieversorger-Dienstleistungen, die Vermarktung von regenerativem Strom und die Nutzung virtueller Speicher in Form von Verrechnungsmodellen.

Ein Vorteil der Verrechnungsmodelle ist, dass die zeitliche Entkoppelung zwischen Erzeugung und Verbrauch deutlich umfangreicher ausfallen kann, als dies bei physischen Speichern im Wohngebäude üblich ist, die in der Regel nur einem Ausgleich zwischen Erzeugungs- und Lastkurven über den Tagesverlauf ermöglichen. So ist es bei Cloud-Lösungen auch möglich, während der ertragsstarken Sommermonate ein Stromguthaben anzulegen, das beispielsweise während der Heizperiode für den Betrieb der Wärmepumpe genutzt werden kann. Dabei wird der Strom jedoch nur bilanziell gespeichert, eine physikalische Speicherung findet nicht statt.



Desweiteren schaffen Cloud-Lösungen, je nach Anbieter und dessen Partnern, auch die Voraussetzungen für eine räumliche Entkoppelung von Erzeugung und Verbrauch. Beispielsweise lässt sich der auf dem heimischen Dach erzeugte und auf dem Solarstromkonto gutgeschriebene Strom auch an anderen Orten wieder rechnerisch verbrauchen, wenn beispielsweise ein Elektrofahrzeug unterwegs geladen werden soll.

Während die oben aufgeführten Anwendungsfälle im Kern auf eine Steigerung des Eigenverbrauchsanteils abzielen, lassen sich Stromspeicher auch für die Teilnahme am Markt für Regelernergie nutzen, um dort zusätzliche Erlöse zu erzielen. Die Netzbetreiber müssen in ihren Stromnetzen eine feste Frequenz einhalten, die in Europa auf 50 Hz festgelegt ist. Dafür halten die Netzbetreiber eine Reserveleistung vor, beziehungsweise buchen entsprechende Kapazitäten, um zu jedem Zeitpunkt gewährleisten zu können, dass Stromangebot und -nachfrage aufeinander abgestimmt sind. Zwar erfüllen Batteriespeicher, wie sie in ihrer Größe für Ein- und Mehrfamilienhäuser typisch sind, in der Regel nicht die Anforderungen hinsichtlich der Mindestleistung, können aber in einem Pool zusammengeschlossen am Regelleistungsmarkt teilnehmen. Die Dienstleister, die Schwarmpeicher anbieten, beteiligen im Gegenzug für die Überlassung der Speicherkapazitäten die Besitzer an den Erlösen.

Interessant ist hier vor allem die Bereitstellung von negativer Regelleistung. Denn tritt im Stromnetz ein Überangebot auf, wird der eigene Batteriespeicher kostenlos mit Netzstrom beladen. Dieser steht dem Batteriebetreiber dann zum Verbrauch zur Verfügung. Die negative Regelleistung ist zudem vor allem in den Wintermonaten gefragt, wenn der Ertrag der Photovoltaikanlage niedrig und der Stromverbrauch einer Wärmepumpe hoch ist.

VI. Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen





VI. Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen müssen sowohl die Anschaffungskosten als auch die jährlichen Betriebskosten verglichen werden. Während eine Gasheizung als häufigstes Heizungssystem für Einfamilienhäuser im Mittel etwa 6.000 bis 7.000 € kostet, muss für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Kosten von durchschnittlich 10.000 € gerechnet werden.

Mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizungssysteme wie Gas- oder Ölheizungen unterliegen in ihren Betriebskosten den Schwankungen der globalen Rohstoffmärkte. Insbesondere für Besitzer von Ölheizungen, die zumeist einmal jährlich die Öltanks im Keller füllen lassen, gleicht der Kaufzeitpunkt mittlerweile einer Investition an den Aktienmärkten, die je nach Preisentwicklung teurer oder günstiger ausfallen kann.

Die Betriebskosten einer Wärmepumpe sind im Wesentlichen abhängig von den Stromkosten. Da sich durch die Anschaffung einer Wärmepumpe der jährliche Stromverbrauch eines Durchschnittshaushaltes leicht verdoppeln kann, bieten die Energieversorger spezielle Stromtarife für Betreiber von Wärmepumpen an, die deutlich günstiger als normale Haushaltsstromtarife ausfallen. Zumeist lassen sich mit einem Wärmepumpentarif zwischen 5 und 8 Ct/kWh an Kosten einsparen. Jedoch macht der allgemeine Strompreisanstieg auch vor diesen Spezialtarifen nicht halt, so dass sich diese in allgemeinen Strompreisanstiegen ebenfalls erhöhen.

Einen Weg von dauerhaft konstant günstigen Stromkosten zu profitieren, bietet die Verwendung von selbst erzeugtem Photovoltaik-Strom. Während die Anschaffungskosten für Photovoltaik-Anlagen in den letzten Jahren massiv gesunken sind und sich damit die so genannten Stromgestehungskosten deutlich reduziert haben, sind gleichzeitig die staatlich garantierten Einspeisevergütungen immer weiter gesunken. Dies hat zur Folge, dass sich der Verbrauch von selbst generiertem Photovoltaik-Strom im eigenen Haus anstelle der Einspeisung in das öffentliche Stromnetz am meisten lohnt.

Eine im Jahr 2019 errichtete Photovoltaik-Anlage auf einem Einfamilienhaus kostet inklusive Installation und Mehrwertsteuer etwa 1.550 €/kW. Mit dieser Anlage lässt sich bei einer durchschnittlichen Einstrahlung von 900 kWh/kW Strom zu etwa 11 Ct/kWh generieren. Ein Stromtarif für Wärmepumpen liegt gegenwärtig bei etwa 22 Ct/kWh, normaler Haushaltsstrom kostet mittlerweile 30 Ct. Folglich lassen sich mit dem Photovoltaik-Strom mindestens 50 % der Stromkosten für die Wärmepumpe einsparen.

V. Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Da Photovoltaik-Strom nur am Tage bei Sonnenschein zur Verfügung steht, hat sich in den vergangenen Jahren zunehmend die Kombination aus Photovoltaik-Anlage und Stromspeicher in privaten Haushalten durchgesetzt. Entsprechend kann durch einen Stromspeicher die Wärmepumpe auch in der Nacht mit günstigem Photovoltaik-Strom versorgt werden.

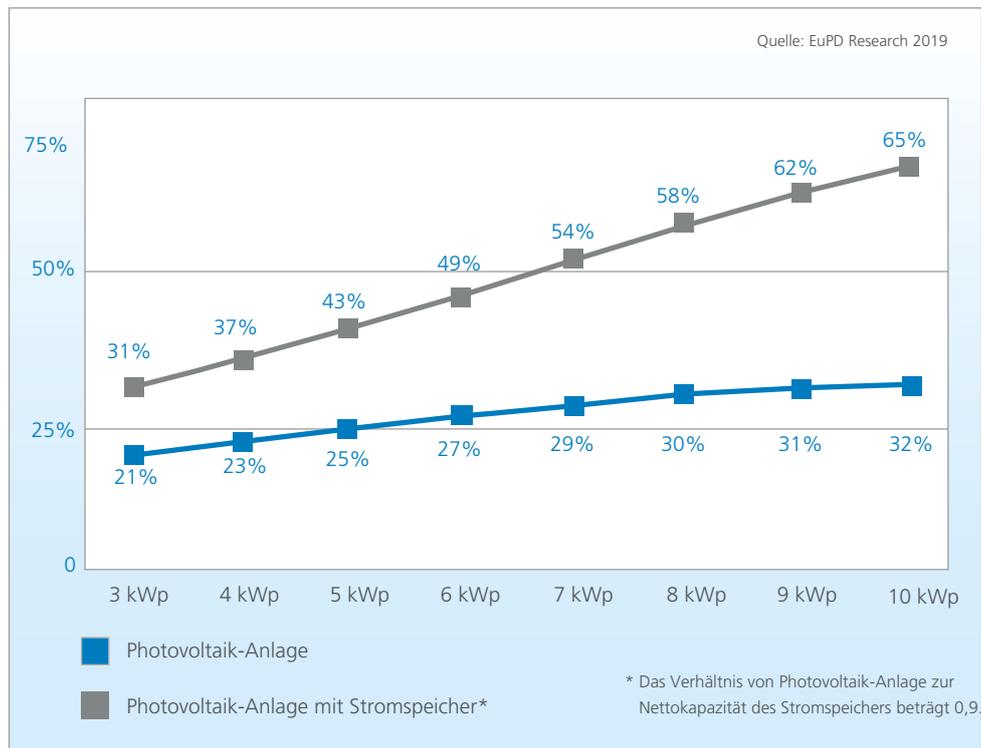
Aus Sicht des Betriebes der Photovoltaik-Anlage stellt die Wärmepumpe einen weiteren Stromverbraucher dar, der somit den Eigenverbrauch und damit die Rentabilität der Photovoltaik-Anlage erhöht. Für den Betrieb der Wärmepumpe verringern sich entsprechend die Stromkosten auf Niveau des Photovoltaik-Stroms.

Beispielrechnung:

Die am häufigsten in Deutschland installierten Luft-/Wasser-Wärmepumpen besitzen einen Durchschnittsverbrauch von etwa 4.000 kWh Strom. Aufgrund der Tatsache, dass der Wärmebedarf im Winterhalbjahr am höchsten ist und gleichzeitig die Solareinstrahlung am stärksten im Sommer ausfällt, erklärt sich, dass sich mittels Photovoltaik-Strom nur ein begrenzter Anteil des Strombedarfes der Wärmepumpe decken lässt. Die nachfolgende Abbildung zeigt bei einem konstanten Strombedarf der Wärmepumpe von 4.000 kWh pro Jahr, dass in Abhängigkeit von der installierten Leistung der Photovoltaik-Anlage bis zu einem Drittel des Verbrauchs mit dem selbst erzeugten Solarstrom gedeckt werden kann. Wird die Photovoltaik-Anlage um einen Stromspeicher erweitert, können sogar bis zu zwei Drittel des Strombedarfes der Wärmepumpe über die Photovoltaik-Anlage bereitgestellt werden.



» Grafik 15: Anteil von Photovoltaikstrom in Wärmepumpenbetrieb in Abhängigkeit der Photovoltaik-Anlagengröße, Jahresverbrauch 4.000 kWh



Unter Berücksichtigung von Wartungs- und Brennstoffkosten müssen für eine durchschnittliche moderne Gasheizung etwa 1.800 € pro Jahr aufgewendet werden. Die Betriebskosten einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe bestehen hingegen lediglich aus den Kosten des Wärmepumpenstroms. Bei Verwendung eines Wärmepumpentarifs von 22 Ct/kWh summieren sich bei 4.000 kWh die Jahreskosten auf 880 €. Wird eine durchschnittliche Photovoltaik-Anlage mit einer installierten Leistung von 7 kW mit zur Deckung des Strombedarfes herangezogen, reduzieren sich die Jahreskosten auf ca. 750 €.

VI. Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Insgesamt wird ersichtlich, dass die Anschaffung einer Wärmepumpe nicht nur ökologisch sondern auch finanziell lohnenswert ist. Die höheren Anschaffungskosten von 3.000 bis 4.000 € gegenüber Gasheizungen haben sich nach 3 bis 4 Jahren amortisiert. Wird eine Photovoltaik-Anlage gegebenenfalls mit Stromspeicher zur Stromerzeugung eingebunden, lassen sich weitere Einsparungen im Betrieb der Wärmepumpe erreichen.





VII. Förderprogramme & finanzielle Aspekte



VII. Förderprogramme & finanzielle Aspekte

7.1. Photovoltaikanlagen

Die Förderung von Photovoltaikanlagen ist in Deutschland durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz geregelt. Ab Februar 2019 tritt zudem das im November 2018 verabschiedete Energiesammelgesetz in Kraft, das stärkere Kürzungen für größere Dachanlagen mit einer Leistung von mehr als 40 kW und bis zu 750 kW vorsieht.

Die Förderung für Photovoltaikanlagen erfolgt nicht in Form eines Investitionskostenzuschusses sondern im Rahmen einer festgelegten Vergütung, die dem Anlagenbetreiber über einen Betriebszeitraum von 20 Jahren für jede eingespeiste Kilowattstunde gezahlt wird. Für Anlagen bis zu einer Leistung von 750 kW gelten dabei feste Vergütungssätze, die von der Bundesnetzagentur veröffentlicht werden und einer Degression unterliegen. Für größere Anlagen wird die Vergütung im Rahmen regelmäßig stattfindender Auktionsverfahren ermittelt.

Für alle Anlagen gilt, dass für diese über 20 Jahre der Vergütungssatz gezahlt wird, der zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme gültig war. Die zukünftige Degression wirkt sich also nicht auf bereits bestehende Anlagen aus. Da die Fördersätze in den vergangenen Jahren stark gesunken sind, hat die Stromeinspeisung jedoch für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage stark an Bedeutung verloren. Die Wirtschaftlichkeit wird zunehmend durch die Höhe des Eigenverbrauchanteils und die dadurch vermiedenen Strombezugskosten bestimmt.

Bei den Fördersätzen des EEG ist zwischen dem Marktprämienmodell, das seit Anfang 2016 für Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW verpflichtend ist, und der festen Einspeisevergütung für kleinere Anlagen bis 100 kW zu unterscheiden. Dabei können sich Betreiber von Anlagen mit einer Leistung von weniger als 100 kW auch freiwillig für das Marktprämienmodell entscheiden.

» Grafik 16: EEG-Vergütung nach fester Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen

Inbetriebnahme	Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48			Sonstige Anlagen bis 100 kWp
	bis 10 kWp	bis 40 kWp	bis 100 kWp	
ab 01.04.2019	11,11 Ct	10,81 Ct	8,50 Ct	7,68 Ct

Quelle: Bundesnetzagentur 2018

VII • Förderprogramme & finanzielle Aspekte

Förderprogramme & finanzielle Aspekte

Beim Marktprämienmodell erfolgt der Stromverkauf über eine Direktvermarktung an der Strombörse. Da die dort erzielbaren Erlöse niedriger ausfallen als bei der Vergütung des eingespeisten Stroms zu festen EEG-Vergütungssätzen, gleicht die Marktprämie diese Differenz aus, damit auch mit der Direktvermarktung ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage möglich ist. Neben der Marktprämie wird den Anlagenbetreibern für jede eingespeiste Kilowattstunde zudem ein Zuschuss von 0,4 Ct gezahlt, der die Kosten für die Direktvermarktung abgelten soll und der bereits in den Vergütungssätzen eingepreist ist.

» Grafik 17: EEG-Vergütung nach Marktprämienmodell für Photovoltaikanlagen

Vergütung je eingespeister Kilowattstunde	Anlagen auf Wohngebäuden, Lärmschutzwänden und Gebäuden nach § 48 Absatz 3 EEG			Sonstige Anlagen bis 750 kW
	bis 10 kW	bis 40 kW	bis 750 kW	
ab 01.01.2019	11,87 Ct	11,55 Ct	10,36 Ct	8,33 Ct
ab 01.02.2019	11,75 Ct	11,43 Ct	9,87 Ct	8,24 Ct
ab 01.03.2019	11,63 Ct	11,32 Ct	9,39 Ct	8,16 Ct
ab 01.04.2019	11,51 Ct	11,21 Ct	8,90 Ct	8,08 Ct

Quelle: Bundesnetzagentur 2019

Einen Sonderfall der Photovoltaikförderung stellt die im Sommer 2017 eingeführte EEG-Mieterstromförderung dar. Diese soll es für Vermieter attraktiver machen, in eine Photovoltaikanlage zu investieren, und auch die Mieter an den Kostenvorteilen der Solarstromversorgung partizipieren lassen. Der Betreiber einer Mieterstromphotovoltaikanlage erhält auf den Erlös aus dem Verkauf des erzeugten Stroms an seine Mieter einen Zuschlag. Dieser wird für Anlagen bis 100 kW gewährt und ist in seiner Höhe von der Größe der Photovoltaikanlage abhängig. Für die Ermittlung der Höhe wird von dem für die Anlage sonst geltenden Vergütungssatz ein pauschaler Betrag von derzeit 8,5 Ct/kWh abgezogen. Dementsprechend sinkt der Zuschlag für Neuanlagen mit fortschreitender Degression der Einspeisevergütung. Für zukünftig errichtete Anlagen mit einer zugesicherten Einspeisevergütung von 8,5 Ct/kWh und weniger, liegt der Zuschlag damit rechnerisch bei null. Der Strompreis, der beim Mieterstrommodell vom Vermieter in Rechnung gestellt werden darf, unterliegt dabei einer Obergrenze und darf einen Betrag von 90 Prozent des vor Ort geltenden Grundversorgungstarifs nicht überschreiten.

Wie sich die Einspeisevergütung in Zukunft entwickeln wird, hängt von der Höhe des Zubaus ab. Das EEG strebt derzeit einen jährlichen Zubau von 2.500 MW installierter Photovoltaikleistung an,

mit dem Inkrafttreten des Energiesammelgesetzes in 2019 wird diese Zielgröße jedoch auf 1.900 MW sinken. Wird dieses Ziel überschritten, unterliegen die Fördersätze einer Degression. Der monatliche Degressionssatz steigt dabei in mehreren Stufen von 1 Prozent (bei einer Überschreitung des Ziels um bis zu 1.000 MW) auf bis zu 2,8 Prozent (bei einer Überschreitung des Ziels um mehr als 5.000 MW). Wird das jährliche Zubauziel nicht erreicht, liegt die Degression bei einer Unterschreitung von mehr als 200 MW bei 0,25 Prozent und bei einer Unterschreitung von mehr als 400 MW bei 0 Prozent.

Die EEG-Förderung von Großanlagen mit mehr als 750 kW erfolgt im Rahmen von regelmäßigen Ausschreibungen in einem Bieterverfahren, bei denen feste Kapazitäten ausgeschrieben werden. Dies soll sicherstellen, dass die Projekte gefördert werden, die am wirtschaftlichsten betrieben werden können.

7.2. Stromspeicher

Das bundesweite Förderprogramm der KfW ist zum Jahreswechsel ausgelaufen, eine Anschlussförderung ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht geplant. Auch die regionalen Förderprogramme in Nordrhein-Westfalen und Brandenburg sind Ende 2018 ausgelaufen.

Je nach Bundesland gibt es jedoch auch 2019 noch regionale Förderprogramme, welche die Anschaffung eines Stromspeichers unterstützen.

Im Freistaat Sachsen bietet die Sächsische Aufbaubank einen Zuschuss für die Anschaffung eines Speichers, wenn dieser über eine Nutzkapazität von mindestens 2 kWh verfügt. Außerdem darf die Netzeinspeisung der Photovoltaikanlage nicht mehr als die Hälfte der Nennleistung der Anlage betragen. Der Zuschuss setzt sich aus einem Sockelbetrag von 1.000 € und einem Leistungsbetrag von 200 € je kWh Nutzkapazität des Speichers zusammen.

In Baden-Württemberg wird zum Februar 2019 die bestehende Förderung für Batteriespeicher angepasst. Dabei fällt der bisher gewährte Bonus für prognosebasierte Batteriemanagementsysteme weg und das Programm wird auch für Landwirte geöffnet. Die Förderung wird nur für neu installierte Photovoltaikanlagen gewährt, die mit einem Batteriespeicher ausgestattet werden. Voraussetzung ist, dass für eine Kilowattstunde nutzbarer Speicherkapazität mindestens eine Photovoltaikleistung von 1,2 kWp installiert wird. Kleinere Anlagen bis zu 30 kWp erhalten eine Förderung von 200 € je kWh nutzbarer Speicherkapazität bis zu einer Obergrenze von 5.000 € oder 30 Prozent der Nettoinvestitionen für den Batteriespeicher. Für größere Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von mehr als 30 kWp beträgt der Zuschuss 300 € je kWh nutzbarer Speicherkapazität bis zu einer Obergrenze von 45.000 € oder ebenfalls 30 Prozent der Nettoinvestition. Ab 1. Februar 2019 wird zudem ein

VII • Förderprogramme & finanzielle Aspekte

Förderprogramme & finanzielle Aspekte

einmaliger Bonus von 400 € für Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 10 bis 14 kWp gezahlt. Durch den Einbau des Speichers muss die Netzeinspeisung für Anlagen mit einer installierten Leistung von weniger als 30 kWp auf höchstens 50 Prozent und für Anlagen mit mehr als 30 kWp auf 60 Prozent begrenzt werden. Insgesamt stellt das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft in Baden-Württemberg in 2019 5 Mio. € für die Speicherförderung zur Verfügung.

7.3. Wärmepumpen

Die direkte finanzielle Förderung für Wärmepumpen erfolgt in Deutschland im Rahmen des BAFA-Marktanreizprogramms zur Förderung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit dem Schwerpunkt im Wärmemarkt sowie der Energiegewinnung aus Geothermie und Biomasse. Insgesamt stehen für die Förderung in 2019 226 Mio. € zur Verfügung, weitere Mittel sollen über den EKF (Energie- und Klimafonds) bereitgestellt werden. Die Förderung können effiziente Wärmepumpen bis zu einer Nennwärmeleistung von 100 kW erhalten. Voraussetzungen sind, dass die Wärmepumpe entweder ausschließlich für die Bereitstellung von Wohnraumwärme oder aber in Kombination mit der Warmwasserzeugung genutzt wird und das bereits vor Beginn des Vorhabens beantragt wird. Für Wohngebäude, welche die Wärmepumpe ausschließlich für die Raumheizung nutzen, kann die Förderung jedoch nur dann gewährt werden, wenn die Warmwasserbereitung zu wesentlichen Teilen durch die Nutzung anderer regenerativer Energien erfolgt. Zudem muss die Wärmepumpe vom BAFA festgelegte Mindestanforderungen erfüllen, um förderfähig zu sein. So gilt für Wohngebäude im Bestand für elektrische Luft-Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von 3,5 als Untergrenze, für alle anderen elektrisch betriebenen Wärmepumpen eine Mindest-Jahresarbeitszahl von 3,8 für die Basisförderung.

Welche Modelle die Fördervoraussetzungen erfüllen, ist in einer Liste der Wärmepumpen mit Prüfnachweis des BAFA einsehbar. Luft/Luft-Wärmepumpen, bei denen die erzeugte Wärme direkt an die Luft übertragen wird, sind von einer Förderung ebenso ausgeschlossen wie reine Brauchwasser-Wärmepumpen.

Auch Neubauten können im Rahmen der sogenannten Innovationsförderung von einer Förderung profitieren. Für diese gilt aber technologieübergreifend eine höhere Mindest-Jahresarbeitszahl von 4,5. Werden bei der energetischen Sanierung im Gebäudebestand die Mindestanforderungen der Innovationsförderung von der Wärmepumpe erreicht, so steigt die Basisförderung um die Hälfte.

Aufgrund der Komplexität der verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten und der zusätzlich verfügbaren Förderangebote auf kommunaler Ebene, empfiehlt es sich, die im Internet frei verfügbaren Fördermittelrechner für Wärmepumpen zu nutzen und sich beim BAFA über die aktuellen Voraussetzungen und Einschränkungen der verschiedenen Zusatzförderungsoptionen zu informieren.



» Grafik 18: Förderung für Wärmepumpen im Gebäudebestand und in Neubauten

Maßnahme	Wärmepumpen (WP) bis 100 kW Nennwärmeleistung	Elektrisch betriebene Luft/Wasser-WP			Elektrisch betriebene Wasser/Wasser-WP oder Sole/Wasser-WP			
		Förderung	Mindestförderbeitrag bei leistungsgeregelten und/oder monovalenten WP	Mindestförderbeitrag bei anderen WP	Förderung	Mindestförderbeitrag bei elektr. Sole-WP mit Erdsondenbohrungen	Mindestförderbeitrag bei anderen WP	
Basisförderung	Gebäudebestand	100 €/kW	1.500 € (bis 37,5 kW)	1.300 € (bis 32,5 kW)	100 €/kW	4.500 € (bis 45,0 kW)	4.000 € (bis 40,0 kW)	
Innovationsförderung	Gebäudebestand	150 €/kW	2.250 € (bis 37,5 kW)	1.950 € (bis 32,5 kW)	150 €/kW	6.750 € (bis 45,0 kW)	6.000 € (bis 40,0 kW)	
	Neubau	100 €/kW	1.500 € (bis 37,5 kW)	1.300 € (bis 32,5 kW)	100 €/kW	4.500 € (bis 45,0 kW)	4.000 € (bis 40,0 kW)	
Zusatzförderung	Lastmanagementbonus			500 €				
	Kombinationsbonus	Solarkollektoranlage / Biomasseanlage			500 €			
		PVT-Kollektoren			500 €			
		Wärmenetz			500 €			
	Gebäudeeffizienzbonus			zusätzlich 0,5 x Basis- oder Innovationsförderung				
Optimierungsmaßnahme			„mit Errichtung: 10 % der Nettoinvestitionskosten nachträglich (nach 3-7 Jahren): 100 bis max. 200 € nachträglich (nach 1 Jahr): bis 250 € „					

Quelle: BAFA 2019

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) unterstützt mit verschiedenen Förderprogrammen die energetische Sanierung von Bestandsimmobilien und energieeffiziente Neubaumaßnahmen. Neben Investitionszuschüssen für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder für einzelne energetische Sanierungsmaßnahmen bietet die KfW auch vergünstigte Kredite für die Finanzierung energetischer Sanierungsmaßnahmen an. Somit werden neben der Wärmepumpe selbst auch Maßnahmen unterstützt, welche die Wärmeverluste der Gebäudehülle reduzieren und damit die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb von Wärmepumpen verbessern.

VIII. Umweltaspekte





VIII. Umweltaspekte

Lebensdauer

Die Lebensdauer von Wärmepumpen entspricht der einer konventionellen Öl- oder Gasheizung. In der Regel liegt diese zwischen 15 und 20 Jahren. Das Einhalten von jährlichen beziehungsweise zweijährlichen Wartungsintervallen, bei denen die Einstellungen kontrolliert und die Flächen der Wärmetauscher gereinigt werden, kann die Lebenserwartung verlängern. Auslegung und Einstellung der Wärmepumpe sollten gewährleisten, dass der Verdichter möglichst kontinuierlich läuft und häufiges Takten vermieden wird, da die Wärmepumpe dadurch weniger beansprucht wird. Begünstigt wird dies auch durch die Nutzung der Inverter-Technologie. Die Kollektoren und Sonden haben mit rund 40 bis 50 Jahren eine noch höhere Lebensdauer.

Photovoltaikanlagen werden von den Herstellern auf eine Lebensdauer von 20 Jahren ausgelegt, was auch dem Zeitrahmen der EEG-Förderung entspricht. Die Anlagen können jedoch auch über diesen Zeitraum hinaus betrieben werden, wengleich die Module einer natürlichen Degradation unterliegen und die Leistungsfähigkeit abnimmt. So ist durchaus eine Lebensdauer von 25 bis 35 Jahren möglich.

Bei den Batteriespeichern haben sich die Lithium-Speicher durchgesetzt, die typischerweise deutlich mehr Voll-Ladezyklen leisten können als Blei-Batterien, bevor die Leistungsfähigkeit der Batterien abnimmt. Selbst wenn täglich ein vollständiger Ladezyklus durchgeführt wird, fallen dabei über einen Zeitraum von 20 Jahren rund 7.000 Zyklen an. In der Praxis dürfte die Zahl der jährlichen Voll-Ladezyklen jedoch deutlich niedriger ausfallen, so dass der Großteil der angebotenen Speicher eine Lebensdauer von rund 20 Jahren erreichen dürfte, die damit auch dem Zeithorizont der Photovoltaikanlage entspricht.

Energetische Amortisation und Einsparungen

Bei den Wärmepumpen bestimmen drei Faktoren die Umweltbilanz und die Einsparung von fossilen Ressourcen. Je höher die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ist, desto höher ist auch der Anteil der Umweltwärme und desto geringer die Strommenge, die für die Bereitstellung der Heizleistung benötigt wird. Da die Umweltwärme CO₂-neutral zur Verfügung steht, bestimmt der Strommix und der darin enthaltene Ökostromanteil die Ökobilanz der Wärmepumpe maßgeblich. Im ersten Halbjahr 2018 lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der deutschen Nettostromerzeugung, also dem Strommix, der tatsächlich an der Steckdose der Haushalte ankommt, bei rund 41 Prozent [Fraunhofer ISE: 2018. S. 5]. Nahezu CO₂-neutral wird die Wärmebereitstellung mit Hilfe von Wärmepumpen aber erst, wenn beim Stromanbieter ein Ökostrom-Tarif genutzt wird oder die Stromversorgung mit Hilfe einer Photovoltaikanlage erfolgt.

VIII • Umweltaspekte

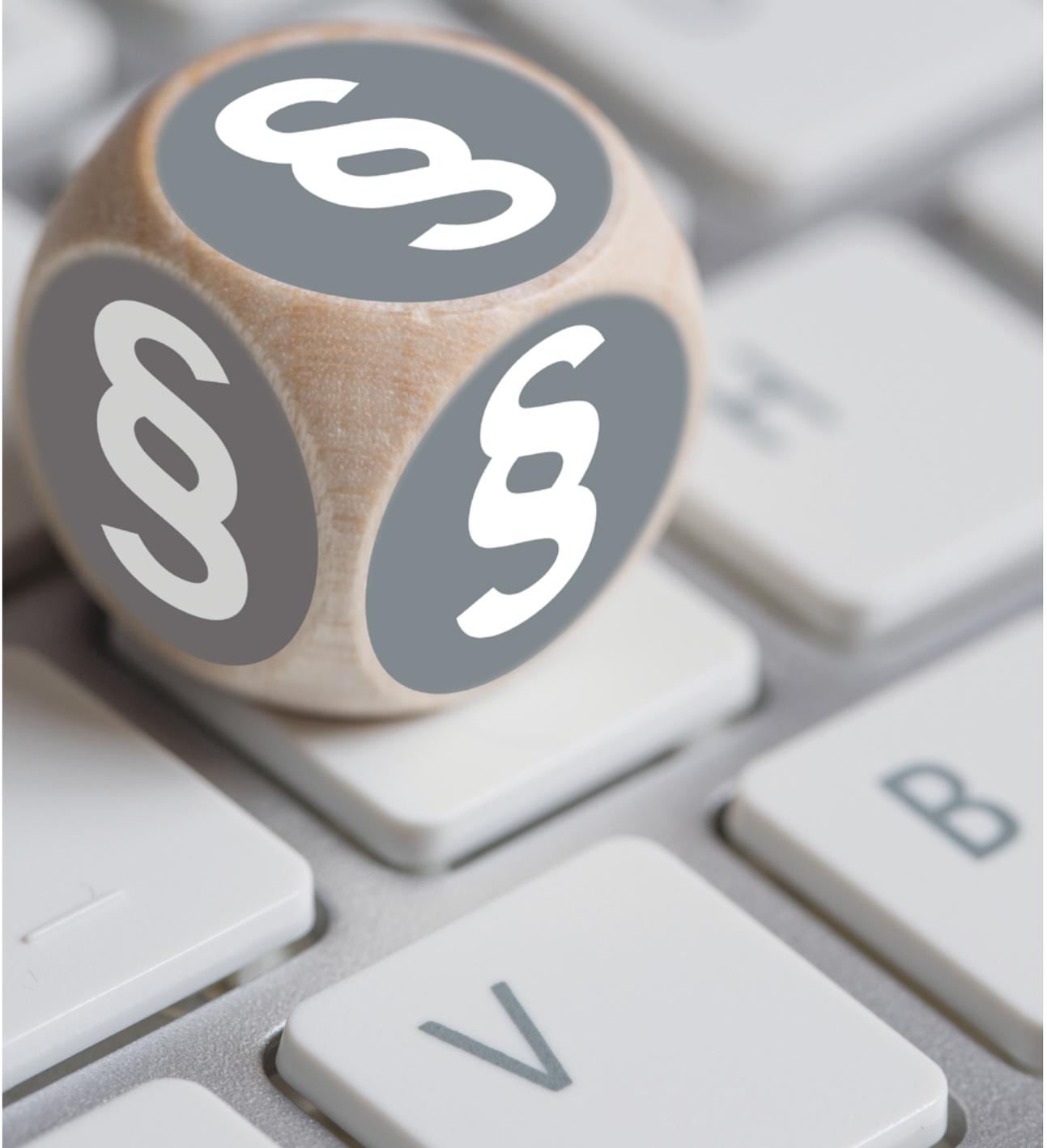
Umweltaspekte

Ist das Wohngebäude mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet, erzeugt diese während ihrer Lebenszeit klimaneutralen Strom. Lediglich während der Herstellung der Komponenten fällt ein Energiebedarf an. Die energetische Amortisationszeit beträgt für die gesamte Anlage rund zwei bis fünf Jahre. Nimmt man eine Lebensdauer von 25 Jahren an, so erzeugt eine Photovoltaikanlage rund fünfmal mehr Energie als für die Herstellung der Komponenten benötigt wurde. Einige Hersteller setzen bereits bei der Herstellung auf erneuerbare Energiequellen, um die Umweltbilanz im Produktionsprozess zu verbessern.

Laut Schätzungen des Umweltbundesamtes für den deutschen Strommix lag 2017 der Ausstoß für jede Kilowattstunde Strom bei durchschnittlich 489 Gramm CO₂ [Umweltbundesamt: 2018, S. 10]. Eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 10 kWp spart damit im Verlauf von 20 Jahren rund 90 t CO₂ ein. Davon abgezogen werden müssen die Emissionen, die während der Produktion der Anlage anfallen. Auch wenn sich die genaue Höhe bei den Herstellungsverfahren unterscheidet, können hier als Richtwert 2 t/kWp angenommen werden. Das bedeutet für die oben aufgeführte Beispielanlage Gesamtemissionen von rund 20 t. Bereinigt liegen die Einsparungen über 20 Jahre damit bei rund 70 t.



IX. Rechtliche Rahmenbedingungen





IX. Rechtliche Rahmenbedingungen

Der Gesetzgeber treibt die Energiewende und die Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks im Wohnsegment durch mehrere Verordnungen und Gesetze voran. Im Wohnungsbestand erfolgen die energetische Sanierung und der Austausch von älteren Heizungsanlagen weitestgehend auf freiwilliger Basis der Eigentümer. Förderrichtlinien wie das Marktanzreizprogramm setzen dabei finanzielle Anreize, um Investitionsentscheidungen auszulösen.

Bei den Neubauvorhaben hat der Gesetzgeber Mindeststandards und Vorgaben etabliert, um bis 2050 das bundespolitische Ziel eines weitestgehend klimaneutralen Gebäudebestandes zu erreichen und die Gebäuderichtlinie der Europäischen Union einzuhalten. Diese schreibt unter anderem vor, dass ab 2021 alle privaten Neubauten als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden müssen, wobei die diesbezügliche Definition erst durch die nationale Gesetzgebung und Umsetzung konkretisiert wird. Derzeit werden die aktuell gültigen Regelungen der Energieeinsparverordnung (EnEV), des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) und des Energieeinspargesetzes (EnEG) überarbeitet und sollen noch im ersten Halbjahr 2019 im Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude, dem sogenannten Gebäudeenergiegesetz (GEG), zusammengeführt werden. Der aktuelle Arbeitsentwurf sieht dabei keine verschärften Anforderungen vor. Geplant ist aber, dass der von einer Photovoltaikanlage lokal erzeugte Strom als Nachweis für den festgelegten Anteil erneuerbarer Energien an der Gebäudeenergiebilanz angerechnet wird. Der Eigenverbrauchsanteil und die Einbindung elektrischer Speicher sollen zudem berücksichtigt werden.

Im Bereich der Photovoltaik erfolgt die Regulierung und Förderung über das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das seit Inkrafttreten zahlreiche Novellen durchlaufen hat, um an die veränderten Marktbedingungen angepasst zu werden. Aktuell steht mit dem sogenannten Energiesammelgesetz (EnSaG) eine weitere Anpassung der Förderung an, die 2019 in Kraft treten wird. Betroffen sind davon in erster Linie jedoch größere Anlagen mit einer Leistung von 40 kW und mehr und damit in einer Größenordnung, die im Bereich kleinerer Aufdachanlagen nicht erreicht wird.



X. Verzeichnisse



BMJV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz), „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ (ENEV), in: www.gesetze-im-internet.de, 2007 (zuletzt geändert: 24.10.2015).

BMJV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz), „Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz - EEWärmeG)“, in: www.gesetze-im-internet.de, 2008 (zuletzt geändert: 20.10.2015).

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), „Grundwasser in Deutschland“, Berlin, 2008.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), „Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)“, Berlin, 1998 (zuletzt geändert: 01.06.2017),

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie), „Gesetzesentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes, des Energiewirtschaftsgesetzes und weiterer energierechtlicher Vorschriften“, Berlin, 11/2018.

BSW Solar (Bundesverband Solarwirtschaft e.V.), „Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik)“, Berlin, 04/2018.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Monitoringbericht 2018“, Bonn, 2018.

BWP (Bundesverband Wärmepumpe e.V.), „Branchenprognose 2018 zum Wärmepumpenmarkt“, in: www.waermepumpe.de, 12/2018.

C.A.R.M.E.N. e.V. (Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk), „Marktübersicht Batteriespeicher“, Straubing, 2018.

Energieagentur NRW, „Leitfaden Wärmepumpe. Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik“, Düsseldorf, 2015.

Europäische Union, „Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)“, in: Amtsblatt der Europäischen Union, 06/2010.

Fraunhofer ISE (Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme), „Stromerzeugung in Deutschland im ersten Halbjahr 2018“, Freiburg, 2018.

ISEA RWTH Aachen (Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe der RWTH Aachen), „Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2018“, Aachen, 2018.

IWES (Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik), „Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor“, Kassel, 2017.

LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie), „Grundwasserwärmepumpen. Merkblatt zum Bau und Betrieb“, Dresden, 2015.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (Baden-Württemberg), „Förderprogramm Netzdienliche Photovoltaik-Batteriespeicher. Neue Förderbedingungen ab 1. Februar 2019“, in: www.um.baden-wuerttemberg.de, 12/2018.

Statistisches Bundesamt, „Energieverbrauch privater Haushalte für Wohnen steigt weiter“, in: www.destatis.de, Wiesbaden, 03/2018.

Umweltbundesamt, „Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2017“, Dessau-Roßlau, 2018.

X. Verzeichnisse

Verzeichnisse

Bildverzeichnis

Solardächer 6 © danielschoenen / Fotolia.com	Links Cover
Composition with alkaline batteries © monticellllo / Fotolia.com	Mitte Cover
Technician servicing heating boiler © Alexander Raths / Fotolia.com	Rechts Cover
céu © Luiz / Fotolia.com	S. 6
Sun on female hand © photopixel - stock.adobe.com	S. 8
Wärmebildkamera © Christian Maurer / Fotolia.com	S. 12
Technician servicing heating boiler © Alexander Raths / Fotolia.com	S. 16
Wohnhaus mit Solarzellen © haitaucher39 / Fotolia.com	S. 42
Composition with alkaline batteries. © monticellllo / Fotolia.com	S. 52
Financial analysis © Minerva Studio / Fotolia.com	S. 62
Hand counting money © Joachim Wendler / Fotolia.com	S. 68
Grüne Wiese in den Bergen © Thomas Zagler / Fotolia.com	S. 74
Würfel mit Paragraph Symbolen auf einer Tastatur © fotogestoeber / Fotolia.com	S.78



XI. Anbieter entdecken



86



88



90



92



94



Maximale Unabhängigkeit in Strom, Wärme und Mobilität



E3/DC GmbH
Karlstraße 5 • 49074 Osnabrück • www.e3dc.com • info@e3dc.com • (+49) 541 760268 0



E3/DC

Das Hauskraftwerk für ein Leben ohne Energiekosten

Die unabhängige Energieversorgung beginnt damit, Solarstrom vom eigenen Dach im Haushalt effizient einzusetzen. Doch erst mit der Integration der Wärmeerzeugung und der E-Mobilität erreichen private Haushalte und Gewerbebetriebe echte Autarkie. Bei der Entwicklung des Hauskraftwerks, der patentierten All In One-Speicherlösung, hat E3/DC vorausgedacht und ein ganzheitliches Steuerungssystem entwickelt, das den Standard für effiziente Sektorenkopplung setzt. Das neue Hauskraftwerk S10 E PRO führt diese Entwicklung konsequent weiter: Mit im Heimspeichermarkt einzigartigen Leistungswerten wird es zur Energie- und Schaltzentrale für eine umfassende solar-elektrische Eigenversorgung ohne Energiekosten.

Mehr Leistung schafft mehr Unabhängigkeit

Das Zeitalter der fossilen Brennstoffe lässt sich in Wohngebäuden schon heute beenden: Denn die Wärmepumpe und das Elektroauto bieten exzellente Möglichkeiten, mit dem eigenen Solarstrom auch Erdgas, Heizöl und Benzin zu ersetzen. Damit fallen nicht nur die Emissionen weg, sondern auch die immer weiter steigenden Kosten. Mit dem Hauskraftwerk S10 E PRO überträgt E3/DC die funktionalen Prinzipien seiner bewährten All In One-Speicherlösung in die Wärmeversorgung und die E-Mobilität. Das S10 E PRO mit einer maximalen Ladeleistung von 12 kW ist für Kunden entwickelt worden, die eine große Wärmepumpe und ihr Elektroauto nicht nur zeitgleich direkt mit Solarstrom, sondern auch über den Stromspeicher bedienen wollen. Hohe Speicherkapazität und Ladeleistung schaffen die Voraussetzung für maximale Autarkie: Denn gerade in Übergangszeiten wird der Wärmepumpenbetrieb unabhängiger vom externen Strombezug. Und das Elektroauto tankt auch nach Sonnenuntergang noch Energie für den kommenden Tag. Mit dem S10 E PRO richtet E3/DC die Systemtechnik also auf eine vollständig elektrische Versorgung von Wohnhäusern und auf Energiekostenfreiheit aus. Mit der passenden PV-Leistung auf dem Dach sind Jahresautarkiewerte von 85 % in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität realistisch. Und von den Energiekosten werden E3/DC-Kunden ganz und gar unabhängig, weil die Einspeisung der solaren Überschüsse deutlich mehr einbringt als der Bezug des Reststroms kostet.

Starke Marke, zufriedene Kunden

E3/DC hat im November 2018 zum zweiten Mal in Folge die Auszeichnung „Marke des Jahrhunderts“ erhalten. Damit würdigt die renommierte Publikation „Deutsche Standards“ mit ihrem Herausgeber Florian Langenscheidt E3/DC als eine Marke, die mit dem Hauskraftwerk beispielhaft für ihre Produktgattung steht. Zur erfolgreichen Markenentwicklung gehört auch die Kundenzufriedenheit: E3/DC verfügt über ein Netzwerk von über 1.000 zertifizierten Installateuren in allen Regionen Deutschlands. Auf dieser Basis erreichte das Unternehmen 2018 in einer von EuPD Research unabhängig durchgeführten Kundenzufriedenheitsstudie zum dritten Mal in Folge die Note 1,6 bei Privatkunden. E3/DC wurde von EuPD Research zudem für 2019 in Deutschland erneut als „Top Brand PV Speicher“ ausgezeichnet.

Weitere Informationen: www.e3dc.com



Hausheizung in Perfektion

NIBE F2120 | LUFT/WASSER WÄRMEPUMPE

Diese Luft/Wasser-Wärmepumpe erreicht Leistungszahlen die bisher nur mit Erdwärmepumpen möglich waren – auch wenn es draußen so richtig kalt ist oder während der Warmwasserbereitung.

- Flexibel heizen und kühlen mit einem System
- Für Neubau, Modernisierung und Heizungstausch
- Innovative Inverter-Technologie für leistungsvariablen Betrieb
- Leistungsstark mit Ladetemperatur bis zu 63 °C bei draußen –25 °C
- Einfach erweiterbar mit Wohnraumlüftung
- Effizienz mit SCOP-Werten über 5,0*
- Förderfähig gemäß BAfA
- Flüsterleiser Betrieb

*NIBE F2120-16, -20 mit SCOP 5,1. NIBE F2120-8, -12 mit SCOP 4,8. Angaben gem. EN 14825 bei 35 °C für drehzahlvariable Wärmepumpen, mittleres Klima.

IT'S IN OUR NATURE

NIBE.DE

NIBE

GESUNDES WOHLFÜHLKLIMA

NIBE Wärmepumpen- und Lüftungssysteme sind immer erste Wahl, wenn es darum geht, hohe Ansprüche und Komfort in Wohngebäuden unkompliziert und ohne großen Aufwand zu verwirklichen. Sie nutzen kostenlose Sonnenenergie aus dem Erdreich, der Abluft oder der Außenluft.

Die leistungsvariablen NIBE Wärmepumpen liefern Ihnen zuverlässig nicht mehr und nicht weniger als das, was Sie gerade wünschen. Dadurch arbeiten die Systeme besonders energieeffizient. In Verbindung mit geringen Vorlauftemperaturen im Haus ergeben sich daraus sehr gute Arbeitszahlen und eine besonders hohe Effizienz. Aufgrund ihrer leistungsgeregelten Inverter-Technologie und der ebenfalls drehzahlvariablen Heizkreis- und Wärmequellenpumpen sind diese Systeme auch besonders für die Kombination mit Photovoltaik-Anlagen geeignet.

Wohlbefinden durch Heizung, Warmwasser und Wohnungslüftung

Als einer der führenden Hersteller von Wärmepumpen und Lüftungsprodukten in Europa liefert NIBE Wärmepumpensysteme, in denen auf Wunsch neben der energieeffizienten Heizung und Brauchwasserbereitung auch die Wohnraumlüftung immer Bestandteil ist – für ein gesundes Raumklima, hohen Wohnkomfort und bestes Wohlbefinden. Durch die Wärmerückgewinnung der kombinierten Lüftung bleibt darüber hinaus ein Großteil der bereits einmal erzeugten Wärmeenergie im Haus erhalten.

Kühlung für den optimalen Wohnkomfort

Mit zunehmendem Komfortbewusstsein steigt das Bedürfnis nach Klimatisierung stetig an. So sind beispielsweise PKW heutzutage ganz selbstverständlich mit einer Klimaanlage ausgestattet. Die positiven Erfahrungen hieraus übertragen sich zunehmend auch auf den privaten Gebäudebereich. NIBE Wärmepumpen machen's einfach möglich, denn die Erdwärme- und Außenluftwärmepumpen erlauben es, dass das Heizsystem im Sommer ebenfalls zur Kühlung genutzt werden kann. Für nahezu jedes NIBE Wärmepumpensystem stehen unterschiedliche Kühlmöglichkeiten zur Verfügung – zum Teil ist diese Funktion sogar bereits im Standard integriert.

Eine einfache Regelung für alles

Einzigartig einfach ist die Bedienung über den NIBE Komfortregler. Über ihn werden nicht nur alle Funktionen der Wärmepumpe geregelt und überwacht, sondern auch die Funktionen der Lüftungsgeräte oder der Kühlfunktion (wenn im System vorhanden). Das internetgestützte Webtool NIBE Uplink bietet dabei die Möglichkeit, von jedem Ort und zu jeder Zeit Systeminformationen abzurufen und Einstellungen vorzunehmen. Diese Funktion ist bereits in allen Wärmepumpen mit der NIBE Komfortregelung enthalten.



Die Welt: immer komplizierter. **Die Sonne: immer einfacher nutzbar.**

Eins ist sicher: Jeden Morgen geht die Sonne auf. Deshalb ist es sinnvoll, die Kraft der Sonne zur kostenlosen und umweltfreundlichen Energiegewinnung zu nutzen. Richtig clever wird es, wenn Ihre Kunden Sonnenenergie nicht nur in Strom umwandeln, sondern damit auch noch das Haus heizen. Dafür braucht es ein ganzheitliches Konzept mit ineinandergreifenden Lösungen.

Mit Sonepar an Ihrer Seite können Sie Ihre Kunden umfassend beraten und mühelos auf ein breites Sortiment passender Technologien führender Markenhersteller zugreifen. www.sonepar.de

Mit Ideen. Mit Leidenschaft. Mit Ihnen.





sonepar
deutschland

SONEPAR

Unendlich viele Möglichkeiten.
Immer ein Berater für Sie im Einsatz.

Für ein ganzheitliches Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien müssen viele Komponenten ineinandergreifen. Wir sorgen für Klarheit bei Planung, Beschaffung und Installation.

Wir sind Elektrogroßhändler und fokussieren uns auf die individuellen Bedürfnisse unserer Kunden aus Handwerk und Industrie. Unsere Mitarbeiter kennen den Markt. Sie wissen, welche Produkte und Lösungen zusammen funktionieren und stehen unseren Kunden bei den vielen unterschiedlichen Systemen mit Rat und Tat zur Seite. Aus 100.000 Lagerartikeln stellen wir die Lösung zusammen, die exakt zu den Bedürfnissen unserer professionellen Anwender passt.

Top-Service

Wir sind der kompetente Ansprechpartner in Sachen Produktauswahl, Planung und Weiterbildung. Eine unserer wichtigsten Aufgaben dabei: zuhören. Denn nur so können wir unsere Kunden mit einem Top-Service optimal beraten und effektiv unterstützen. Bei Sonepar erreichen unsere Kunden jederzeit einen Experten, der ihre Fragen umfassend beantwortet und Wünsche realisiert. Immer individuell und maßgeschneidert für Ihre Branche – egal, ob Elektrohandwerk, Anlagenbau, Hotellerie, Chemie-, Automotive- oder Lebensmittelindustrie. So profitieren Kunden von unserer jahrzehntelangen Erfahrung und vor allem von durchdachten Ideen, mit denen sie ihre Ziele schnell und wirtschaftlich erreichen.

Lösungen für morgen

Wir behalten die Zukunft für unsere Kunden im Blick. Als innovativer Partner sorgen wir dafür, dass sie bei Themen wie erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Smarthome ganz vorne mit dabei sind. Zum Beispiel mit einem schlüssigen Energiekonzept aus Photovoltaikanlage, Speicher, Wärmepumpe und Peripherie.

Unendlich viele Möglichkeiten. Immer ein Berater für Sie im Einsatz.

Elektrohandwerk und Industrie finden ihren
Sonepar-Ansprechpartner in ihrer Nähe unter
www.sonepar.de/vorort





Wärme



Lüftung



Neue Energien

Heute modernisiert man mit Green iQ. Mit modernen Heizsystemen von Vaillant.



Vernetzt und umweltbewusst in eine grüne Zukunft.

Wir leben in einer Zeit, in der Nachhaltigkeit und Effizienz eine immer größere Rolle spielen. Mit Green iQ von Vaillant haben wir



deshalb Heizsysteme entwickelt, die Emissionen und Kosten senken. Von der Energieerzeugung bis zur Energieeffizienz managen wir eine neue Qualität der Systemkompetenz ohne auf Komfort verzichten zu müssen.

Mehr zu Vaillant Systemen erfahren Sie unter www.vaillant.de



Komfort für mein Zuhause

UNABHÄNGIGKEIT MACHBAR

Photovoltaik + Batteriespeicher + Wärmepumpe = Unabhängigkeit

Die Preissteigerungen bei Strom in den letzten Jahren können sich „sehen lassen“. Um 106 % ist der durchschnittliche Strompreis für Privathaushalte seit der Jahrtausendwende gestiegen. Und dieser Trend wird sich fortsetzen.

Hauseigentümer können sich jedoch weitgehend unabhängig machen, indem sie den Strom mit einer Photovoltaik-Anlage selber erzeugen. Die dafür erforderlichen Module haben eine ganz andere Preisentwicklung genommen: Lag der Preis für 1 kWp (Kilowatt-Peak) Anfang 2006 noch bei rund 5.000 Euro, so müssen Verbraucher heute dafür nur noch ca. 1.650 Euro pro kWp inklusive Montage ausgeben. Seit 2013 ist der selbst erzeugte Photovoltaik-Strom sogar günstiger als der vom Versorger eingekaufte Strom.

Das heißt wiederum: Möglichst viel des selbst erzeugten Stroms sollte auch selber verbraucht werden. Doch das ist in der Regel nur zu einem Drittel möglich. Der Löwenanteil wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Ganz anders sieht es jedoch aus, wenn der selbst erzeugte Strom zu Hause gespeichert werden kann. Ist die Stromproduktion größer als der Verbrauch im Haus, wird dieser einfach zwischengelagert und dann verbraucht, wenn die Sonne keine Energie mehr liefert. Dann sind Eigenverbrauchsquoten von mehr als 70 % möglich.

Mit der Kombination aus auroPOWER Photovoltaik-Modulen und dem eloPACK Batteriespeicher von Vaillant setzen Hauseigentümer gleichzeitig auf Erfahrung und Innovation. Besonders wichtig: Der Batteriespeicher besitzt ein intelligentes Lademanagement und entscheidet selbst, wann welche Beladung und Entladung auf der Grundlage des typischen Verbrauchs im Haus sinnvoll ist. Durch den Abruf von Wetterprognosen plant er zudem den voraussichtlichen Ertrag. Doch auch in puncto Sicherheit bietet der Vaillant eloPACK mit Batteriezellen aus Lithium-Eisen-Phosphat beste Bedingungen. Hierdurch ist der Speicher absolut eigensicher und mit rund 20 Jahren Standzeit extrem langlebig. Besonders positiv: Der Speicher ist in 2 kWh-Schritten von 2 bis 12 kWh flexibel erweiterbar.

Wer sich dann auch wärmetechnisch vom Markt abkoppeln will, betreibt eine moderne Vaillant Wärmepumpe aus den aroTHERM oder flexoTHERM Serien und geht damit einen großen Schritt Richtung Unabhängigkeit. Photovoltaik, Batteriespeicher und Wärmepumpe – immer mehr Haus- und Wohnungseigentümer setzen auf die wirtschaftliche Eigenversorgung und ein Stück weit Unabhängigkeit. Vaillant bietet dafür alles aus einer Hand – und damit die Garantie für eine hoch effiziente Anlage, die perfekt zusammenarbeitet.

Vaillant bietet seinen Kunden mit mehr als 140 Jahren Erfahrung weltweit umweltschonende und energiesparende Heiz- und Lüftungssysteme, die verstärkt erneuerbare Energien nutzen. Das Produktportfolio umfasst Solarthermie- und Photovoltaik-Anlagen, Wärmepumpen, Lüftungsgeräte für Niedrigenergiehäuser und hocheffiziente Heizsysteme auf Basis fossiler Energieträger sowie intelligente Regelungen.

VARTA Energiespeicher

Werden Sie jetzt Ihr eigener Energielieferant!

Die Ansprüche an Energiespeichersysteme mögen je nach Gebäudetyp unterschiedlich sein, doch der Wunsch nach Zuverlässigkeit und Sicherheit gilt für jede technische Lösung.

PULSE 3 UND 6



- ▶ 3,3 / 6,5 kWh
- ▶ Kompakt und handlich
- ▶ Komplettsystem inklusive Wechselrichter
- ▶ Installiert in 30 Minuten

ELEMENT 6, 9, 12



- ▶ 6,5 / 9,8 / 13,0 kWh
- ▶ Erweiterbar
- ▶ Komplettsystem inklusive Wechselrichter
- ▶ Installiert in 60 Minuten

130 Jahre Batterie-Expertise in Ihrem Energiespeicher.

www.varta-storage.com

VARTA STORAGE VERBINDET

Offenes Energiespeichersystem ermöglicht Anbindung an nahezu alle Smart Home Anwendungen

Energiespeicher von VARTA Storage können dank des offenen Systems VARTA Connect mit unterschiedlichen Geräten zahlreicher Partnerunternehmen kommunizieren. So wird aus jedem Zuhause ein Smart Home. Die Vorteile der Verbindung von intelligenten Verbrauchern und selbst erzeugter Energie liegen klar auf der Hand: Die effiziente Zuteilung der Energie maximiert die Eigenverbrauchsquote und reduziert die Energiekosten deutlich. Wer zuhause bereits über ein bestehendes Netzwerk verfügt, kann die VARTA Energiespeicher problemlos integrieren.

Die Autarkie erhöhen und damit die Energiekosten reduzieren - das sind die wesentlichen Argumente bei der Anschaffung eines Energiespeichers. Eine offene, hardwareunabhängige und skalierbare Software-Plattform geht hier einen Schritt weiter und optimiert die Energieflüsse im Gebäude durch die Vernetzung von VARTA Energiespeichern mit Verbrauchern oder auch mit PV-Anlagen und Ladeinfrastrukturen für Elektroautos. Das sorgt für noch höhere Autarkie und eine optimale Nutzung des selbst erzeugten Stroms. Intelligente Energiemanagementsysteme können durch eine optimierte Steuerung von Haushaltsgeräten den Eigenverbrauch weiter steigern und die grüne Energie aus der Photovoltaik-Anlage somit optimal nutzen.

Die Anzahl der Partnerprodukte, mit denen die VARTA Energiespeicher kommunizieren, wächst stetig weiter. Mit VARTA Energiespeichern bleiben Hausbesitzer flexibel und legen sich nicht auf ein System fest. Die Anwendungsmöglichkeiten sind fast unbegrenzt. Beispielsweise kann der Energiespeicher mit dem Wechselrichter kommunizieren. So werden die Erzeugungs- und Verbrauchsdaten von PV-Anlage und Energiespeicher erfasst und visualisiert – ohne zusätzlichen Datenlogger. Ein weiteres Partnerprodukt von VARTA Storage hilft, überschüssige Sonnenenergie sinnvoll zu nutzen. Wenn der Energiespeicher vollständig geladen ist, erkennen dies smarte Warmwasserbereiter und nutzen den Energieüberschuss von der PV-Anlage für die Warmwassererwärmung.

Intelligentes Laden von Elektrofahrzeugen

Auch in der Elektromobilität intensiviert VARTA Storage die Zusammenarbeit mit Partnerunternehmen, beispielsweise bei der Ladetechnologie. E-Autos werden meist in den Abend- und Nachtstunden geladen, die PV-Anlage stellt dann aber keine Energie bereit. Anstatt teuren Strom aus dem öffentlichen Netz zu beziehen, kann mit einem VARTA Energiespeicher auf die gespeicherte Energie zurückgegriffen werden. Hierbei unterstützt eine intelligente Ladestation, die nicht nur laden, sondern auch kommunizieren, steuern und sich im Smart Home vernetzen kann. So ermöglicht es die Ladestation, E-Autos kostenlos zu betanken.

Autark werden in der Cloud

Eng arbeitet VARTA Storage mit Energieversorgern zusammen, etwa bei der Strom-Cloud-Lösung. Dafür wird der VARTA Energiespeicher mit vielen weiteren Speichern zu einem virtuellen Kraftwerk vernetzt. Private Solaranlagenbesitzer können dann selbst produzierten Strom in der Cloud wie ein Guthaben ansparen und jederzeit abrufen. So können die Mitglieder bis zu 100 Prozent autark werden und 100 Prozent Grünstrom beziehen. Digitale Stromzähler und eine eigene App machen die Cloud-Nutzung einfach und komfortabel.

Initiatoren



ENERGIEWENDE AWARD

Qualitätsmodell und Auszeichnungsformat für Energieversorger in der Energiewende

Ermittlung der besten Energieversorger der DACH-Region hinsichtlich ihrer Produktangebote, Dienstleistungen und Informationsvermittlung für eine erfolgreiche Energiewende.



Partner



www.energiewende-award.de



DER ENERGIEWENDE AWARD

Besondere Auszeichnung für Energieversorger in der Energiewende

Der Energiewende Award ist das bisher fehlende Qualitätsmodell und Auszeichnungsformat für „Energieversorger in der Energiewende“. Gemeinsam vergeben die Initiatoren DCTI, EuPD Research und The smarter E Europe jährlich den Energiewende Award an Deutschlands nachhaltigste Energieversorger. Die Auszeichnungen basieren auf einem von EuPD Research entwickelten Qualitätsmodell zur objektiven Bewertung des Angebotes der Energieversorger im Rahmen der Energiewende aus Sicht des Endkunden.

Energiewende, Endkunde und Energieversorger

Die Energiewende bringt für den Endkunden zahlreiche neue Möglichkeiten – bspw. Energie selbst zu erzeugen oder zu speichern. Gleichzeitig birgt dies auch vielfältige Herausforderungen hinsichtlich Informationen zu Technologien, Produkten, Dienstleistungen aber auch zu Förderungen. Der Energieversorger ist erster Ansprechpartner für den Endkunden bei Energiefragen. Entsprechend bildet der Energieversorger die Schnittstelle zwischen dem Angebot an Produkten und Dienstleistungen der Energiewende und der Nachfrage der Endkunden. Aus dieser Position erwächst eine besondere Verantwortung der Energieversorger für das Gelingen der Energiewende. Bislang fehlte es an einer aussagekräftigen neutralen Orientierung für den Endkunden, welche Energieversorger bereits heute in den einzelnen Aspekten der Energiewende vorbildlich aufgestellt sind und im Kundensinne agieren. Gleichmaßen haben die Energieversorger selbst keine verlässliche Benchmark, um sich zu vergleichen und besser für die Zukunft aufstellen zu können.

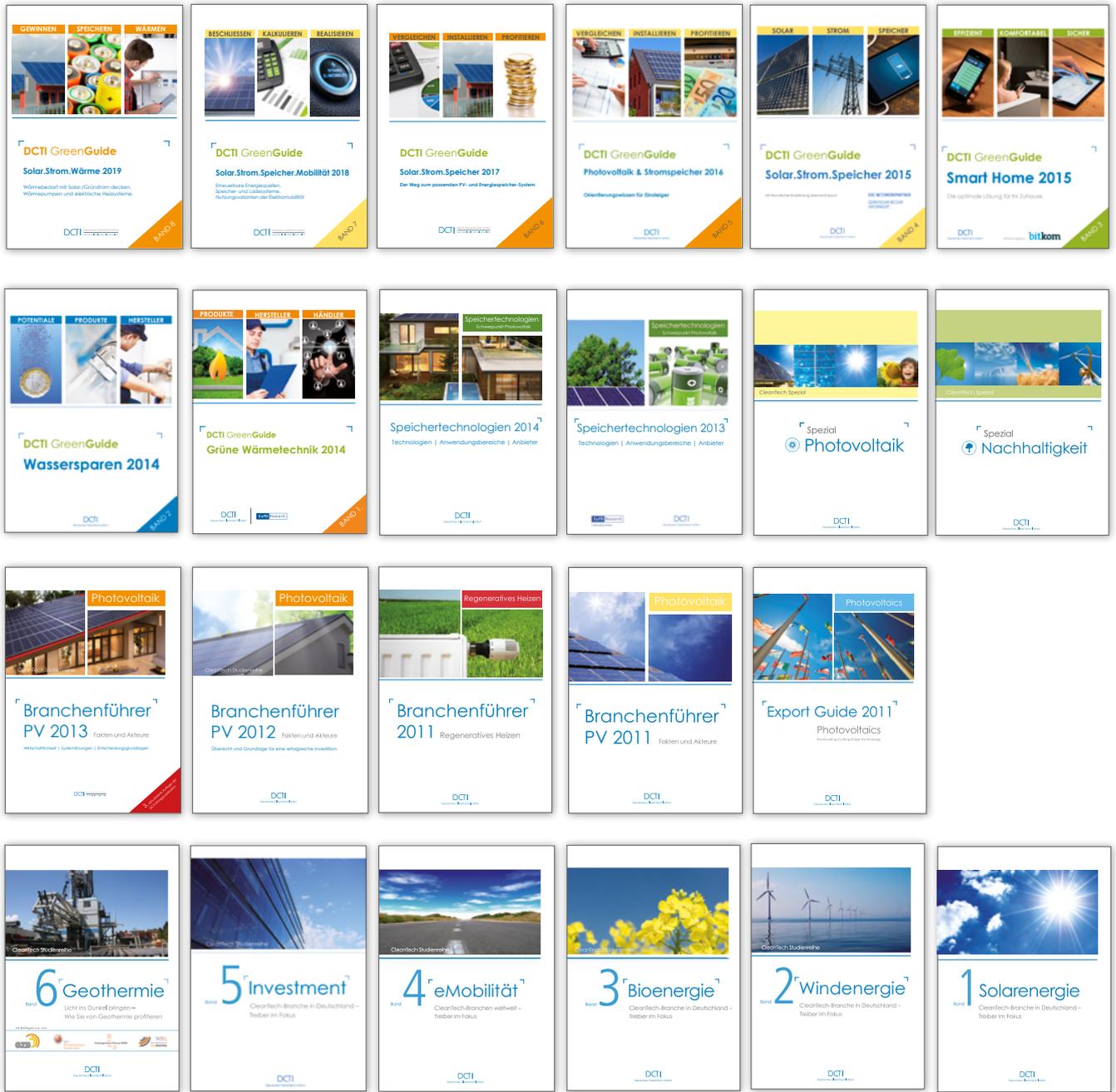
Qualitätsmodell, Analyse und Auszeichnung

Um zu zeigen, wie gut jeder einzelne Energieversorger in der DACH-Region in Bezug auf die Energiewende aufgestellt ist, hat EuPD Research ein Qualitätsmodell entwickelt. Dieses umfasst einen Katalog von 50 Kriterien, welche die Anforderungen des Endkunden an die Bereitstellung von Produkten, Dienstleistungen und Informationen in den vier Energiewende-Segmenten Strom, Wärme, Effizienz und Mobilität durch den Energieversorger abbilden. Die Bedeutung und damit Gewichtung der einzelnen Kriterien des Qualitätsmodells wird durch eine separate Haushaltsbefragung in der DACH-Region erfasst. In der Analyse wird aus Sicht der Endkunden das Angebot jedes einzelnen Energieversorgers hinsichtlich Produkten, Dienstleistungen und Informationen der Energiewende untersucht und objektiv bewertet. Im Ergebnis steht eine Anzahl an Punkten, die das Energiewendeengagement eines jeden Energieversorgers in den vier Segmenten Strom, Wärme, Effizienz und Mobilität beschreibt. Die besten der insgesamt knapp 1.800 Energieversorger in der DACH-Region werden dann im Rahmen der Plattform The smarter E Europe jährlich feierlich ausgezeichnet.

Weitere Daten zum Energiemarkt der DACH-Region, einen Überblick über die prämierten Energieversorger der vergangenen Jahre sowie Informationen zur Preisverleihung auf der diesjährigen The smarter E Europe finden sie hier: www.energiewende-award.de



Bisher beim DCTI erschienen (Auswahl)



Download unter www.dcti.de/publikationen/dcti-green-guides



XII. Impressum

Impressum

Herausgeber & Redaktion



Deutsches CleanTech Institut GmbH

Albrechtstr. 22
10117 Berlin
Fon +49(0) 030 880 600-71
Fax +49(0) 228 92654-11
welcome@dcti.de

Büro Bonn
Adenauerallee 134
53113 Bonn

Geschäftsführer Markus A.W. Hoehner
Managing Partner Leo Ganz

www.dcti.de

Redaktion
Stefan Hausmann

Projektmanagement
Leo Ganz

In Zusammenarbeit mit

EuPD Research

Kooperationspartner



Konzept & Gestaltung



Art Direction
Rebecca Ohagen

Fon +49 (0) 228 85426-0
Fax +49 (0) 228 85426-11
welcome@360Concept.de

www.360Concept.de

