



Strom und Wärme selbst erzeugen

Schritt für Schritt zum autarken Haus

JOHANNES SPRUTH

Strom und Wärme selbst erzeugen

Schritt für Schritt
zum autarken
Haus

Unser Service für Sie

Wenn neue Gesetze und Verordnungen in Kraft treten oder sich zum Beispiel Förderbedingungen oder Leistungen ändern, finden Sie die wichtigsten Fakten in unserem Aktualisierungsservice zusammengefasst.

Mit dem Klick auf www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/aktuell sind Sie dann ergänzend zu dieser Auflage des Buches auf dem neuesten Stand. Diesen Service bieten wir so lange, bis eine Neuauflage des Ratgebers erscheint, in der die Aktualisierungen bereits eingearbeitet sind. Wir empfehlen, Entscheidungen stets auf Grundlage aktueller Auflagen zu treffen.

Die lieferbaren aktuellen Titel finden Sie in unserem Shop:

www.ratgeber-verbraucherzentrale.de

Strom und Wärme selbst erzeugen

Schritt für Schritt zum
autarken Haus

JOHANNES SPRUTH

verbraucherzentrale

13

Das Ziel: Ein energieautarkes Haus



Inhalt

33 Strom selbst erzeugen

- | | | |
|--|--|---|
| 6 Zu diesem Buch | 33 Strom selbst erzeugen | 95 Wärme selbst erzeugen |
| 8 Die wichtigsten Fragen und Antworten | 33 Selbstversorgung mit Strom | 95 Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit |
| 13 Das Ziel: Ein energieautarkes Haus | 37 Photovoltaikanlagen – Strom von der Sonne | 96 Nutzung von Sonnenwärme: Kollektoranlagen |
| 13 Was ist Energieautarkie? | 51 Kleinwindanlagen | 115 Strom zu Wärme |
| 17 Haustypen und Baustandards – kurz erklärt | 61 Stromspeicher | 129 Wärmepumpen |
| 22 Die Beispielhaushalte | 73 Smarthome | 153 Biomasse nutzen: Scheitholz und Pellets |
| 23 Welchen Strom- und Wärmebedarf haben wir? | 74 Langzeitspeicher – die Sommersonne speichern | 166 Lösungen koppeln: gemeinsam geht's besser |
| | 78 Mikro- und Nano-Blockheizkraftwerke – die stromerzeugende Heizung | 166 Thermische Solaranlage plus Holzheizung |
| | | 174 Wärmepumpe plus Solarthermie |



- 184 Wärmepumpe plus Photovoltaik
- 195 Erdwärmepumpe plus thermische Solaranlage plus Photovoltaik
- 206 Hybridwärmepumpe
- 210 Brennwertkessel
- 215 Neubau- und Altbau-förderung

219 Wege zum energieautarken Haus

- 219 Beispiele für energieautarke Häuser
- 234 Steine aus dem Weg räumen: Energiedienstleistung statt Energieeinsatz
- 235 Stromanwendungen
- 240 Wärmeanwendungen

259 Anhang

- 259 Glossar
- 263 Wichtige Adressen, Literatur
- 265 Adressen der Verbraucherzentralen
- 266 Stichwortverzeichnis
- 270 Bildnachweis
- 272 Impressum

Zu diesem Buch

Wollen auch Sie sich von den großen Energieversorgern unabhängiger machen und Ihre eigene Energiewende starten? Wollen Sie vor allem erneuerbare Energien einsetzen und damit zum Klimaschutz beitragen? Und so energieautark wie möglich werden?

Dieses Buch möchte Ihnen Schritt für Schritt zeigen, wie Sie diese Ziele erreichen können. Viele technische Systeme sind auf dem Markt, mit denen Sie wirtschaftlich selbst Strom und/oder Wärme erzeugen können.

Wir begleiten drei Beispielhaushalte auf ihrem Weg zum energieautarken Haus. Mit Ihren eigenen Daten und Zielen können Sie diesen Weg mitgehen:

- Zunächst bestimmen und bewerten Sie Ihren aktuellen Energieverbrauch für Strom und Wärme (→ ab Seite 24).
- Sie erfahren, wie Sie die Energiequellen auf Ihrem Grundstück technisch nutzen können – sei es direkte Sonneneinstrahlung, Wind oder Umweltwärme.
- Der Einbau verschiedener Varianten mit unterschiedlichen Anlagengrößen wird beispielhaft beschrieben.
- Es geht um Kosten, Einsparungen und wie der größtmögliche Autarkiegrad erreicht wird (→ ab Seite 37).

- Sie lernen auch die wichtige Rolle von Speichern für Strom und Wärme kennen (→ Seiten 61 und 98).
- Schließlich erfahren Sie, wie Sie durch Energiesparmaßnahmen Ihre Autarkiebilanz auf dem Weg zum Sonnenhaus oder Plusenergiehaus noch weiter verbessern können (→ ab Seite 219).

Ob Strom oder Wärme, Sie – wie auch die Beispielhaushalte – haben stets die Wahl zwischen verschiedenen Varianten, die wir vorstellen. Im Buch finden Sie die Erläuterungen zu den Beispielvarianten mit den *wichtigsten* Kennwerten, im ergänzenden Download *alle* Kennwerte tabellarisch. Zudem bieten Ihnen unsere interaktiven Tabellen die Möglichkeit, Ihre eigene Maßnahme durchzurechnen. Alternativ können Sie das Ergebnis auch analog ermitteln (→ Seite 31).

In den Beispielen sind wir von durchschnittlichen Kosten und Energiepreisen ausgegangen, orientiert an der Gaspreisbremse mit 12 ct/kWh und der Strompreisbremse mit 40 ct/kWh. In Ihrer individuellen Berechnung sollten Sie natürlich die jeweils aktuellen Kosten und Preise eintragen.

Farbige Symbole bei den Beispielvarianten zeigen an, welcher Autarkiegrad erreicht wurde: Dabei ist der Grad der Stromautarkie in Blau und der Grad der Gesamtautarkie, bezogen auf Strom und Wärme, in Rot dargestellt.

! WICHTIG

Interaktive Tabellen Energieautarkie

Mit unseren interaktiven Tabellen können Sie leicht feststellen, ob die von Ihnen gewählte Variante mit Ihren individuellen Eckdaten wirtschaftlich ist. Sie finden die Tabellen unter www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/energieautarkie oder via QR-Code.



Beispiel: Diese Variante erzielt eine Stromautarkie von 35 Prozent, in Bezug auf Strom *und* Wärme erreicht sie jedoch nur 5 Prozent Gesamtautarkie.

Das Buch will und kann keine Energieberatung bei Ihnen zu Hause oder gar eine Planung ersetzen – es soll Ihnen aufzeigen, auf welchen Wegen Sie zum größtmöglichen Autarkiegrad gelangen. Wenn Sie in einem Ein- oder Zweifamilienhaus leben, dann kann Sie dieses Buch unterstützen. Auch wenn Sie planen, solch ein Haus zu bauen, werden Sie hier viele Hinweise finden.

Wenn Sie mehr zum Thema Energieautarkie für größere Gebäude erfahren möchten, sollten Sie sich an eine Energieberatung, ein Architektur- oder Fachingenieurbüro wenden – es gibt auch Förderungen für eine Energieberatung (→ Seite 240).

→ TIPP

Die Energieberatung der Verbraucherzentralen mit Informationen, Onlineveranstaltungen und der Möglichkeit zur Terminvereinbarung auch für eine individuelle Online- oder Vor-Ort-Beratung finden Sie unter www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

Im Buch werden die zahlreichen technischen Möglichkeiten so weit beschrieben und erklärt, wie es für den effektiven Einsatz nötig ist. Wichtige Fachbegriffe werden in einem Glossar im Anhang erklärt (→ Seite 259).

Wir zeigen Ihnen, wie Sie die nötigen Informationen erhalten, was bei Angeboten zu beachten ist, welche Anforderungen das Gebäudeenergiegesetz stellt (→ Seite 217) und welche Fördermöglichkeiten bestehen: Die Bedingungen für Investitionen in Ihr Haus sind noch günstig, die Förderung und die Energiepreise sind hoch (→ Seite 215). Investieren Sie jetzt in Energieautarkie. Dann können Sie gelassen den kommenden Energiepreissteigerungen entgegensehen.



Die wichtigsten Fragen und Antworten

→ Jährlich beantworten wir in unseren bundesweit rund 200 Beratungsstellen Hunderttausende von Fragen und helfen bei der Lösung von Problemen, die Verbraucherinnen und Verbraucher an uns herantragen. Aus dieser täglichen Praxis wissen wir am besten, wo der Schuh drückt und wie konkrete Unterstützung aussehen muss. Diese Erfahrungen sind Grundlage unserer Ratgeber: mit präzisen, verbraucherorientierten Informationen, zahlreichen Tipps und Hintergrundinformationen zum besseren Verständnis.

Als Energieberater der Verbraucherzentrale NRW habe ich über 25 Jahre Hauseigentümer bei der energetischen Sanierung Ihrer Immobilie beraten. Dieses Praxiswissen ist in diesen Ratgeber geflossen und soll nun auch Sie bei der Planung Ihrer autarken Strom- und Wärmeversorgung unterstützen.

Nutzen auch Sie die Energieberatung der Verbraucherzentralen und profitieren Sie von unserer Beratungskompetenz:

www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

Dr. Johannes Spruth

Benötigt ein energieautarkes Haus einen Speicher?

Die Sonne scheint und der Wind weht unregelmäßig, auch zu Zeiten, an denen Sie keinen Energiebedarf haben. Aber es gibt ebenso Zeiten, zu denen Sie Strom brauchen, aber keine Sonne scheint und kein Wind weht. Diese Ungleichzeitigkeit zwischen Erzeugung und Verbrauch erfordert einen Speicher. Bei thermischen Solaranlagen → [Seite 96](#) ist das ein Wärmespeicher in Form eines gut gedämmten Wassertanks. Zusätzlich zu stromerzeugenden Anlagen wie etwa einer Photovoltaikanlage benötigen Sie einen Stromspeicher → [Seite 61 ff.](#) Für den Hausgebrauch kommen hier insbesondere Lithium-Ionen-Batterien infrage. Leider gibt es für den Hausgebrauch noch keine erschwinglichen Langzeitbatterien, um die Sommersonne in den Winter zu retten. Aber mit einer großen Photovoltaikanlage und einer großen Batterie kommen Sie dem Ziel eines stromautarken Hauses schon sehr nahe → [Seite 76](#).

Unter welchen Bedingungen lohnt sich der Einsatz einer Kleinwindanlage?

Entscheidend bei der Nutzung von Windkraft ist ein Standort mit ausreichender Windgeschwindigkeit und wenig Verwirbelungen. In dicht bebauten Bezirken werden Sie einen solchen Standort nicht finden. Die Windenergienutzung kann sich in Streusiedlungen oder bei einer exponierten Lage lohnen → [Seite 51 ff.](#) Vor der Realisierung einer Kleinwindanlage sind jedoch zahlreiche Überlegungen nötig, siehe Checkliste [Seite 59](#). Und: Fallen Sie nicht auf Angebote herein, die Ihnen unrealistische Erträge versprechen → [Seite 55](#). Prinzipiell kann eine Kleinwindanlage eine Photovoltaikanlage gut ergänzen; denn wenn keine Sonne scheint, insbesondere im Herbst und Winter, gibt es viel Wind.

Funktioniert eine Wärmepumpe auch im Altbau?

Ja, eine Wärmepumpe kann auch im Altbau funktionieren. Die allgemein verbreitete Meinung, eine Wärmepumpe brauche unbedingt eine Fußbodenheizung, gilt heute nicht mehr. Entscheidend ist allerdings eine Vorlauftemperatur im kältesten Winter von höchstens 55 Grad. Ob das bei Ihnen der Fall ist, können Sie testen → [Seite 139](#). In manchen Altbauten kann es deswegen nötig sein, vor dem Einbau einer Wärmepumpe den baulichen Wärmeschutz zu verbessern und/oder einzelne Heizkörper durch größere oder spezielle Wärmepumpenheizkörper zu ersetzen. Eine Wärmepumpe arbeitet zwischen zwei Temperaturen. Die geringsten Stromverbräuche erzielen Sie, wenn der Temperaturunterschied nicht sehr groß ist. Die Wärmequelle (Grundwasser, Erdreich oder Luft) sollte ganzjährig möglichst warm und das Heizsystem mit einer möglichst geringen Temperatur zufrieden sein – optimal ist hier eine Flächenheizung. → [Seite 150](#). Aber auch mit herkömmlichen Heizkörpern können Sie ein befriedigendes Ergebnis erzielen, wie unsere Beispiele zeigen → [Seite 142 ff.](#)

Ist es möglich, eine Wärmepumpe mit der aufs Dach scheinenden Sonnenenergie zu betreiben?

In den meisten Fällen holt eine Wärmepumpe die Umgebungswärme aus Erdreich, Grundwasser oder Außenluft → [Seite 133 ff.](#) Es gibt aber auch spezielle Anlagen, die die Wärme eines üblichen Solarkollektors, eventuell in Kombination mit einem Erdspeicher → [Seite 176](#) oder mithilfe eines speziellen Hybridkollektors oder Energiezauns in Kombination mit einem Eisspeicher → [Seite 175](#) nutzen. Neu entwickelt wurde der PVT-Kollektor → [Seite 196](#), eine Kombination aus Photovoltaikmodul mit kühlenden Wasserschlangen, der die auffallende Sonnenenergie besonders effizient nutzt und sehr gut als Wärme- und Stromquelle für eine Wärmepumpe dienen kann. So ist es möglich, bei einer Sole-Wärmepumpe auf Erdkollektor oder Erdsonde zu verzichten. Beispiele → [Seite 198 ff.](#) Eine Wärmepumpe benötigt den meisten Strom zum Antrieb im Winter, wenn es wenig Solarertrag gibt. Deswegen reicht der Strom einer Photovoltaikanlage allein nicht zum Betrieb. Trotzdem ist diese Kombination sinnvoll → [Seite 184](#).

Was ist ein Sonnenhaus?

Das Sonnenhaus-Institut bezeichnet ein Haus als Sonnenhaus, wenn mindestens 50 Prozent der benötigten Energie von der Sonne kommt → **Seite 106**. Beim klassischen Sonnenhaus gibt es einen großen Solarkollektor auf dem Dach und einen sehr großen Pufferspeicher im Haus. Die Restwärme liefert ein Holzofen → **Seite 166**. Für den Strombedarf gibt es eine Photovoltaikanlage. Einige Sonnenhäuser haben auch eine große Photovoltaikanlage, eine Wärmepumpe und einen Batteriespeicher → **Seite 222 ff.** Das klassische Sonnenhaus wird im Kapitel „Wege zum energieautarken Haus“ für unsere drei Beispielhaushalte als erste Möglichkeit untersucht → **Seite 219 ff.**

Wie wird mein Haus zum Kraftwerk?

Wenn Ihr Haus mehr Energie erzeugt, als es benötigt, wird es zum Kraftwerk. Da es bisher für den Hausgebrauch keine erschwinglichen Langzeitspeicher gibt, wird ein solches Haus nur in der Jahresbilanz ein Plusenergiehaus sein → **Seite 20**. Es benötigt weiterhin einen Anschluss ans Stromnetz, da die Haustechnik (beispielsweise eine Wärmepumpe) im Winter mehr Strom benötigt, als die Photovoltaikanlage liefern kann. Andererseits gibt es in der warmen Jahreszeit erhebliche Überschüsse, die ins Stromnetz eingespeist werden. Durch den zusätzlichen Einbau einer thermischen Solaranlage → **Seite 174 ff.**, die die Wärmepumpe unterstützt, sinkt der Stromverbrauch erheblich, und das Plusenergiehaus wird leichter erreicht, Beispiele → **Seite 226 ff.** Meistens werden Sie einige ungenutzte Einsparpotenziale bei Strom und Wärme entdecken → **Seite 234 ff.** So wird es noch leichter, das eigene Haus zum Kraftwerk zu machen.



Das Ziel: Ein energieautarkes Haus

Machen Sie Ihr Haus so energieautark wie möglich: Anhand von drei Beispielhaushalten stellen wir Ihnen Energiekonzepte für Ihren eigenen Weg zur Energieautarkie vor. Denn jeder Baustandard hat unterschiedliche energieautarke Dimensionen und bestimmte Vor- und Nachteile. Zum Einstieg in Ihre individuelle Planung werden Sie als ersten Schritt Ihren Energieverbrauch konkret einschätzen – denn so können Sie Ihren Weg zum energieautarken Haus besser planen und realisieren.

Was ist Energieautarkie?

Wenn Sie ihr eigenes Haus mit Strom und Wärme allein aus den auf dem Grundstück vorhandenen Energiequellen versorgen können, nennt man dies **Energieautarkie**. Diesem Ziel möglichst nahe zu kommen, dafür sprechen gute Gründe. Denn eine Eigenversorgung ist finanziell attraktiv, gut für die Umwelt und macht Sie unabhängig von großen Versorgungsunternehmen.

Welche Möglichkeiten gibt es nun für Ein- und Zweifamilienhäuser, Strom und Wärme selbst zu erzeugen? Mittlerweile kann man energieautarke Häuser „von der Stange“ (→ Seite 220) kaufen. Diese Neubauten sind meist mit großen Photovoltaikanlagen und/oder thermischen Solaranlagen, Wärmepumpen und Stromspeichern ausgestattet. Doch was tun, wenn man in einer „alten Hütte“ wohnt? Deutschland ist schon gebaut: Etwa drei Viertel aller Gebäude wurden



HINTERGRUND

Energieautarke Orte

Bereits in den 1970er-Jahren wurde „Energieautarkie“ zum Beispiel im „Centre for alternative Technology“ in Wales großgeschrieben. Das Centre hatte sich mithilfe von Eigenstromerzeugung komplett von der öffentlichen Netzversorgung abgekoppelt. Mehrere Häuser und Gewerbebetriebe in einem alten Schiefersteinbruch werden seitdem allein über eigene Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaikanlagen mit Strom versorgt. Mittlerweile gibt es knapp 200 energieautarke Dörfer in Deutschland. Mit regenerativen Energien – insbesondere Biogas – wird der Wärme- und Strombedarf gedeckt, und oft kann sogar noch Strom und Wärme an das Umland abgegeben werden.

www.cat.org.uk

<https://bioenergiedorf.fnr.de/>

vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977 errichtet. Aber auch für viele dieser „Bestandsgebäude“ gibt es Möglichkeiten einer energieautarken Versorgung. Wir stellen sie in den folgenden Kapiteln ausführlich und mit vielen Beispielen vor.

Wenn Sie ein Ein- oder Zweifamilienhaus besitzen, gibt es **drei gute Gründe**,



BEISPIEL

Energiekosten steigen

In einem unsanierten Einfamilienhaus, Baujahr 1962, leben vier Personen. Auf ein Jahr gesehen benötigt der Haushalt circa 20.000 Kilowattstunden Wärmeenergie und zusätzlich circa 4.000 Kilowattstunden Strom. Das bedeutete im Jahr 1998 Energiekosten von rund 1.400 Euro. 2015 lagen die Kosten bereits bei etwa 2.500 Euro und 2023 werden es vermutlich 4.000 Euro werden. Damit arbeiten Durchschnittsverdiener heutzutage über einen Monat lang nur für die Energiekosten. Wäre es da nicht sinnvoller, dieses Geld für energetische Maßnahmen im eigenen Haus zu investieren?

sich von der allgemeinen Energieversorgung abzukoppeln und die auf das Grundstück fallende Sonnenenergie in allen ihren Formen wie Sonnenstrahlung, Wind und Biomasse zu nutzen:

1. Sonnenenergie ist kostengünstig

Sonnenenergie steht allen kostenlos zur Verfügung, für Energielieferungen müssen Sie hingegen bezahlen. Zwar ist der Ölpreis mittlerweile wieder etwas gesunken und es gab 2023 eine Deckelung des Gaspreises bei



Abb. 1: Preisentwicklung bei Holzpellets, Heizöl und Erdgas

12 Cent pro Kilowattstunde (ct/kWh), deutlich sichtbar ist jedoch ein Anstieg der Energiekosten.

2. Sonnenenergie ist umwelt- und klimaschonend

Werden fossile Energieträger (Öl, Gas) verbrannt oder wird Strom im Kohlekraftwerk erzeugt, entsteht Kohlendioxid (CO₂). Der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre nimmt zu. Aus wissenschaftlicher Sicht ist das der entscheidende Faktor für den fortschreitenden Klimawandel: Satellitendaten zeigen, dass die Masse des Grönlandeises jedes Jahr um circa 270 Milliarden Tonnen schmilzt (Stand 17.03.2022). Laut der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) waren die Jahre 2011 bis 2023 weltweit gesehen die bisher wärmsten Jahre mit vielen extremen Wetterereignissen. Und die CO₂-Konzentration – als einer der Auslöser – überschritt im Frühjahr 2015 erstmals die Grenze von 400 parts per million (ppm).

▶ BEISPIEL

CO₂-Belastung

Ein typischer Vierpersonenhaushalt verursacht durch Gasheizung und Stromverbrauch eine CO₂-Belastung von etwa 6,8 bis 9,8 Tonnen jährlich. Mit Ölheizung wären es 8,2 bis 12 Tonnen. Die durchschnittliche CO₂-Belastung beträgt in Deutschland circa 10 Tonnen pro Person jährlich, aus Energieeinsatz in der Wohnung, Nahrungsmitteln, Mobilität und Konsumgütern. Bei vier Personen sind es demnach etwa 40 Tonnen. Durch verringerten Energieeinsatz allein lassen sich etwa 5 bis 10 Tonnen CO₂ jährlich einsparen, demnach bis zu einem Viertel der CO₂-Belastung dieses Haushalts. Darüber hinaus entstehen bei der Verbrennung je nach Energieträger Schwefeldioxid- und Stickoxidemissionen, die bei der Nutzung der Sonnenenergie ebenfalls entfallen.

 GUT ZU WISSEN

Parts per Million

Das Maß **ppm (parts per million)** gibt das Mischungsverhältnis an, die Konzentration, hier von Kohlendioxid (CO₂) in Luft. Wie das Prozent ein Hundertstel bedeutet und das Promille ein Tausendstel, ist das ppm ein Millionstel. 400 ppm wären also ein Verhältnis von 0,04 Prozent CO₂ in Luft. Noch in den 1960er-Jahren lag dieser Wert unter 320 ppm. Je höher die CO₂-Konzentration ist, desto mehr steigt die Durchschnittstemperatur durch den Treibhauseffekt an: Sonnenstrahlung kann die Atmosphäre durchdringen und die Erde erwärmen, aber das CO₂ hält die Wärmestrahlung zurück. Es gibt Kippunkte, die unbedingt vermieden werden sollten: Wenn zum Beispiel der Permafrostboden in Sibirien auftaut, würden in einer gefährlichen Kettenreaktion weitere Treibhausgase freigesetzt. Klimawissenschaftler vermuten, dass dies spätestens bei einer weltweiten Erwärmung um 2 °C geschieht, wovon bisher bereits über 1 °C erreicht wurden.

Auch Deutschland hat die Folgen des Klimawandels zu spüren bekommen: mit zerstörerischen Stürmen wie Kyrill und Lothar, der

 GUT ZU WISSEN

Energieverbrauch senken

Energieautarkie ist leichter zu erreichen, wenn der Energieverbrauch niedrig ist. Insbesondere Maßnahmen an der Gebäudehülle – Wände, Fenster, Türen, Dach – helfen, Ihren Energiebedarf zu senken. (Mehr dazu in der Fachliteratur, Hinweise ab Seite 263 und im Kapitel „Wege zum energieautarken Haus“ ab Seite 234) Noch besser, weil konkreter, kann auch eine Energieberatung der Verbraucherzentrale sein – möglichst vor Ort in Ihrer Immobilie. Mehr dazu unter www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

verheerenden Flutkatastrophe an der Ahr und in der Eifel und mit Hitzewellen. Der Ausweg ist die Abkehr von herkömmlichen Energieträgern hin zur Nutzung erneuerbarer Energien. Der Schritt zum energieautarken Haus ist also auch der Schritt zur privaten Energiewende und zum Klimaschutz.

3. Sonnenenergie macht Sie unabhängig von großen Versorgungsunternehmen

Im November 2005 gab es im Münsterland ein Schneechaos: Unter der Last von Schnee und Eis knickten reihenweise die Strommasten ein. Einige Orte waren tagelang von der

Stromversorgung abgeschnitten: Heizungsanlagen, Kühlgeräte, Elektroherde und die Kommunikationstechnik fielen aus und es gab keine elektrische Beleuchtung mehr. Ähnliches könnte auch in Ihrem vollelektrifizierten Haushalt geschehen, brähe die Stromversorgung zusammen. Auch der Ukraine-Krieg hat uns wieder die Verletzlichkeit der Energieversorgung vor Augen geführt. Da wäre es doch beruhigend, eine Eigenstromversorgung mit Notstromfunktion zu besitzen.

Der Weg zum energieautarken Haus ist nicht einfach. Um Ihnen den Übergang leichter zu machen, werden in den folgenden Kapiteln Lösungen beschrieben, die Sie dafür einsetzen können – mit ihren Vor- und Nachteilen, den Kosten und ihrem Nutzen.

Haustypen und Baustandards – kurz erklärt

Es gibt eine Reihe von Begriffen, die den energetischen Standard eines Hauses beschreiben. Doch was ist darunter zu verstehen? Gibt es klare Festlegungen oder handelt es sich eher um Werbebegriffe?

Die Wärmeschutzverordnung von 1977 brachte erstmals klare Vorgaben – zunächst nur für den Neubau. Diese Vorgaben wurden stufenweise bis 1995 verschärft. Daneben traten mit den Heizungsanlagenverordnun-

gen Anforderungen an die Heizungssysteme in Kraft (Abb. 2). 2002 verschmolzen die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung zur Energieeinsparverordnung (EnEV). Hinzu kommen laufend EU-Vorgaben, die ins nationale Recht übernommen werden müssen. So erfolgten mehrere Anpassungen der EnEV bis zur EnEV 2014. Zusätzlich gab es das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) und das Energieeinsparungsgesetz (EnEG).

2020 wurden diese drei Gesetze im Gebäudeenergiegesetz (GEG) vereint. Der Neubaustandard war damit das Niedrigstenergiegebäude (Nearly Zero Energy Building, NZEB, deutsch: Nahezu-Nullenergiehaus), wie es die EU fordert. Stand 2023 wurde der Neubaustandard erneut angehoben, bis auf das Effizienzhaus 55 (→ Seite 20). Es ist unsicher, ob es zur weiteren Verschärfung auf das Effizienzhaus 40 kommen wird, da bei

GUT ZU WISSEN

Primärenergie

Ihr **spezifischer Primärenergiebedarf** für Heizwärme ist der Wärmeverbrauch pro Quadratmeter einschließlich aller Gewinnungs-, Transport- und Umwandlungsverluste von der Öl- oder Gasquelle oder der Kohlemine übers Kraftwerk bis zum Haus.

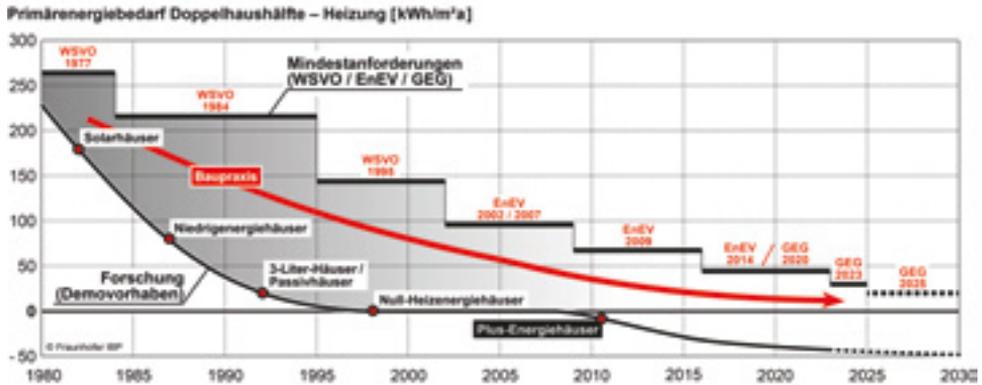


Abb. 2: Entwicklung des energiesparenden Bauens

Neubauten die Pflicht zu 65 Prozent erneuerbarer Energie ab 2024 besteht – bei Altbauten spätestens 2028. In Abb. 2 sind diese Anforderungen an baulichen Wärmeschutz und Haustechnik für eine Doppelhaushälfte (Referenzhaus → Seite 20) in einen spezifischen Primärenergiebedarf für Heizwärme umgerechnet worden. Die oberste, stufige Linie zeigt die gesetzlichen Vorgaben.

Es gab und gibt Gebäudestandards, die über das Maß der jeweiligen Verordnung hinausgehen (→ Abb. 2, untere Linie „Forschung/Demovorhaben“). Zunächst kam in den späten 1980er-Jahren, angeregt durch den Baustandard in den skandinavischen Ländern, der Begriff des **Niedrigenergiehauses** auf, das einen erheblich verbesserten Wärmeschutz gegenüber dem damaligen Baustandard und außerdem häufig den Einbau von Wohnungslüftungsanlagen aufwies. Allerdings wurde oft auch irreführend mit dem Begriff Niedrigenergiehaus geworben, obwohl kein Niedrigenergiehaus drinsteckte. Es gibt hier leider keine rechtsverbindliche Definition.

Passivhaus

Ist der bauliche Wärmeschutz so sehr verbessert, dass die benötigte Heizwärme über passive Sonneneinstrahlung durch die Fenster und Zuheizen in der Lüftungsanlage gedeckt wird, spricht man von einem **Passivhaus**. Ein klassisches Heizsystem ist nicht mehr erforderlich. Ein Passivhaus funktioniert jedoch nur, wenn bestimmte bauphysikalische Bedingungen eingehalten werden, was in der Planungsphase mit speziellen Softwareprogrammen überprüft wird. Für die Realisierung eines Passivhauses kommt es auf eine sorgfältige Ausführung in der Bauphase und die passende Auswahl der Komponenten an.

Nullenergie- oder Plusenergiehaus

Ein Passivhaus ist zwar noch kein energieautarkes Haus, doch dank seines geringen Energiebedarfs sind die Ausgangsbedingungen günstig. Wird nun zusätzlich zur passiven Sonnenenergienutzung aktive Technik eingebaut, zum Beispiel Solarkollektoren und Photovoltaikanlagen, so kann der Stan-



HINTERGRUND

Anforderungen an ein Passivhaus

- Heizlast höchstens 10 Watt pro Quadratmeter (W/m^2)
- Heizwärme höchstens 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter (kWh/m^2) jährlich
- Luftdichtheit besser als 0,6 Luftwechsel pro Stunde
- Primärenergie für Heizung, Warmwasser, Stromanwendungen höchstens 120 Kilowattstunden pro Quadratmeter (kWh/m^2) jährlich
- Nachzuweisen über die Software: Passivhaus-Projektierungs-Paket

Erfüllung der Anforderungen

- Sehr gute Wärmedämmung bis ins Detail, um Wärmebrücken zu vermeiden

- Dreifachwärmeschutzverglasung in gedämmten Fensterrahmen
- Lückenlose, luftdichte Ausführung
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Effiziente Elektrogeräte

Näheres erfahren Sie beim Passivhaus-Institut unter www.passiv.de. Dort erhalten Sie auch Listen von zertifizierten Bauelementen wie etwa Holzleichtbauwände, Fenster oder Wärmepumpen sowohl für den Neubau als auch für die Altbausanierung. Bei der Auswahl der Elemente sollten Sie auf diese Zertifizierung achten.

dard eines **Nullenergie-** oder **Plusenergiehauses** erreicht werden. Bei dieser Klassifizierung wird der gesamte Energieverbrauch eines Jahres mit der im gesamten Jahr erzielten Sonnenenergienutzung verglichen. Ist beides gleich, so handelt es sich um ein Nullenergiehaus.

Wird mehr Sonnenenergie gewonnen, als das Haus benötigt, so wirkt das Plusenergiehaus als Kraftwerk.

Zuzeiten einer hohen Einspeisevergütung war es wirtschaftlich attraktiv, eine sehr große Photovoltaikanlage zu installieren und damit die Mehrkosten der aktiven Technik zu decken. Nach Einbrüchen bei der Einspeisevergütung ist dies mit den neuen Bedingungen im EEG (→ Seite 41) wieder sinnvoll geworden. Nach wie vor wird aber angestrebt, einen besseren Standard als das Passivhaus zu erzielen. Die bundesweite

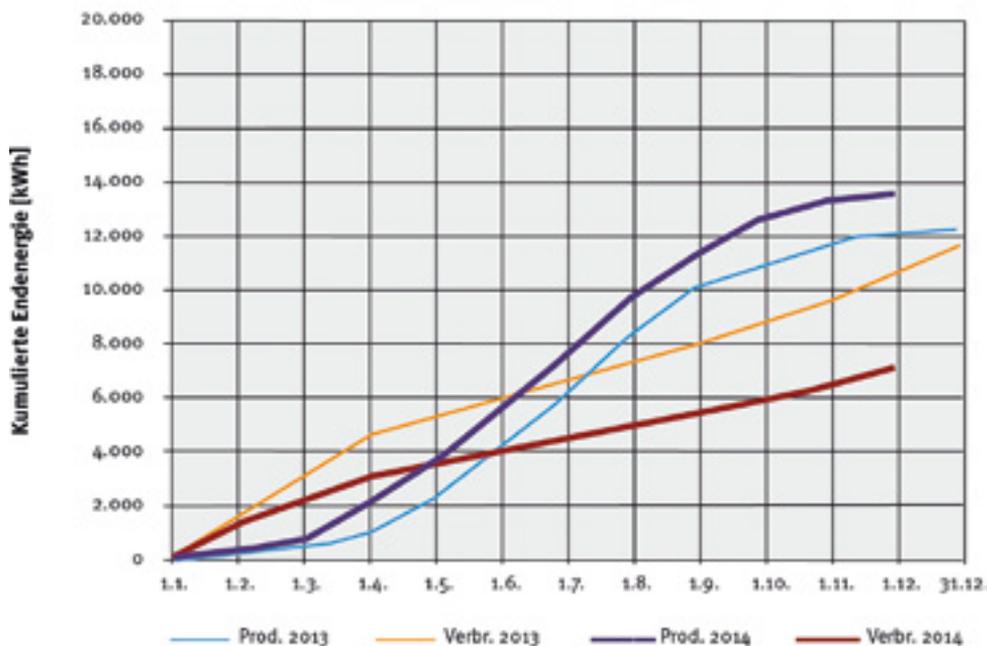


Abb. 3: Jahrgang von Energieproduktion und Energieverbrauch beim Effizienzhaus plus des Bundesumweltministeriums

Forschungsinitiative „Effizienzhaus Plus“ betreut etliche Projekte in Deutschland: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus

Abb. 3 zeigt, wie sich bei einem Plusenergiehaus in 2 Jahren Produktion und Verbrauch entwickelt haben. Es ist deutlich zu sehen, dass zu Beginn des Jahres die Solarproduktion den Verbrauch nicht decken kann. Erst einige Monate später schneiden sich die Kurven, gegen Ende des Jahres wurde mehr produziert als verbraucht. Es handelt sich demnach um ein **Plusenergiehaus in der Jahresbilanz**, aber nicht um ein **energieautarkes Haus**. Denn der Anschluss

ans Stromnetz ist nötig: Im Winter wird Strom bezogen und im Sommer der Überschuss eingespeist.

KfW-Effizienzhaus

Die KfW orientiert ihre Effizienzhaus-Förderungen an Baustandards. Sie hat zu diesem Zweck die **KfW-Effizienzhäuser** definiert. Im jeweils gültigen GEG ist der Neubaustandard festgelegt, der sich am sogenannten Referenzhaus orientiert, einem Gebäude mit den Abmessungen des jeweiligen Neubaus, aber vorgegebenen Werten für Dämmwerte und Haustechnik. Die Zahl im Namen des Effizienzhauses gibt nun an, inwieweit die

Neubau- oder Sanierungsplanung den Primärenergieverbrauch des Referenzhauses erreicht.

Wenn Sie also Ihr Haus so sanieren wollen, dass es zu einem „Effizienzhaus 85“ wird, müssen Sie nachweisen, dass Ihr zukünftiger Primärenergieverbrauch höchstens 85 Prozent vom Verbrauch eines entsprechenden Referenzhauses beträgt. Außerdem gibt es Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz.

→ TIPP

Die **Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)** ist die Förderbank des Bundes. Sie vergibt für energiesparendes Bauen und Sanieren zinsgünstige Kredite mit Tilgungszuschüssen.

Gefördert werden **Effizienzhäuser**. Die Definition der Effizienzhäuser, die damit zusammenhängende aktuelle Förderhöhe und die Beschreibung des Antragsverfahrens finden Sie auf

www.kfw.de/beg

Zur Neubauförderung → Seite 215. Die Förderung von Einzelmaßnahmen bei Altbauten erfolgt als Zuschussförderung mit festen Sätzen über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) – unter www.bafa.de/beg und die KfW (→ Seite 215).



HINTERGRUND

Baustandards – auf einen Blick

Neubau: Die Anforderungen des jeweils aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG) müssen eingehalten werden. GEG 2023: Heizwärme unter 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter.

Niedrigenergiehaus: Kein definierter Standard, Heizwärme etwa 50 bis 70 Kilowattstunden pro Quadratmeter

Passivhaus: Definierter Standard mit zugehörigem Softwareprogramm, Heizwärme unter 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter

Nullenergiehaus: Im Jahresdurchschnitt erzeugen die aktiven Komponenten des Hauses so viel Wärme und Strom, wie im Haus benötigt wird.

Nullheizenergiehaus: Die Bilanz wird lediglich auf die Heizwärme bezogen.

Plusenergiehaus: Das Haus ist im Jahresdurchschnitt ein Kraftwerk und erzeugt mehr, als es braucht.

Effizienzhaus Plus: Bundesweite Forschungsinitiative für Plusenergiehäuser mit definierten Bedingungen.

KfW-Effizienzhäuser: Von der Förderbank KfW definierter Standard, der sich am Referenzhaus orientiert.

Die Beispielhaushalte

Bei einer Energieberatung (→ Seite 240) wird darauf geachtet, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen möglichst gut zu Ihrer Ausgangslage passen. Denn jedes Haus ist anders, jeder Haushalt auch.

Drei Beispielhaushalte begleiten Sie durch dieses Buch. Die drei unterschiedlichen Ausgangslagen und die dazu passenden Planungen machen die verschiedenen Techniken auf dem Weg zur Energieautarkie anschaulich, mit Varianten und Angaben zu Kosten, Nutzen, Autarkiegrad und Umweltentlastung.

Welcher Haushalt entspricht Ihrer eigenen Situation am ehesten? Suchen Sie sich den zu Ihrem Strom- und Wärmeverbrauch passenden Beispielhaushalt aus. Abweichungen zu Ihrer Ausgangslage können Sie in den **interaktiven Tabellen** (Download → Seite 7) berücksichtigen.

Der Autarkiegrad der vorgestellten Varianten wird in einem oder mehreren Symbolen deutlich: Die Zahlen in blauen Kreisen zeigen den Wert der Stromautarkie und diejenigen in roten Kreisen den Wert der Gesamtautarkie, bezogen auf Strom und Wärme.

Haushalt A – unsanierter Altbau

Haushalt A besteht aus zwei Personen, die in einem Einfamilienhaus mit 120 Quadratmetern Wohnfläche leben. Die 30 Jahre alte

Ölheizung übernimmt auch die Warmwasserversorgung. Nun soll das Gebäude energetisch saniert werden, jedoch sind keine Wärmedämmmaßnahmen vorgesehen.

Die A's möchten jetzt investieren, um in Zukunft mit möglichst geringen Energiekosten leben zu können.

Haushalt B – sanierter Altbau

Die B's sind eine junge, vierköpfige Familie. Vor Kurzem haben sie ein Einfamilienhaus mit 140 Quadratmetern Wohnfläche erworben. Im Zuge des Umbaus wird die Außenfassade gedämmt und neue Fenster werden eingebaut. Ein Kühlgerät und eine Waschmaschine sollen neu angeschafft werden.

Die B's wollen ihre Umweltbelastung möglichst gering halten, um ihren Kindern eine lebenswerte Welt zu erhalten.

Haushalt C – Neubau als Passivhaus

Die C's bauen ein Passivhaus (→ Seite 19) mit 120 Quadratmetern Wohnfläche, das sie zunächst zu zweit bewohnen werden. Eventueller Familienzuwachs, zwei Kinder, wurde mit eingeplant. Dank stromsparender Geräte und sparsamer Nutzung ist ihr Strombedarf relativ niedrig.

Allerdings benötigt die Haustechnik Strom, insbesondere die Lüftungsanlage. Einen Stromausfall wollen die C's durch Eigenstromerzeugung daher möglichst vermeiden.

Welchen Strom- und Wärmebedarf haben wir?

Ohne Strom funktioniert kein Haushalt. Und Wärme – ob zum Heizen, Duschen, Baden oder Spülen – ist unverzichtbar. Doch wie viel Strom, Gas, Öl oder Holz benötigen Sie zurzeit? Im Folgenden zeigen wir Ihnen, wie Sie Ihren individuellen Strom- und Wärmeverbrauch einschätzen können. Das Ergebnis ist eine wichtige Grundlage für Ihre Pläne zur „Eigenversorgung“.

In den Medien wird meist die „Energiewende“ mit einer „Stromwende“ gleichgesetzt. Doch Abbildung 4 zeigt, dass im Bun-



Abb. 4: Anteile der Verbrauchssektoren am durchschnittlichen Energieverbrauch deutscher Haushalte 2021 (eigene Berechnung nach Daten des UBA 2023)

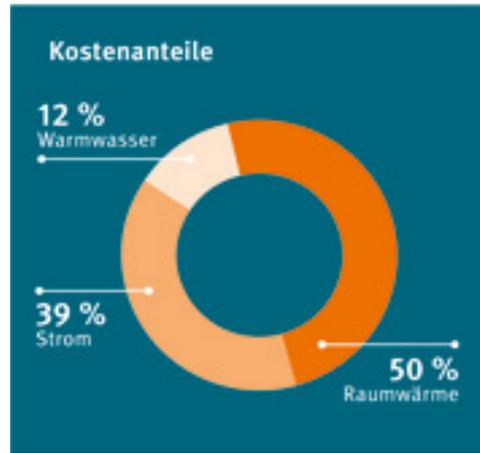


Abb. 5: Legt man Preise zugrunde, ist der kostenmäßige Anteil von Strom am Energieverbrauch noch höher.

desdurchschnitt die Haushalte wesentlich mehr Energie für Wärme (Heizung und Warmwasser) als für Strom aufwenden. Eine „Wärmewende“ ist daher unbedingt nötig. Eine „Stromwende“ ist damit aber noch nicht vom Tisch, denn Strom ist vergleichsweise teuer und wird es auch bleiben.

Strom kostet gut dreimal so viel wie die Wärmeenergieträger Gas oder Öl (Preise berücksichtigen die **Energiepreisdeckel**). Da Strom so wertvoll ist, ist es sehr viel wirtschaftlicher, für die Erzeugung erneuerbare Energien einzusetzen, als bei der Wärme. So decken erneuerbare Energien bundesweit beim Strom mittlerweile knapp 57 Prozent

 GUT ZU WISSEN

Stromtarife

In den meisten Haushalten wird der gesamte Stromverbrauch nach einem Tarif abgerechnet, das heißt, es gibt einen Arbeitspreis pro Kilowattstunde und einen Grundpreis pro Jahr, die sich allerdings bei Preisanpassungen während eines Jahres ändern können.

Gibt es nun beispielsweise eine Nachtspeicherheizung oder eine Wärmepumpe, so kann der Strom dafür über einen **Sondertarif** günstiger bezogen werden. Dann gibt es zwei Möglichkeiten: Der gesamte Haushaltsstrom und der Sondertarifstrom werden über einen Zähler abgerechnet. Oder es gibt zwei getrennte Zähler: einen

für den Haushalt und einen für die Sonderabnehmer, beispielsweise für die Nachtspeicherheizung. Der Elektrizitätsversorger legt fest, wann der Sondertarif, der **Niedertarif**, kurz **NT-Tarif**, gilt. In diesen Zeiten wird ein Signal an den Rundsteuerempfänger im Verteilerkasten gegeben und so der Strom über den NT-Zähler geleitet. Oder es wird bei einheitlicher Messung mit einem **Zweitartifizähler** das NT-Zählwerk eingeschaltet. Außerhalb der Freigabezeiten läuft der Strom über den Haushaltszähler beziehungsweise das Hochtarif-Zählwerk und wird nach dem **Hochtarif**, kurz **HT-Tarif**, abgerechnet.

(Stand 2023), bei der Wärme jedoch nur gut 17 Prozent (Stand 2022) ab. Das führt zu Überlegungen, Strom für Wärmezwecke einzusetzen – was vor einigen Jahren noch als größte Umweltsünde galt. Wichtig zu wissen ist auch, dass die Einsparung von Strom eine erheblich größere CO₂-Einsparung ergibt als diejenige von Brennstoffen. So müssten Sie gut 2,3 Kilowattstunden Gas einsparen, um dieselbe Umweltentlastung zu erzielen wie durch eine eingesparte Kilowattstunde Strom (bei derzeitigem Strommix).

So bewerten Sie Ihren Stromverbrauch

In Ihrer Stromrechnung – meist auf der zweiten Seite – finden Sie einen Kasten mit Angaben zum Jahres- und Vorjahresverbrauch in Kilowattstunden (kWh) mit den zugehörigen Tagen. Wenn hier etwas zwischen 360 und 370 Tagen steht, so können Sie den Verbrauchswert ohne Umrechnung nutzen. Bei größerer Abweichung rechnen Sie folgendermaßen: Ihr **Jahresverbrauch** ist dann der angegebene Verbrauch mal 365, geteilt durch die angegebenen Tage.

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			gering A	B	C	D	E	F	sehr hoch G
Haus	ohne Strom	1 Person	bis 1.400	bis 1.800	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.400	bis 4.500	Über 4.500
		2 Personen	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.800	bis 3.100	bis 3.500	bis 4.300	Über 4.300
		3 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 3.900	bis 4.400	bis 5.200	Über 5.200
		4 Personen	bis 2.800	bis 3.500	bis 3.900	bis 4.300	bis 5.000	bis 6.000	Über 6.000
		5+ Personen	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.200	bis 6.000	bis 7.600	Über 7.600
	mit Strom	1 Person	bis 1.500	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 4.000	bis 5.500	Über 5.500
		2 Personen	bis 2.400	bis 2.900	bis 3.300	bis 3.800	bis 4.500	bis 6.000	Über 6.000
		3 Personen	bis 3.000	bis 3.600	bis 4.100	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.500	Über 7.500
		4 Personen	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.000	bis 5.700	bis 7.000	bis 8.900	Über 8.900
		5+ Personen	bis 4.000	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.000	bis 8.200	bis 10.800	Über 10.800

Abb. 6: Klassifizierung des Stromverbrauchs bei Ein- und Zweifamilienhäusern nach Daten des Stromspiegels Deutschland 2022/23

Haben Sie einen **Eintarifzähler**? Dann gibt Ihnen Abb. 6, die auf mittleren Werten der bundesdeutschen Haushalte beruht, eine erste Einschätzung Ihres Stromverbrauchs. Sie können diese Bewertung auch online durchführen (www.stromspiegel.de). Hat es keine größeren Veränderungen in der Geräteausrüstung und in der Bewohnerzahl während der letzten Jahre gegeben? Dann bilden Sie den Mittelwert der Jahresverbräuche der letzten zwei bis vier Jahresrechnungen. Haben Sie Neugeräte angeschafft oder sind nun mehr oder weniger Personen in Ihrem Haushalt? Dann nehmen Sie nur den aktuellen Verbrauch.

Einen Zweitähler müssen Sie nicht berücksichtigen, wenn darüber kein Haushaltsstrom, sondern zum Beispiel nur die Nachtspeicherheizung abgerechnet wird.

Bei einem **Zweitarifzähler** wird es komplizierter; denn in diesem Fall wird ein Teil des Haushaltsstromverbrauchs mit dem NT-Tarif abgerechnet (dies ist meist bei

Nachtspeicherheizungen der Fall). Es hängt von Ihrer Nutzung ab, wie groß dieser Anteil ausfällt. Einige Energieversorger setzen einen Anteil von 15 bis 25 Prozent des HT-Verbrauchs zusätzlich als Haushaltsstromverbrauch an. Diesen „korrigierten“ Wert für den Haushaltsstromverbrauch finden Sie dann in Ihrer Rechnung und können damit in der Abbildung 6 die Einschätzung vornehmen. Ansonsten addieren Sie etwa ein Fünftel Ihres HT-Verbrauchs zum HT-Verbrauch und bewerten auf dieser Grundlage Ihren Haushaltsstromverbrauch. Falls Sie allerdings Ihre Haushaltsgroßgeräte gezielt in der NT-Freigabezeit einsetzen, sollten Sie den HT-Verbrauch um ein gutes Viertel des HT-Verbrauchs erhöhen.

So ermitteln Sie Ihren Heizenergiebedarf

Wenn Sie wissen, wie viel Energie Sie für Heizung und Warmwasser aufwenden, lassen sich der bauliche Wärmeschutz – Wände, Dach, Fenster, Türen etc. – und die Heiztech-

 BEISPIEL 1

Stromverbrauch

Ein Paar lebt im eigenen Haus. Ihre letzte Anschaffung war vor drei Jahren ein energiesparender Kühlschrank. Das Paar kann daher davon ausgehen, dass die Verbrauchsschwankungen im Wesentlichen auf Wittereinflüssen beruhen. Eine Mitteilung über den Verbrauch in den letzten drei Jahren weist dies aus:

Rechnung 2020:

2.577 Kilowattstunden in 360 Tagen,

Rechnung 2021:

2.365 Kilowattstunden in 366 Tagen,

Rechnung 2022:

2.800 Kilowattstunden in 380 Tagen.

Die Verbrauchswerte von 2020 und 2021 können direkt als Jahresverbräuche dienen. Für das Jahr 2022 ergibt die Umrechnung: $2.800 \text{ kWh} \cdot 365 \text{ Tage} \div 380 \text{ Tage} = 2.689 \text{ kWh}$. Der Mittelwert beträgt somit 2.544 Kilowattstunden jährlich.

Das Paar bereitet sein Warmwasser mit einer Gastherme. Es sucht nun in der Tabelle (Abb. 6) im oberen Teil (Warmwasser ohne Strom) bei zwei Personen seinen Jahresverbrauch. Dieser liegt nur knapp über 2.500 Kilowattstunden in Klasse B und ist demnach gering.

 BEISPIEL 2

Stromverbrauch

Ein Paar mit Kind lebt seit einem Jahr im neu erworbenen Haus mit Nachtspeicherheizung und elektrischer Warmwasserbereitung. Ihre letzte Jahresrechnung lautet nach Ablesewerten des Zweitarfzählers: Sie bezogen Strom, 15.566 Kilowattstunden zum Niedertarif (NT) und 2.560 Kilowattstunden zum Hochtarif (HT).

Für die Abrechnung zieht der Energieversorger 15 Prozent des HT-Stroms vom NT-Strom ab und es werden 15.182 Kilowattstunden nach NT-Tarif und 2.944 Kilowattstunden nach HT-Tarif berechnet.

Die drei achten darauf, Waschmaschine und Trockner nur während der Freigabezeit des NT-Tarifs einzuschalten. Sie nutzen somit mehr NT-Strom für ihren Haushalt, als der Versorger erwartet. Zur Korrektur wird deswegen ein Viertel des HT-Verbrauchs zum Haushaltsstromverbrauch addiert, sodass sich ein Verbrauch von 3.200 Kilowattstunden pro Jahr ergibt.

Im unteren Teil der Tabelle (Warmwasser mit Strom, Abb. 6) reicht Klasse B für drei Personen bis 3.600 Kilowattstunden jährlich. Ihr Verbrauch ist kleiner und demnach „gering“.