



Strom und Wärme

Wege zum energieautarken Haus

Strom und Wärme

Wege zum energieautarken Haus

Autor:

Dr. Johannes Spruth ist Diplom-Physiker und war langjähriger Energieberater der Verbraucherzentrale NRW.

1. Auflage 2016

© Verbraucherzentrale NRW, Düsseldorf

ISBN 978-3-86336-260-7

Hinweis zum Kopierschutz

Dieses E-Book einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verbraucherzentrale NRW.

Wir haben darauf verzichtet, dieses Buch mit einem Kopierschutz zu versehen, damit Sie es ohne Probleme auf mehreren Geräten verwenden und Textteile zum privaten Gebrauch kopieren können. Wir bitten Sie aber, von der Weitergabe einer Kopie an andere abzusehen.



Inhalt

- 4 Einführung
- 7 Das Ziel:
Ein energieautarkes Haus**
- 7 Gründe für Energieautarkie
- 15 Strom- und Wärmebedarf
- 23 Strom selber erzeugen**
- 23 Stromversorgung
- 26 Photovoltaikanlagen – Strom von der Sonne
- 36 Kleinwindanlagen
- 44 Stromspeicher
- 60 Mikro- und Nano-Blockheizkraftwerke – die stromerzeugende Heizung
- 73 Deckung des Wärmebedarfs**
- 73 Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit
- 75 Nutzung von Sonnenwärme: Kollektoranlagen
- 91 Strom zu Wärme
- 122 Biomasse nutzen: Scheitholz und Pellets
- 133 Techniken koppeln: gemeinsam geht's besser
- 160 Für den Rest: Nutzung fossiler Energieträger
- 171 Wege zum energieautarken Haus**
- 171 Beispiele für energieautarke Häuser
- 183 Steine aus dem Weg räumen: Energiedienstleistung statt Energieeinsatz
- 201 Anhang
Tabelle: Bewertung Heizenergie
- 202 Wichtige Adressen, Literatur
- 204 Adressen der Verbraucherzentralen
- 205 Stichwortverzeichnis
- 208 Impressum

Einführung

Laut einer repräsentativen Umfrage unter 2.000 Bundesbürgern halten es 37 Prozent für wahrscheinlich, im Jahr 2030 zu Hause einen Teil ihres Strombedarfs selbst zu erzeugen. 31 Prozent gaben an, dann außerdem einen Batteriespeicher zu nutzen (www.iwr.de/druckansicht.php?id=29989).

Wollen auch Sie sich von den großen Energieversorgern unabhängiger machen? Wollen Sie Ihre eigene Energiewende starten? Wollen Sie möglichst viel erneuerbare Energie einsetzen? Möchten Sie zum Klimaschutz beitragen? Dies Buch gibt Ihnen Hinweise, diese Ziele zu erreichen. Ob Strom oder Wärme – es stehen zahlreiche neue technische Systeme zur Verfügung, die ein wirtschaftliches Ergebnis bei der Eigenerzeugung ermöglichen.

Dieses Buch begleitet drei Beispielfamilien auf ihrem Weg zum energieautarken Haus. Mit Ihren eigenen Daten und Zielen können Sie diesen Weg mitgehen. Zu Beginn bestimmen und bewerten Sie Ihren aktuellen Energieverbrauch für Strom und Wärme. Dann lernen Sie Techniken kennen, wie Sie die Energiequellen auf Ihrem Grundstück nutzen können – sei es die direkte Sonneneinstrahlung, sei es der Wind, sei es die Umweltwärme. Die drei Beispielfamilien bauen diese Anlagen ein. Es gibt dabei mehrere Varianten mit unterschiedlichen Anlagengrößen. Sie erfahren etwas über Kosten, Einsparungen und welcher Autarkiegrad erreicht werden kann. Und Sie lernen die wichtige Rolle von Speichern für Strom und Wärme kennen.

Es wäre reiner Zufall, wenn eine der Beispielfamilien genau Ihrer Situation entspräche. Im Buch wird daher mit Beispielen erläutert, wie Sie die Ergebnisse auf Ihr eigenes Haus umrechnen können. Zahlreiche Annahmen beeinflussen die Ergebnisse, insbesondere die zukünftige Energiepreisentwicklung. Deswegen werden Sie keine exakten Zahlenangaben finden, sondern Bandbreiten, wie sie sich durch Variation der Annahmen ergeben: Beispielsweise ein Wert für die Einsparung bei einer Strompreissteigerungsrate von null Prozent und einer bei Steigerungsrate von vier Prozent pro Jahr. Die Wirklichkeit wird dann höchstwahrscheinlich irgendwo zwischen diesen Extremen liegen.

Es ist schwierig, mit vertretbarem Aufwand vollständige Autarkie zu erzielen. Sie werden deswegen im letzten Kapitel des Buches Hinweise und Abschätzungen finden, wie durch optimierte Nutzung und Effizienztechniken der Weg zum energieautarken Haus für die Beispielfamilien und Sie einfacher wird. Die Beispielfamilien können am Schluss einen sehr hohen Autarkiegrad erreichen – und Sie?

Am Ende jeder Variante finden Sie ein oder mehrere Symbol(e), zur Verdeutlichung des erreichten Autarkiegrades. Im Kapitel „Strom selber erzeugen“ (ab Seite 23) gibt die blaue „Torte“ die Stromautarkie an und die rote „Torte“ die Gesamtautarkie bezogen auf Strom und Wärme. In den beiden letzten Kapiteln gibt es nur noch rote „Torten“ für die Gesamtautarkie.



Beispiel: Diese Variante erzielt eine Stromautarkie von 50 Prozent, die Gesamtautarkie in Bezug auf Strom und Wärme erreicht jedoch nur fünf Prozent.

Das Buch will und kann keine Energieberatung bei Ihnen zu Hause oder gar eine Planung ersetzen – es soll Ihnen Wege aufzeigen. Wenn Sie in einem Ein- oder Zweifamilienhaus wohnen, dann ist dieses Buch für Sie geschrieben. Auch wenn Sie planen, solch ein Haus zu bauen, werden Sie Hinweise finden. Für größere Gebäude und wenn Sie es genauer wissen wollen, sollten Sie sich an einen Energieberater, Architekten oder Fachingenieur wenden – es gibt geförderte Energieberatung. Die Energieberatung der Verbraucherzentralen finden Sie unter www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

Die zahlreichen Techniken werden nur insoweit beschrieben und erklärt, als es für das Verständnis des effektiven Einsatzes nötig ist – hier gibt es genügend fundierte Fachliteratur

oder Informationen im Internet – Verweise finden Sie in den entsprechenden Kapiteln und im Anhang.

Das Buch beschreibt Möglichkeiten, Wärme, Warmwasser oder elektrische Anwendungen bereitzustellen und zeigt, wie diese Energiedienstleistungen mit möglichst geringen Kosten und Klimabelastung erbracht werden können. In Checklisten werden die Vor- und Nachteile dargestellt, um Ihnen die Entscheidung zu erleichtern, es wird dargelegt, wie Sie an die nötigen Informationen kommen, was bei Angeboten zu beachten ist, welche Anforderungen die Energieeinsparverordnung stellt, welche Fördermöglichkeiten bestehen – entscheiden müssen Sie dann aber selbst.

Die Bedingungen für Investitionen in Ihr Haus sind zurzeit günstig: Kreditzinsen sind niedrig und die Förderung ist hoch. Investieren Sie jetzt in Energieautarkie. Dann können Sie gelassen den künftigen Energiepreisteigerungen entgegensehen.



Das Ziel: Ein energieautarkes Haus

Totale Energieautarkie bedeutet eine Versorgung des eigenen Hauses mit Strom und Wärme allein aus den auf dem Grundstück vorhandenen Energiequellen. Dafür sprechen gute Gründe. Dieses Kapitel stellt dazu drei konkrete Beispielfamilien vor, die Sie durch das Buch begleiten. Zudem werden in diesem Kapitel die unterschiedlichen Baustandards samt ihren energieautarken Dimensionen erläutert. Und Sie erfahren, wie sich Ihr Energieverbrauch konkret einschätzen lässt – denn so können Sie Ihren Weg zum energieautarken Haus besser planen und realisieren.

Gründe für Energieautarkie

Bereits in den 1970er Jahren wurde „Energieautarkie“ zum Beispiel im „Centre for alternative Technology“ in Wales großgeschrieben. Bei diesem Projekt hatte sich das Centre mit Hilfe von Eigenstromerzeugung komplett von der öffentlichen Netzversorgung abgekoppelt (<http://www.cat.org.uk>). Mehrere Häuser und Gewerbebetriebe in einem alten Schiefersteinbruch werden seitdem allein über eigene Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaikanlagen mit Strom versorgt.

Energieautarke Dörfer gibt es seit einiger Zeit auch in Deutschland. Das vermutlich bekannteste ist das Bioenergie Dorf Jühnde im Landkreis Göttingen. Mit regenerativen Energien – insbesondere Biogas – wird der gesamte Wärme- und Strombedarf gedeckt und es kann

sogar noch Strom an das Umland abgegeben werden. Dadurch besteht weiterhin eine Netzverbindung.

In diesem Buch geht es um Ein- und Zweifamilienhäuser. Dafür sind Wasserkraft- oder Biogasanlagen kaum geeignet. Es gibt jedoch mittlerweile energieautarke Häuser „von der Stange“ (siehe Seite 171). Diese Neubauten sind meist mit großen Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen und Stromspeichern ausgestattet. Doch was tun, wenn man in einer „alten Hütte“ wohnt? Deutschland ist schon gebaut: Etwa drei Viertel aller Gebäude wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977 errichtet. Und auch für viele dieser „Bestandsgebäude“ gibt es Möglichkeiten einer energieautarken Versorgung. Wir stellen sie in den

folgenden Kapiteln ausführlich und mit vielen Beispielen vor.

Für die meisten Häuslebesitzer gibt es **drei gute Gründe**, sich von der allgemeinen Energieversorgung abzukoppeln und die auf das Grundstück fallende Sonnenenergie in allen ihren Formen wie Sonnenstrahlung, Wind, Biomasse zu nutzen.

1. Finanzielle Gründe:

Sonnenenergie steht allen kostenlos zur Verfügung, für Energielieferungen müssen Sie hingegen bezahlen. Zwar ist der Ölpreis mittlerweile wieder gesunken, im langjährigen Trend zeigt sich jedoch ein Anstieg der Energiekosten (siehe Abb. 1).

2. Umweltschutz:

Werden fossile Energieträger (Öl, Gas) verbrannt oder wird Strom im Kohlekraftwerk

Beispiel

In einem typischen unsanierten Einfamilienhaus, Baujahr 1962, leben vier Personen. Auf ein Jahr gesehen benötigen die vier zwischen 20.000 und 30.000 kWh Wärmeenergie und zusätzlich etwa 3.000 bis 5.000 kWh Strom. Das bedeutete im Jahr 1998 Energiekosten von etwa 1.100 bis 1.600 €. 2015 sind sie auf 2.100 bis 3.000 € gestiegen. Damit arbeiten Durchschnittsverdiener heutzutage mindestens einen Monat lang nur für die Energiekosten. Wäre es da nicht sinnvoller, dieses Geld für energetische Maßnahmen im eigenen Haus zu investieren? Zumal Geldanlagen in Niedrigzinsphasen keine attraktive Alternative sind.

erzeugt, entsteht Kohlendioxid (CO₂). Der Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre nimmt zu. Aus wissenschaftlicher Sicht ist das der entscheidende Faktor für den fortschreitenden Klimawandel: Satellitendaten zeigen, dass die Masse des Grönland-Eises jedes Jahr um

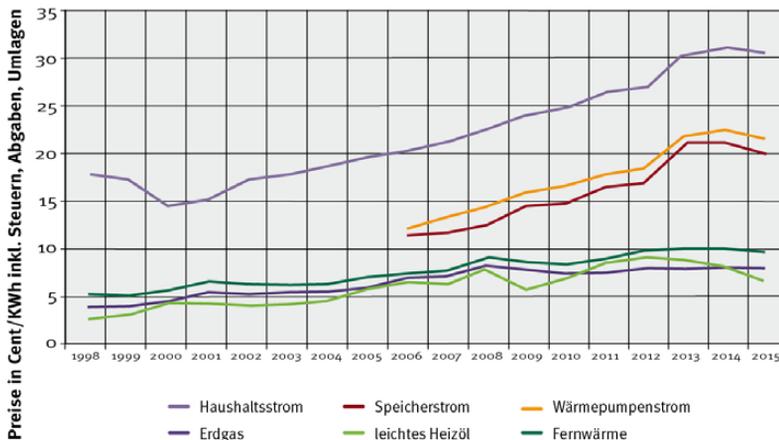


Abbildung 1: Energiepreisentwicklung von 1998 bis 2016.

Gut zu wissen

Das ppm (parts per million) ist ein Maß für das Mischungsverhältnis, die Konzentration, hier von 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 Konzentration des CO₂, desto höher steigt die Durchschnittstemperatur durch den Treibhauseffekt: Sonnenstrahlung kann die Atmosphäre durchdringen und die Erde erwärmen, aber das CO₂ hält die Wärmestrahlung zurück. Es gibt Kipp-Punkte, die unbedingt vermieden werden sollten, wenn beispielsweise der Permafrostboden in Sibirien auftaut und weitere Treibhausgase freisetzt. Klimawissenschaftler vermuten, dass dies spätestens bei einer weltweiten Erwärmung um 2 Grad geschieht, wovon bisher bereits etwa 1 Grad erreicht wurde.

Beispiel

Eine vierköpfige Familie erzeugt mit ihrer Gasheizung und ihrem Stromverbrauch eine Kohlendioxid-Belastung von etwa 6,8 bis 9,8 Tonnen jährlich. Bei einer Ölheizung wären es 8,2 bis 12 Tonnen. Zum Vergleich: Die durchschnittliche Kohlendioxid-Belastung beträgt in Deutschland circa 10 Tonnen pro Person jährlich, zusammengerechnet aus den Werten für Energieeinsatz in der Wohnung, für Nahrungsmittelerzeugung, für Mobilität, für Konsumgüter. Bei vier Personen sind es demnach etwa 40 Tonnen. Durch verringerten Energieeinsatz allein lassen sich etwa 5 bis 10 Tonnen Kohlendioxid jährlich einsparen, demnach bis zu einem Viertel der Kohlendioxidbelastung dieser Familie. Darüber hinaus entstehen bei der Verbrennung je nach Energieträger Schwefeldioxid- und Stickoxid-Emissionen, die bei der Nutzung der Sonnenenergie ebenfalls entfallen.

knapp 240 Milliarden Tonnen schmilzt (Stand 27.11.2015). Laut der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) waren die Jahre 2011 bis 2015 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 ppm (siehe Kasten).

Eine deutschlandweite Studie, finanziert durch das Bundesumweltministerium (BMUB 2015), zeigt, dass sich die Folgen des Klimawandels auch in Deutschland verstärkt bemerkbar machen werden – mit der Gefahr von Hochwassern und Hitzewellen. Der Ausweg ist die Abkehr von den herkömmlichen Energieträgern hin zur Nutzung von erneuerbaren Energien. Der Schritt zum energieautarken Haus ist also auch der Schritt zur privaten Energiewende und zum Klimaschutz.

3. Sicherheit:

Im November 2005 gab es im Münsterland ein Schneechaos: Unter der Last von Schnee und Eis brachen reihenweise die Strommasten. 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, bräche die Stromversorgung zusammen. Dann wäre es doch beruhigend, eine Eigenstromversorgung mit Notstromfunktion zu besitzen.

Der Weg zum energieautarken Haus ist nicht einfach. Damit es Ihnen leichter fällt, werden in den folgenden Kapiteln Techniken beschrieben, die dafür eingesetzt werden können – mit ihren Vor- und Nachteilen, Kosten und Nutzen.

Gut zu wissen

Energieautarkie ist leichter zu erreichen, wenn der Energieverbrauch niedrig ist. Insbesondere Maßnahmen an der Gebäudehülle – Wände, Fenster, Türen, Dach – helfen, den Energiebedarf zu senken. (Mehr dazu lesen Sie in der Fachliteratur, ab Seite 201.) Noch besser, weil konkreter, kann auch eine Energieberatung der Verbraucherzentrale sein – möglichst in Ihrer Immobilie. Mehr dazu unter www.verbraucherzentrale-energieberatung.de.

Gut zu wissen

Der spezifische 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.

Haustypen – 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 Heizungsanlagenverordnungen 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 aktuellen EnEV 2014. In der Grafik sind diese Anforderungen in einen spezifischen Primärenergiebedarf für Heizwärme umgerechnet worden. Die oberste, stufige Linie zeigt diese gesetzlichen Vorgaben.

Daneben gab und gibt es Gebäudestandards, die über das Maß der jeweiligen Verordnung hinausgehen (siehe Abbildung 2, untere Linie „Forschung/Demovorhaben“). Zunächst kam

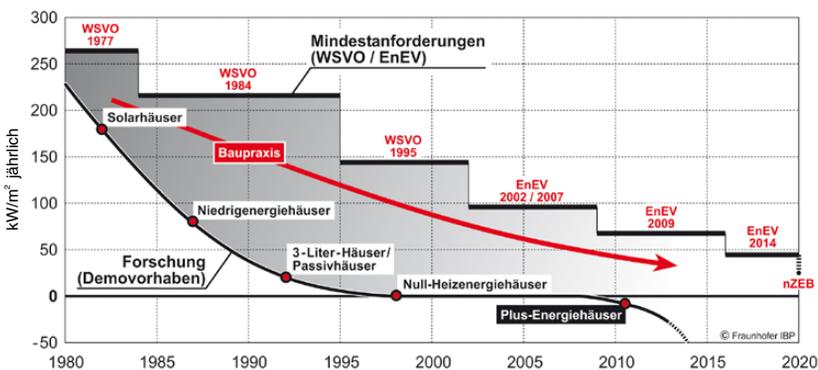


Abbildung 2: Entwicklung des energiesparenden Bauens.

in den späten 1980er Jahren, angeregt durch den Baustandard in den skandinavischen Ländern, der Begriff des **Niedrigenergiehauses** auf – umgesetzt durch einen erheblich verbesserten Wärmeschutz gegenüber dem damaligen Baustandard und durch den häufigen Einbau von Wohnungslüftungsanlagen. Allerdings wurde auch irreführend mit dem Begriff Niedrigenergiehaus geworben, obwohl kein Niedrigenergiehaus drinsteckte. Es gibt hier leider keine rechtsverbindliche Definition.

Wird der bauliche Wärmeschutz so sehr verbessert, dass die benötigte Heizwärme über passive Sonneneinstrahlung durch die Fenster und Zuheizen in der Lüftungsanlage erfolgen kann, spricht man von einem **Passivhaus**. Ein klassisches Heizsystem ist hier dann 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

Tipp

Vom Passivhaus-Institut (www.passiv.de) gibt es zertifizierte Bauelemente, sowohl für den Neubau als auch für die Altbausanierung. Bei der Auswahl der Elemente sollten Sie auf diese Zertifizierung achten.

te Ausführung in der Bauphase und die passende Auswahl der Komponenten an.

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

Anforderungen an ein Passivhaus

- Heizlast höchstens 10 Watt pro Quadratmeter
- Heizwärme höchstens 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter jährlich
- Luftdichtheit besser als 0,6 Luftwechsel pro Stunde
- Primärenergie für Heizung, Warmwasser, Stromanwendungen höchstens 120 Kilowattstunden pro Quadratmeter jährlich.
- Nachgewiesen durch die Software: Passivhaus-Projektierungs-Paket

Diese Anforderungen werden erreicht durch

- sehr gute Wärmedämmung bis ins Detail, um Wärmebrücken zu vermeiden.
- Dreifachwärmeschutzverglasung in gedämmten Fensterrahmen.
- lückenlose, luftdichte Ausführung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

Gut zu wissen

Das EEG schreibt vor, dass Strom aus erneuerbaren Energien, zum Beispiel Solarstrom, vom Netzbetreiber vorrangig ins Netz aufgenommen und mit vorgegebenen Vergütungssätzen pro Kilowattstunde eingespeistem Strom bezahlt wird. In den Anfangszeiten des EEG lag der Satz bei etwa einem Euro pro Kilowattstunde Solarstrom. Doch Photovoltaikanlagen sind mittlerweile viel preiswerter, der Solarstrom lässt sich wesentlich kostengünstiger produzieren. Daher wurde der Vergütungssatz auf derzeit etwa 12 Cent pro Kilowattstunde gesenkt. Er liegt damit erheblich unter den Kosten des Haushaltsstromes.

Tipp

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ist die Förderbank des Bundes. Sie vergibt für energiesparendes Bauen und Sanieren zinsgünstige Kredite oder bei Ein- und Zweifamilienhäusern auch Zuschüsse.

Neben Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpaketen werden **Effizienzhäuser** gefördert. Die Definition der Effizienzhäuser, die damit zusammenhängende aktuelle Förderhöhe und die Beschreibung des Antragsverfahrens finden Sie auf www.kfw.de, Rubrik „Privatpersonen“, dann weiter zum gewünschten Förderprodukt.

benötigt, so wirkt das Plusenergiehaus als Kraftwerk.

Zu Zeiten einer hohen Einspeisevergütung war es wirtschaftlich attraktiv, eine sehr große

Photovoltaikanlage zu installieren und damit die Mehrkosten der aktiven Technik zu decken. Das ist bei heutigen Vergütungssätzen des EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz, siehe Kasten oben), die weit unter den Netzstromkosten

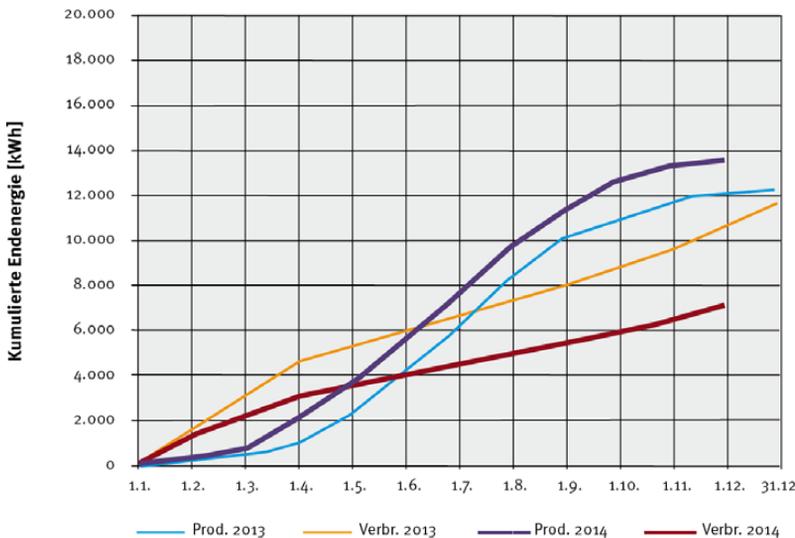


Abbildung 3: Jahresgang von Energieproduktion und Energieverbrauch beim Effizienzhaus plus des Bundesumweltministeriums.

Baustandards – auf einen Blick

Neubau: Die Anforderungen der jeweils aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV) müssen eingehalten werden. EnEV 2014 mit den Werten ab 2016: Heizwärme etwa 30 bis 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 Neubaustandard orientiert

liegen, nicht mehr in jedem Fall gegeben. Nach wie vor wird aber angestrebt, einen besseren Standard als das Passivhaus zu erzielen. Die bundesweite Forschungsinitiative „Effizienzhaus Plus“ betreut etliche Projekte in Deutschland (<http://www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/>).

Die Grafik (Abb. 3) zeigt, wie sich bei einem Plusenergiehaus in den zwei Jahren 2013 und 2014 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 (2013 im Juli, 2014 bereits im Mai) schneiden sich die Kurven und 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 um den Bedarf im Winter zu decken und die sommerlichen Überschüsse einzuspeisen, ist ein Netzaustausch nötig.

Die KfW (siehe Tipp Seite 12) orientiert ihre Effizienzhaus-Förderungen an Baustandards. Sie hat zu diesem Zweck die **KfW-Effizienzhäuser** definiert. In der jeweils gültigen EnEV ist der Neubaustandard festgelegt. Die Zahl am Effizienzhaus gibt nun an, inwieweit die Neubau- oder Sanierungsplanung den Neubaustandard erreicht. Sie möchten zum Beispiel Ihr Haus so sanieren, dass es zu einem „Effizienzhaus 85“ wird. Dann müssen Sie unter anderem nachweisen, dass der zukünftige Primärenergieverbrauch höchstens 85 Prozent eines entsprechenden Neubaus beträgt.

Beispielfamilien

Ein Energieberater (siehe Seite 187) achtet darauf, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen möglichst gut zu Ihrer Ausgangslage passen. Jedes Haus ist aber anders, sodass es eine Vielzahl an Ausgangslagen gibt. Drei Beispielfamilien begleiten Sie daher durch das Buch. Deren Planungen dienen zur anschaulichen Darstellung der Techniken in den drei folgenden Buchkapiteln. Für mehrere Varianten finden Sie Angaben zu Kosten, Nutzen, Autarkiegrad und Umweltentlastung. Welche Familie entspricht Ihrer eigenen Situation am ehesten? Suchen Sie sich das zu Ihrem Strom- und Wärmeverbrauch passende Beispiel aus. Abweichungen zu Ihrer Ausgangslage können Sie mit Korrekturfaktoren (siehe Seite 21) berücksichtigen.



Bei jeder Variante finden Sie ein oder mehrere Symbol(e), um den jeweils erreichten Autarkiegrad zu verdeutlichen: blaue „Torten“ für die Stromautarkie und rote „Torten“ für die Gesamtautarkie bezogen auf Strom und Wärme.



Familie Meier – unsanierter Altbau

Familie Meier wohnt in einem Einfamilienhaus mit 120 m² Wohnfläche. Die 30 Jahre alte Ölheizung übernimmt auch die Warmwasserversorgung. Die Kinder sind mittlerweile groß und aus

dem Haus. Nun soll das Haus energetisch saniert werden, jedoch sind keine Wärmedämmmaßnahmen vorgesehen. Meiers möchten jetzt investieren, um in Zukunft ihre Rente mit möglichst geringen Energiekosten zu belasten.



Familie Schulte – sanierter Altbau

Die Schultes sind eine junge vierköpfige Familie. Vor Kurzem haben sie ein Einfamilienhaus mit 140 m² Wohnfläche erworben. Im Zuge des Umbaus wird die Außenfassade gedämmt und die Fenster werden erneuert. Ein neues Kühlgerät und eine neue Waschmaschine sollen gekauft werden.

Schultes wollen Ihre Umweltbelastung möglichst gering halten, um ihren Kindern eine lebenswerte Welt zu erhalten.



Familie Jansen – Neubau als Passivhaus

Jansens haben vor Kurzem geheiratet. Nun soll ihr zweiter Traum in Erfüllung gehen: ein Passivhaus (siehe Seite 11) mit 120 m² Wohnfläche. Sie denken an die Zukunft und haben zwei Kinder bereits eingeplant. Dank stromsparender Geräte und sparsamer Nutzung ist der Strombedarf der Jansens niedrig. Allerdings benötigt die Haustechnik, insbesondere die Lüftungsanlage, Strom. Ein Stromausfall wäre unangenehm. Dies soll durch Eigenstromerzeugung möglichst vermieden werden.

Strom- und Wärmebedarf

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, wie Sie Ihren individuellen Wärme- und Energieverbrauch einschätzen können. Das Ergebnis ist dann eine wichtige Grundlage für Ihre „Eigenversorgungs“-Pläne.

Die Medien setzen meist die „Energiewende“ mit einer „Stromwende“ gleich. Doch die Grafik zeigt, dass im Bundesdurchschnitt die Haushalte wesentlich mehr Energie für Wärme (Heizung und Warmwasser) als für Strom benötigen. Eine „Wärmewende“ ist unbedingt nötig. Damit ist aber nicht eine „Stromwende“ vom Tisch, denn Strom ist vergleichsweise teuer.

Strom kostet etwa vier- bis fünfmal so viel wie die Wärmeenergieträger Gas oder Öl. Beim

wertvollen Strom ist es leichter, wirtschaftlich erneuerbare Energien einzusetzen, als bei der Wärme. So decken sie bundesweit beim Strom mittlerweile etwa 30 Prozent, bei der Wärme jedoch nur knapp 10 Prozent. Das führt zu Überlegungen, Strom für Wärmezwecke einzusetzen – was vor einigen Jahren noch als größte Umweltsünde galt. (Mehr zu den entsprechenden Techniken sowie deren Vor- und Nachteile finden Sie ab Seite 91). Die Einsparung von Strom ergibt eine erheblich größere Kohlendioxideinsparung als diejenige von Brennstoffen. So müssen Sie fast 2,5 Kilowattstunden Gas einsparen, um dieselbe Umweltentlastung zu erzielen wie durch eine Kilowattstunde Strom.

Erst wenn Sie Ihren Wärme- und Energieverbrauch berechnet haben, können Sie überlegen, wie dieser Bedarf möglichst weitgehend mit den auf dem Grundstück vorhandenen

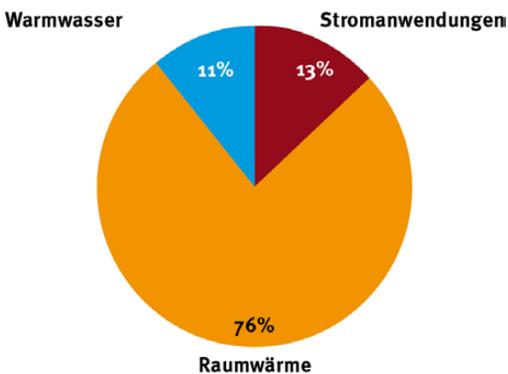


Abbildung 4: Anteile der Verbrauchssektoren am durchschnittlichen Energieverbrauch deutscher Haushalte.

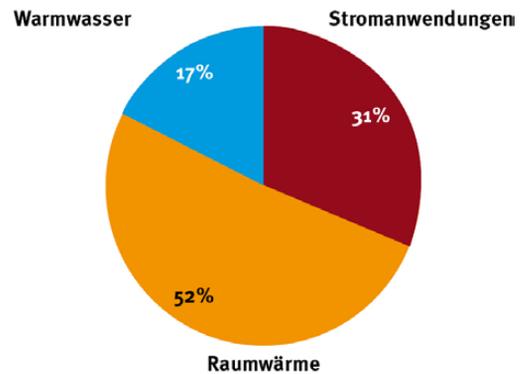


Abbildung 5: Aufteilung der Energiekosten mit einer erheblichen Ausweitung des Stromsektors.

Beispiel

Ein Paar lebt im eigenen Haus. Ihre letzte Anschaffung war vor drei Jahren ein energiesparender Kühlschrank. Das Paar kann davon ausgehen, dass danach Verbrauchsschwankungen im Wesentlichen auf Wettereinflüssen beruhen. Eine Mittelung über die letzten drei Jahre gleicht dies aus:

Rechnung 2013:
Verbrauch 2.577 kWh in 360 Tagen,

Rechnung 2014:
Verbrauch 2.365 kWh in 366 Tagen,

Rechnung 2015:
Verbrauch 2.800 kWh in 380 Tagen.

Die Verbrauchswerte von 2013 und 2014 können direkt als Jahresverbräuche dienen. Für 2015 ergibt die Umrechnung: 2.800 kWh * 365 Tage / 380 Tage = 2.689 kWh. Der Mittelwert beträgt somit 2.544 kWh jährlich.

Das Paar bereitet sein Warmwasser mit einer Gastherme. Es sucht nun in der Tabelle im oberen Teil (Warmwasser ohne Strom) bei 2 Personen seinen Jahresverbrauch. Dieser liegt nur knapp über 2.500 kWh in der Klasse B und ist demnach gering.

Energiequellen gedeckt werden kann, um Energieautarkie zu erzielen. Im Schlusskapitel (siehe Seite 183) finden Sie zudem, wie Sie Ihre vielleicht zu hohen Energieverbräuche senken können.

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 Tage steht, so können Sie den Verbrauchswert ohne Umrechnung nutzen. Bei größerer Abweichung rechnen Sie folgendermaßen:

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			Gering			Sehr hoch			
			A	B	C	D	E	F	G
Ein- oder Zweifamilienhaus	ohne Strom	1	bis 1.500	bis 2.100	bis 2.700	bis 3.200	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		2	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.300	bis 3.800	bis 4.500	über 4.500
		3	bis 2.600	bis 3.200	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.500	über 5.500
		4	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000
		5+	bis 3.500	bis 4.300	bis 5.000	bis 5.500	bis 6.500	bis 8.000	über 8.000
	mit Strom	1	bis 1.800	bis 2.400	bis 3.000	bis 3.600	bis 4.300	bis 6.000	über 6.000
		2	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.700	bis 6.500	über 6.500
		3	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.400	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.500	über 7.500
		4	bis 3.500	bis 4.400	bis 5.000	bis 5.800	bis 6.600	bis 8.200	über 8.200
		5+	bis 4.500	bis 5.400	bis 6.300	bis 7.300	bis 8.900	bis 11.300	über 11.300

Abbildung 6: Klassifizierung des Stromverbrauchs bei Ein- und Zweifamilienhäusern nach Daten des Stromspiegels Deutschland 2016.

Beispiel

Ein Paar mit Kind lebt seit einem Jahr im neuerworbenen Haus mit Nachtspeicherheizung und elektrischer Warmwasserbereitung. Ihre letzte Jahresrechnung lautet nach Ablesungswerten des Zweitarifzählers: 15.566 kWh NT und 2.560 kWh HT-Strom.

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

Die drei Bewohner achten darauf, Waschmaschine und Trockner nur während der Freigabezeit des HT-Tarifs einzuschalten. Zur Korrektur wird deswegen ein Viertel des HT-Verbrauchs zum Haushaltsstromverbrauch addiert, sodass sich ein Verbrauch von 3.200 kWh pro Jahr ergibt.

Die Familie schaut in den unteren Teil der Tabelle (Warmwasser mit Strom) bei drei Personen und erkennt, dass ihr Verbrauch bis 3.200 kWh jährlich in der Klasse A liegt und demnach „gering“ ist.

Jahresverbrauch ist angegebener Verbrauch mal 365 geteilt durch angegebene Tage.

Haben Sie einen Eintarifzähler? Dann gibt Ihnen Abbildung 6, die auf mittleren Werten der bundesdeutschen Haushalte beruht, eine erste Einschätzung Ihres Stromverbrauchs. Hat es keine größeren Veränderungen in der Geräteausstattung 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

Gut zu wissen

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 dafür der Strom 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 **Zweitarifzähler** das NT-Zählwerk eingeschaltet. Außerhalb der Freigabezeiten läuft der Strom über den Haushaltszähler beziehungsweise das Haushaltstarif-Zählwerk und wird nach dem Haushaltstarif, kurz **HT-Tarif** abgerechnet.

Damals wurde fast ausschließlich durch Großkraftwerke Strom erzeugt. Mit dem NT-Tarif sollte ein Anreiz geboten werden, den Stromverbrauch in Zeiten mit geringerem Absatz zu verlegen, hauptsächlich die Nacht, daher der Name „Nachtspeicherheizung“. Dieses „Nachtta“ gibt es zwar nicht mehr, doch treten beim heutigen Strom-Mix ab und zu Zeiten mit über dem Bedarf liegender Erzeugung auf, beispielsweise, wenn viel Wind weht und die herkömmlichen Kraftwerke ihre Leistung nicht schnell genug herunterregeln können. Es gibt deswegen Überlegungen, die Strompreise vom Wind- und Solarangebot abhängig zu machen.

Haushalt? Dann nehmen Sie nur den aktuellen Verbrauch.

Einen Zweitzähler müssen Sie nicht berücksichtigen, wenn darüber kein Haushaltsstrom, sondern zum Beispiel nur die Nachtspeicherheizung abgerechnet wird. Ansonsten addieren Sie bitte die Werte.

Bei einem Zweitarifzähler wird es komplizierter; denn in diesem Fall wird ein Teil des Haushaltsstromverbrauchs mit dem NT-Tarif abgerechnet (bei Nachtspeicherheizungen ist das meistens der Fall). Es ist nun sehr stark von Ihrer Nutzung abhängig, wie groß dieser Anteil ist. Die Energieversorger setzen oft einen Anteil von 15 bis 25 Prozent des HT-Verbrauchs zusätzlich als Haushaltsstromverbrauch an. Diesen „korrigierten“ Wert für den Haushaltsstromverbrauch finden Sie dann in der Rechnung und können damit in der Abbildung 6 die Einschätzung vornehmen. Ansonsten addieren Sie etwa ein Fünftel Ihres HT-Verbrauchs zum HT-Verbrauch dazu 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.

Heizenergie

Anhand des Energieeinsatzes für Heizung und Warmwasser lassen sich der bauliche Wärmeschutz – Wände, Dach, Fenster, Türen etc. – und die Heiztechnik insgesamt bewerten. Eine getrennte Bewertung dieser Bereiche ist so jedoch nicht möglich. Dies könnte nur im Rahmen einer Vor-Ort-Energieberatung erfolgen. Die hier vorgestellte erste Bewertung erfolgt in mehreren Schritten:

Der End-Energieverbrauch wird ermittelt:

End-Energie ist die, an der Grundstücksgrenze abgenommene, Energiemenge an Öl, Gas, Strom und Holz. Energieverluste beim Transport und der Gewinnung werden nicht berücksichtigt.

Bei einer reinen Gas- oder Stromheizung ist es einfach: Hier finden Sie den Verbrauch in kWh in Ihrer Energierechnung.

Bei einer Ölheizung müssen Sie berücksichtigen, dass nicht unbedingt vollgetankt wurde. Der Jahresverbrauch ergibt sich dann aus der Rest-Ölmenge zu Beginn des Jahres zuzüglich aller in diesem Jahr getankten Mengen abzüglich der am Jahresende vorhandenen Restmenge. Sinngemäß können Sie so auch den Verbrauch über mehrere Jahre ermitteln und dann durch die Zahl der Jahre teilen:

Die Ölmenge in Litern mal zehn ergibt dann näherungsweise die kWh Endenergie.

Wird Ihr Haus durch mehrere unterschiedliche Energieträger mit Wärme versorgt, so werden diese Endenergien zusammengezählt.

Ein Beispiel: Das Erdgeschoss hängt an einer alten Ölheizung, im Obergeschoss ist eine Gastherme installiert und im Anbau eine Elektro-Nachtspeicherheizung. Dann addieren Sie den Gas- und NT-Stromverbrauch und rechnen dazu die aus dem Liter-Ölverbrauch umgerechnete Ölenergie.

Ein Sonderfall ist das Heizen mit Holz. Anhand der Abbildung 7 können Sie die Holzmenge in Raummeter in die daraus gewonnene Heizenergie in kWh umrechnen.

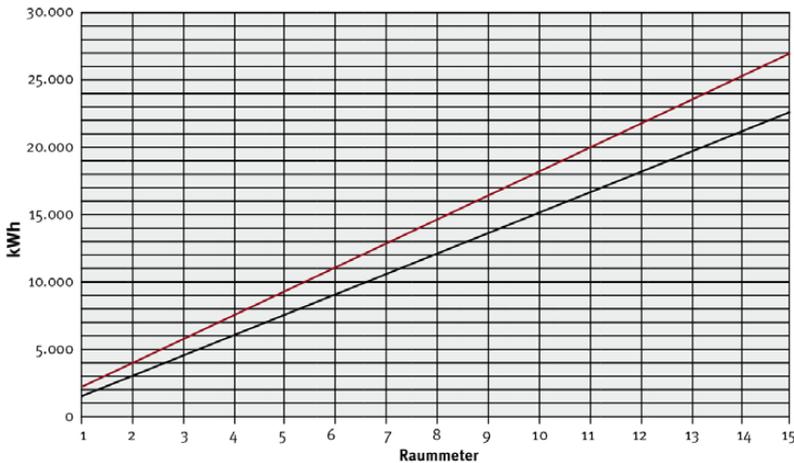


Abbildung 7: Diagramm zur Abschätzung des Energiegehaltes von Holz.

Ein Beispiel: Sie verfeuern zusätzlich vier Raummeter Holz in einem Kaminofen. Dann rechnen Sie zu der bereits ermittelten Heizenergie 6.000 bis 7.200 kWh hinzu. Diese Spannbreite beruht auf einer unterschiedlichen Qualität und dem Trocknungsgrad des Holzes. Kaufen Sie Ihr Holz als Schüttraummeter, so nehmen Sie diesen Wert mal 0,6 bis 0,7 und erhalten die Raummeter.

auf 100 Kilometer bezogen wird, so wird hier der Heizenergieverbrauch auf die beheizte Fläche umgelegt. Dieser Wert erinnert an die Energiekennzahl des Energieausweises. Allerdings liegen beiden Werten unterschiedliche Berechnungsverfahren zugrunde, sodass sie nicht vergleichbar sind. Die Bewertung des Endenergie-Kennwertes erfolgt anhand der folgenden Grafik (Abb. 8).

Der Endenergie-Kennwert wird ermittelt:

Um unterschiedlich große Häuser vergleichen zu können, wird der Endenergie-Kennwert betrachtet. Wie etwa beim Auto der Verbrauch

Die vollständige Bewertungstabelle finden Sie im Anhang (siehe Seite 201). Zur Erläuterung hier ein Ausschnitt daraus (Abb. 9). In dieser Tabelle wird berücksichtigt, wenn in der Heiz-

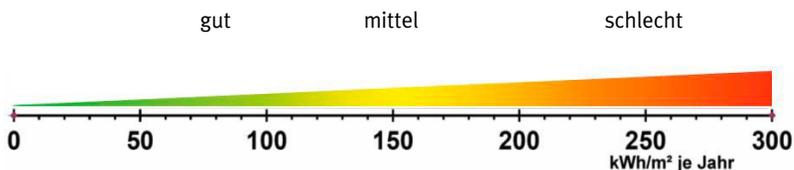


Abbildung 8: Bewertung des Endenergie-Kennwertes

Wohnfläche (m ²)	Bewertung	Personen, die aus der Heizungsanlage mit Warmwasser versorgt werden				
		0	1	2	3	4
80	gut	6400	7700	8500	9300	10100
	mittel	12000	15300	16100	16900	17700
	schlecht	20000	25800	26600	27400	28200
100	gut	8000	9300	10100	10900	11700
	mittel	15000	18300	19100	19900	20700
	schlecht	25000	30800	31600	32400	33200
120	gut	9600	10900	11700	12500	13300
	mittel	18000	21300	22100	22900	23700
	schlecht	30000	35800	36600	37400	38200
140	gut	11200	12500	13300	14100	14900
	mittel	21000	24300	25100	25900	26700
	schlecht	35000	40800	41600	42400	43200

Abbildung 9: Ausschnitt aus der Bewertungstabelle für die Heizenergie (siehe Seite 20).

energiemenge auch die Warmwasserbereitung enthalten ist, wie beispielsweise bei einer Gastherme, einem Ölkessel mit nebenstehendem Speicher oder auch einer Gasheizung mit separatem Gas-Durchlauferhitzer. Wird das Wasser mit einem Elektro-Durchlauferhitzer erwärmt, wählen Sie als Personenzahl „null“. Und so finden Sie Ihre Bewertung: Wählen Sie zunächst die Zeilen, die Ihrer Wohnfläche am nächsten kommen. Suchen Sie dann in der Spalte mit der zutreffenden Personenzahl den Endenergieverbrauch, der Ihrem Verbrauch am nächsten kommt. Der Bewertung „gut“ entspricht ein Endenergie-Kennwert von 80 Kilowattstunden pro Quadratmeter jährlich, bei „mittel“ sind es 150 und bei „schlecht“ 250 Kilowattstunden pro Quadratmeter jährlich.

Beispielfamilien

Im Folgenden geht es um die Ausgangslage der drei Beispielfamilien (siehe Seite 14).



Familie Meier

Die Meiers haben einen durchschnittlichen Stromverbrauch von 4.000 kWh jährlich.

Nach Abbildung 6 (2 Personen, Warmwasser ohne Strom) ist dieser Verbrauch als „hoch“ zu bezeichnen. Im Kapitel vier (Seite 191) versuchen Meiers, den Stromverbrauch zu verringern. Nun zur Wärme. Schritt eins: Meiers hatten Anfang 2013 einen Ölrestbestand von 1.000 Litern festgestellt. Dann haben sie 2.165 Liter im Februar 2013 getankt, im März 2014 waren es 2.480 Liter und im April 2015 nochmals 2.355 Liter. Als Endstand lasen Sie am 31. Dezember 2015 500 Liter ab. Sie errechnen somit einen Durchschnittsverbrauch über die drei Jahre:

$(1.000 \text{ Liter} + 2.165 \text{ Liter} + 2.480 \text{ Liter} + 2.355 \text{ Liter} - 500 \text{ Liter}) / 3 = 2.500 \text{ Liter}$. Dieser Heizölverbrauch entspricht 25.000 kWh Wärme.