



Besser wohnen mit Klimaschutz

17 Fakten zur
Wärmewende

böll
FAKTEN

 **HEINRICH BÖLL STIFTUNG**

Fakt	Seite
Vorwort	4
01 – Wärmemarkt	6–7
02 – Erneuerbare und Effizienz	8–9
03 – Energieträger	10–11
04 – CO₂-Preis	12–13
05 – Sanierung	14–15
06 – Gas	16–17
07 – Wasserstoff	18–19
08 – Wärmepumpen	20–21
09 – Holz	22–23
10 – Sonne	24–25
11 – Wärmenetze	26–27
12 – Fernwärme	28–29
13 – Kosten	30–31
14 – Gerechtigkeit	32–33
15 – Dämmung	34–35
16 – Baustoffe	36–37
17 – Rebound-Effekt	38–39
Verweise	40–42
Impressum	43

Vorwort

Der deutsche Stromsektor ist in die Zukunft aufgebrochen: Der Anteil von Sonne, Wind und anderen erneuerbaren Energiequellen an der Nettostromerzeugung hat im Jahr 2020 die Marke von 50 Prozent überschritten. Ganz anders sieht es bei der Wärme aus. Dort liegt der regenerative Anteil bei knapp 15 Prozent. Dabei verbrauchen wir viel mehr Ressourcen für Wärme als für Strom. Die Wärme ist daher der schlafende Riese der Energiewende.

Diese Publikation aus der Reihe Böll.Fakten möchte die Aufmerksamkeit der politischen Debatte auf Wärmeerzeugung und Gebäudeenergie lenken. Denn dort liegen entscheidende Potenziale, um den Klimawandel wirksam zu begrenzen. Welche Formen der Wärmeerzeugung sind zukunftsfähig und welche nicht? Wie schafft man es, den Gebäudeenergieverbrauch zu senken und die Kosten der energetischen Modernisierungen besser zu verteilen? Welche Rolle spielen Baustoffe? Wie passen Energieeffizienz und der Umbau zu regenerativer Wärmeversorgung am besten zusammen?

Dieses Heft verweist auf viele Lösungen – für staatliche Förderung und Regulation, aber auch für viele Akteurinnen und Akteure wie Hauseigentümer, Genossenschaften und Wohnungsbaugesellschaften. Wir wünschen uns, dass unser Heft eine anregende Lektüre ist für alle, die die Wärmewende endlich verstehen möchten – um sie dann wirksam anzupacken.

Sabine Drewes, Referentin für Kommunalpolitik und Stadtentwicklung,
Heinrich-Böll-Stiftung

Dr. Martin Pehnt, Geschäftsführer, ifeu – Institut für Energie- und
Umweltforschung, Heidelberg

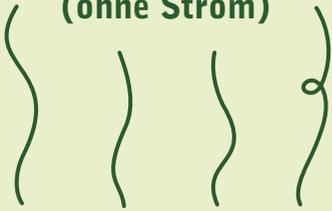
17 Fakten zur Wärmewende

«Der Wärmemarkt ist ein Sorgenkind der Energiewende.»

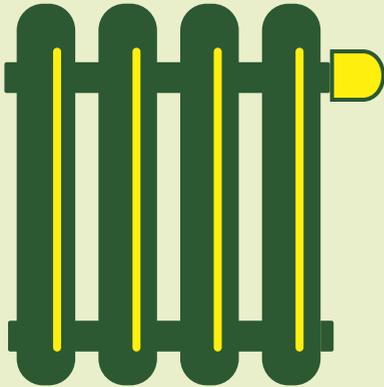
Mehr als die Hälfte unseres jährlichen Energiebedarfs von rund 2.500 Terawattstunden (TWh) nutzen wir für Wärme. Eine TWh entspricht einer Milliarde Kilowattstunden. Für industrielle Prozesswärme werden etwa 570 TWh verwendet, doch über 800 TWh gehen in Raumheizung und Warmwasserbereitung, also ungefähr 30 Prozent.⁷¹ Zum Vergleich: Der Stromverbrauch in Deutschland liegt nur bei rund 500 TWh. Der Wärmesektor ist für die Energiewende demnach noch wichtiger als der viel thematisierte Strom. Ein Haushalt im durchschnittlichen Einfamilienhaus verbraucht jährlich sechsmal so viele Kilowattstunden mittels Gas für Heizung und Warmwasser als in Strom für Licht, Waschmaschine, Kühlschrank etc.⁷²

Im Jahr 2019 stammten allein 122 Millionen Tonnen aller Treibhausgase in Deutschland aus Öl- und Gas-Heizungen.⁷³ Das sind 15 Prozent der gesamten Emissionen. Zählt man auch Emissionen dazu, die durch die Wärmeversorgung von Gebäuden mit Strom – etwa mit Wärmepumpen – und Fernwärme anfallen, verdoppelt sich dieser Anteil.⁷⁴ Dazu kommen die Emissionen aus Industriefeuerungen. Wenn wir die Ziele aus dem Klimaschutzabkommen von Paris erreichen wollen, dann brauchen wir möglichst schnell einen Übergang in eine regenerative Wärmeversorgung von effizienten Gebäuden. Die Wärme-Klimaziele für 2050 müssen jetzt verschärft werden.

Wärme und Kälte (ohne Strom)



48,8%



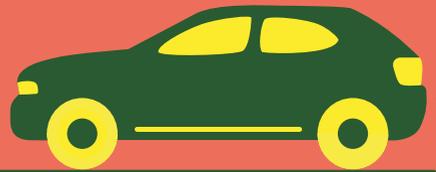
Strom



21,3%



29,9%



Verkehr (ohne Strom)

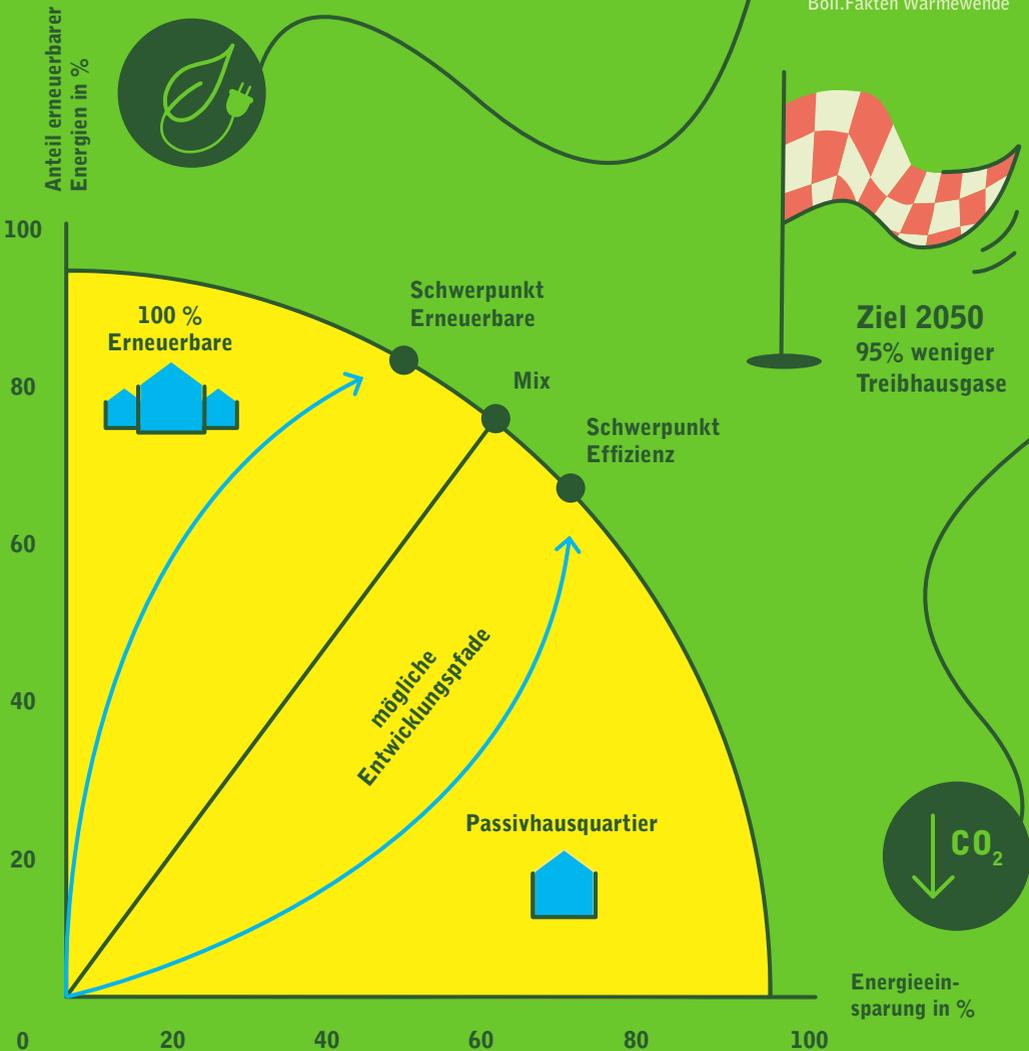
Die große Unbekannte: Wärmemarkt

Heizen, Warmwasser und Prozesswärme verbrauchen fast die Hälfte unseres Energiebedarfs in Deutschland.

«Jede Kommune braucht einen eigenen Wärmeplan.»

Klimaneutrale Gebäude, nur noch Wärme aus erneuerbaren Energiequellen – die Ziele für das Jahr 2050 sind hoch gesteckt. Einige Szenarien setzen vor allem auf die Modernisierung der Heizungsanlagen und die energetische Sanierung der Gebäude. Andere legen den Schwerpunkt auf erneuerbare Energien bei starker Nutzung von Power to Gas, also mit klimafreundlichem Strom erzeugten synthetischen Kraft- und Brennstoffen.⁷⁵ Doch das sind nur die beiden Pole. Modellrechnungen zeigen, dass sich erneuerbare Energien und Energieeffizienz in einem Gleichgewicht entwickeln müssen. Erneuerbare Energien stehen nicht unbegrenzt und kostenfrei zur Verfügung. Der beste Mix wäre aus volkswirtschaftlicher Sicht, wenn der Wärmebedarf des gesamten Gebäudebestands inklusive der schwer dämmbaren Gebäude um 40 bis 50 Prozent sinkt und die restliche Wärme mit erneuerbaren Energien bereitgestellt wird.⁷⁶

Einzelne Gebäude sollten spätestens dann bestmöglich saniert werden, wenn ohnehin Maßnahmen anstehen. Das spart Energiekosten und Investitionen für Netze, Speicher und Anlagen. In effizienten Gebäuden entfalten Wärmepumpen und Solaranlagen zudem ihr ganzes Potenzial, und so können Heizungen mit niedrigen Temperaturen betrieben werden. Die heutige Sanierungsrate von etwa einem Prozent muss deutlich erhöht werden: Anreize für Sanierungen durch qualifizierte Betriebe müssen wachsen, so dass Handwerker auch mehr Personal einstellen.⁷⁷ Einen Königsweg zum Klimaschutzziel 2050 gibt es aber nicht. Er ist abhängig von den individuellen örtlichen Gegebenheiten. Daher sollte jede Kommune ihren eigenen langfristigen «Wärmeplan» erstellen. Das spart auch Kosten, weil ohnehin anstehende Investitionen und Modernisierungen berücksichtigt werden können.



Erneuerbare und Effizienz

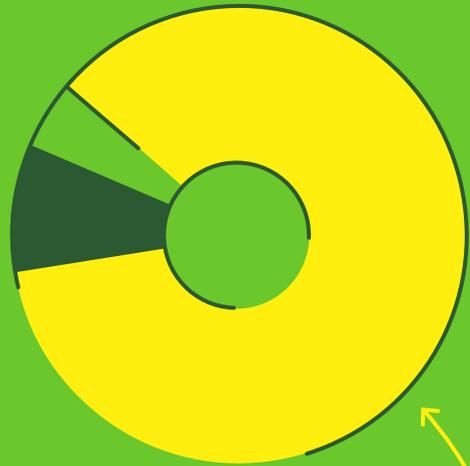
Mal stehen erneuerbare Energie, mal bessere Wärmedämmung im Mittelpunkt:
Der Weg zur Klimaneutralität kann örtlich unterschiedlich sein.

«Erneuerbare Energien im Wärmemarkt stagnieren seit zehn Jahren.»

Während Wind- und Solaranlagen auf den Strommarkt drängen, ist die Entwicklung der erneuerbaren Energien im Markt für Wärme und Kälte in den letzten zehn Jahren kaum vorangekommen. Nur 15 Prozent der Wärme stammt inzwischen aus erneuerbaren Energien.⁷⁸ Davon wiederum kommt nur ein kleiner Teil aus Solarenergie, Wärmepumpen oder Geothermie – den Energieträgern, die in großen Mengen vorhanden sind. Den größten Anteil der erneuerbaren Wärmeenergie stellt Biomasse, vor allem Holz, das nachwachsen muss und auch für andere Zwecke, zum Beispiel in der Bauindustrie, benötigt wird. Wir erzeugen Wärme noch immer zu 85 Prozent mit den fossilen Rohstoffen Öl, Gas und Kohle. Das liegt auch daran, dass fossile Energieträger jahrzehntelang die billigste Heizoption waren. Der Preis für Heizöl lag

2020 bei historisch niedrigen vier Cent pro Kilowattstunde, ungefähr halb so teuer wie vor zehn Jahren. Auf der anderen Seite wird Strom mit hohen Steuern und Umlagen belegt, so dass der durchschnittliche Strompreis bei 31 Cents pro Kilowattstunde liegt (Strom für Wärmepumpen ist etwas günstiger). Während andere europäische Länder Öl- und Gaskessel verbieten, wurden in Deutschland im Jahr 2020 über 600.000 davon verkauft:⁷⁹ sechsmal so viel wie Heizungen für erneuerbare Energien. Es zeichnet sich aber auch eine zaghafte Wende zur erneuerbaren Wärmeenergie ab, nicht zuletzt durch die erheblich verbesserte Förderung seit 2020. Der Absatz von Wärmepumpen wächst stetig. Auch die Nachfrage nach Holzkesseleln hat sich – wenn auch auf niedrigem Niveau – mehr als verdoppelt.

Energieträger beim Endenergieverbrauch für erneuerbare Wärme und Kälte



Anteil erneuerbarer Energien in %

● Strom ● Wärme ● Verkehr



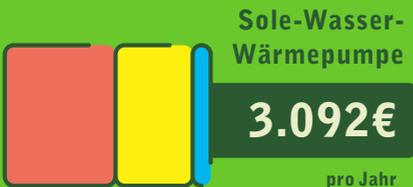
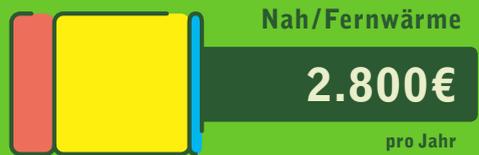
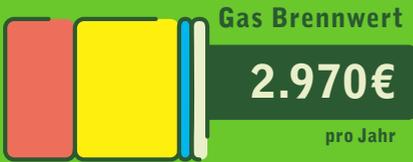
Noch keine Wärmewende

Der Anteil erneuerbarer Energien im Wärmemarkt steigt viel langsamer als im Stromsektor.

«Klimaschädliches Heizen bekommt einen jährlich steigenden CO₂-Preis.»

Klimaschutz hat bei der Entscheidung der Heizungstechnik bislang nur für wenige Menschen eine Rolle gespielt. Ab 2021 soll sich das ändern. Unternehmen, die Heizöl, Flüssiggas, Erdgas und Kohle zum Heizen in den Umlauf bringen, müssen einen CO₂-Preis zahlen. Diese Mehrkosten landen letztlich auch bei jeder Person, die ihre Wohnung oder ihren Betrieb mit fossiler Energie heizt. Der Einstiegspreis für CO₂ ist festgelegt. Er wird von 25 Euro pro Tonne CO₂ im Jahr 2021 auf 55 Euro im Jahr 2025 jährlich steigen. Danach soll der Markt den Preis regeln – Fachleute erwarten dann deutlich höhere Extrakosten. Diese Einnahmen werden unter anderem verwendet, um die EEG-Umlage abzusenken und damit Bürgerinnen und

Bürger an anderer Stelle finanziell zu entlasten. Während Gas und Öl teurer werden, wird grüner Strom also billiger. Insgesamt wird Heizen mit fossilen Brennstoffen durch den CO₂-Preis bis 2025 spürbar teurer. Für einen Haushalt in einer 70 m² großen Wohnung kommen bei einer Erdgasheizung je nach ihrem Alter 60 bis 180 Euro jährlich hinzu, bei einer Ölheizung sogar 85 bis 260 Euro.¹⁰ Steigt der Haushalt auf erneuerbare Wärme um, fallen die CO₂-Kosten komplett weg. Der CO₂-Preis ist ein wichtiger Einstieg in die Wärmewende. Um klimaneutrales Heizen durchgehend wirtschaftlich attraktiv zu machen, müsste der CO₂-Preis auf über 150 Euro je Tonne steigen.¹¹



-  Investition mit Förderung
-  Energieträger
-  Wartung und Betrieb
-  CO₂-Preis

Vollkostenvergleich des Heizungstausches bei einem teilsanierten Einfamilienhaus

Durch Förderung und CO₂-Preis ziehen Wärmepumpen und Nahwärmeanschlüsse mit Erdgas preislich gleich. Annahmen: Vollkosten für ein Jahr. 35 % Förderquote für Erneuerbare, CO₂-Preis 55 €/t.

«Wir bauen heute an der Klimabilanz der Enkel.»

Gebäude sind langlebig. Ein Wohngebäude hat eine Lebensdauer von 60 bis 100 Jahren. Heizkessel sind heute im Schnitt 17 Jahre alt.⁷¹² Fast drei Viertel der Gebäude stammen aus der Zeit vor 1977, als es noch keine Vorgaben zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien gab. Bis heute sind nur 42 Prozent der Außenwände in Deutschland gedämmt.⁷¹³ Die Sanierungsrate liegt bei einem Prozent, erforderlich wäre mehr als doppelt so viel. Gebäude, die man heute mit schlechten Energiestandards baut oder halberzig saniert, werden darum bis über das Jahr 2050 hinaus die Klimabilanz verhaseln. Ein günstiger Zeitpunkt für eine Dämmung der Außenwände ergibt sich dann, wenn ohnehin Fassadenarbeiten anstehen. Eine Isolierung von Keller und Dachgeschoss ist

immer eine gute Maßnahme. Daneben gibt es – je nach Gebäude – auch die Möglichkeit, kostengünstig die oberste Geschossdecke, Bodentreppen, Rollladenkästen oder Heizkörpernischen zu dämmen: Investitionen, die sich nach wenigen Jahren bezahlt machen. Zu einer guten Sanierung gehört auch, langfristig zu denken. Wer jetzt nicht die Mittel hat, sein Gebäude klimaneutral zu sanieren, sollte zumindest den nächsten Schritt mitbedenken. Oft ist es technisch empfehlenswert, mehrere Maßnahmen parallel anzugehen. Dabei helfen von Energieberaterinnen und -beratern erstellte individuelle Sanierungsfahrpläne. Sie denken die langfristigen Energiesparziele von Anfang an mit und planen die einzelnen Bauabschnitte so, dass sie sinnvoll ineinandergreifen.

Klimaneutralität

Böll.Fakten Wärmewende

**Heizung
20 Jahre alt?**

→ Heizungsberatung



**Brennwertkessel
kaputt?**

→ Wärmepumpe



Putz bröckelt?

→ Außenwand
dämmen



Fenstertausch?

→ Fenster in
Dämmebene setzen



Dach kaputt?

→ Dachdämmung
und Solaranlage
kombinieren



Heute

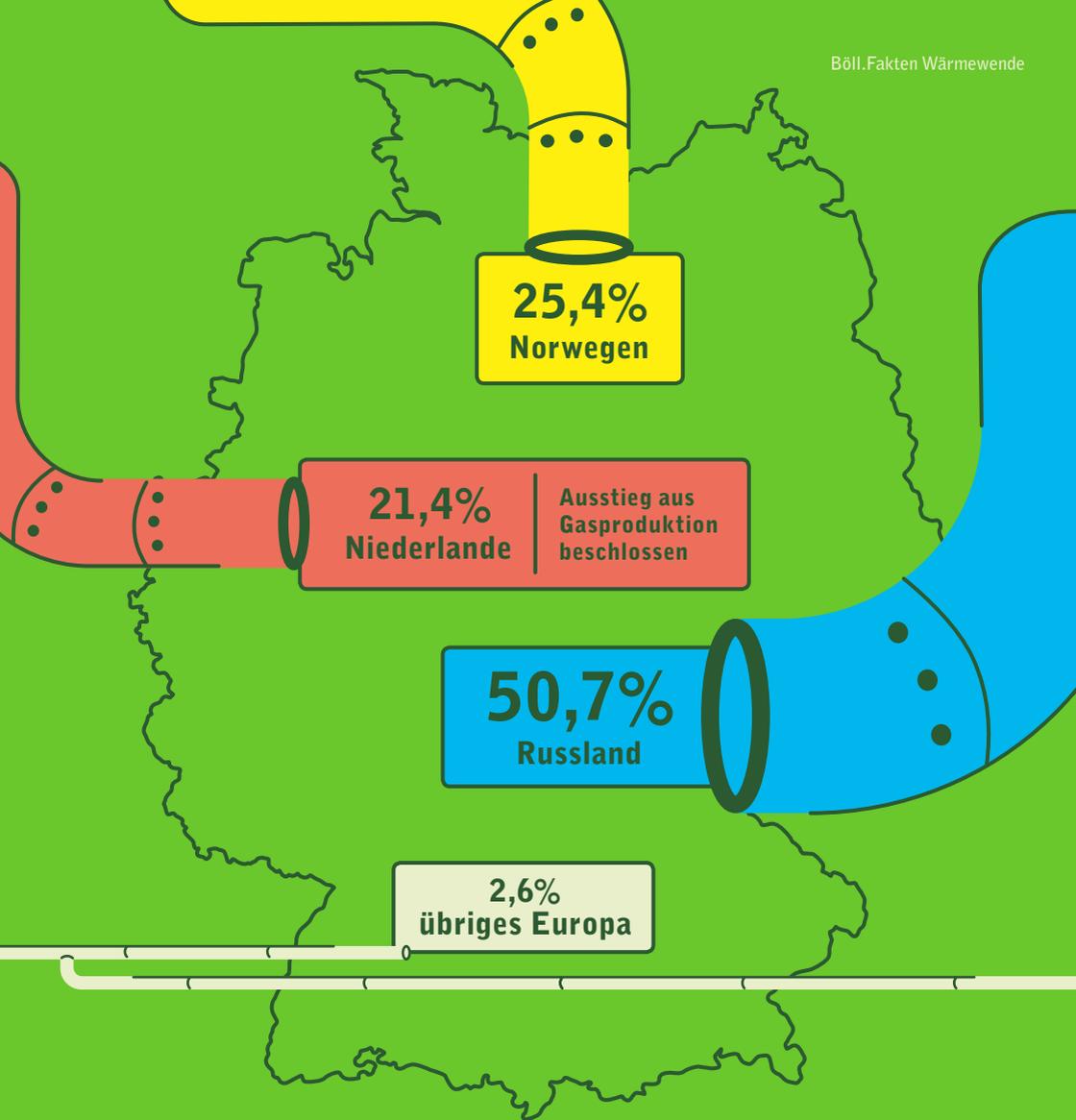
In fünf Schritten mit Plan zur Klimaneutralität

Ein Sanierungsfahrplan hilft bei der Entwicklung einer Sanierungsstrategie, die Kosten spart und Klima schont.

«Wer mit Erdgas heizt, nutzt einen Energieträger mit Verfallsdatum.»

Fast die Hälfte der Wohngebäude in Deutschland wird mit Erdgas beheizt. Das Gas gilt als «Brückentechnologie», denn es verursacht niedrigere CO₂-Emissionen als Heizöl. Erdgas ist aber trotzdem ein fossiler Brennstoff. Zudem treten Leckagen des klimaschädlichen Methans entlang der Transportkette auf. Dieser Hauptbestandteil des Erdgases ist 84mal treibhausschädlicher als CO₂.⁷¹⁴ Insgesamt stammen immerhin 168 Millionen Tonnen der in Deutschland ausgestoßenen Treibhausgase aus der Verbrennung von Erdgas.⁷¹⁵ Eine Klimastrategie muss daher auch ein Ausstiegsdatum für fossiles Erdgas festlegen. Auch ökonomisch zahlen wir einen hohen Preis. Rund 20 Mrd. Euro gibt Deutschland jährlich für Erdgasimporte aus.⁷¹⁶ Mehr als 50 Prozent des Gases kommen aus Russland.⁷¹⁷

Die Niederlande, bislang noch ein wichtiges Lieferland für deutsche Gaskunden, haben den Einbau neuer Gasheizungen inzwischen verboten und stellen die Gasförderung ein. Gleichzeitig stehen die USA und Kanada bereit, um ihr «Fracking Gas» über Flüssiggas-terminals nach Deutschland zu bringen. Damit soll die Importabhängigkeit auf Jahrzehnte festgeschrieben werden. Biomethan aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen, das dem Erdgas zugemischt wird, setzt große landwirtschaftliche Monokulturen voraus. Das Gas sowie andere erneuerbare Gase sind knappe, vielseitig einsetzbare Rohstoffe. Wir brauchen sie etwa für Anwendungen in der Stahlindustrie, für Prozesswärme oder für den Schwerlast- und Flugverkehr. Für warme Wohnungen gibt es meist bessere Lösungen.



Erdgasbezugsquellen Deutschlands

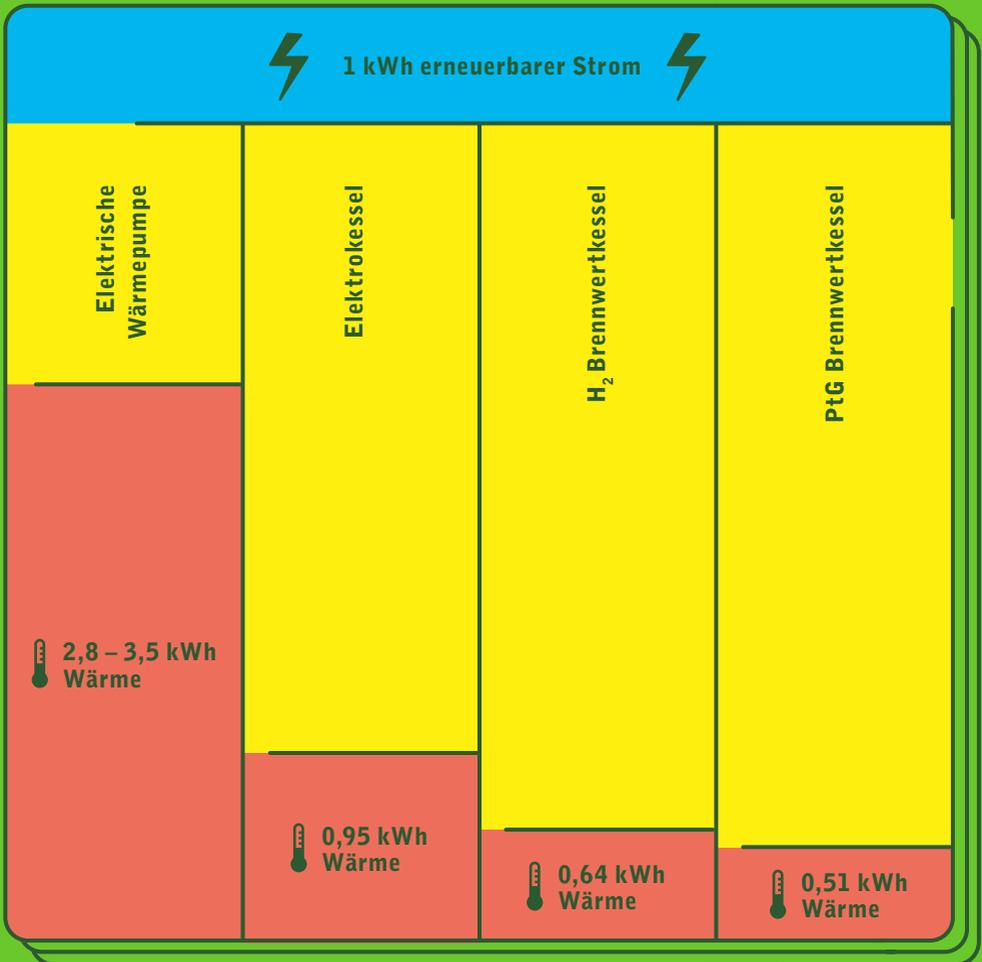
Deutschland hängt an der russischen Erdgasleitung. Jahr: 2019.

Quelle: Statista 2020, <https://bit.ly/20KN97Z>

«Wasserstoff ist gut für die Industrie, ineffizient für Gebäude.»

Die Idee, Wasserstoff als Energiespeicher und Brennstoff einzusetzen, ist alt. Jetzt steht sie kurz vor der Umsetzung in großem Maßstab. Wasserstoff wird in der Industrie, im Verkehr oder als Speichermedium für flexible Kraftwerke, die den fluktuierenden Wind- und Solarstrom ausgleichen, eine wichtige Rolle spielen.⁷¹⁸ Der Energieträger ist aber nur dann zukunftsfähig, wenn er mit grünem Strom produziert wird. Deutschland wird daher grünen Wasserstoff auch aus sonnenreichen Ländern wie in Nordafrika importieren müssen, um den Bedarf zu decken. Das Importpotenzial ist allerdings begrenzt.⁷¹⁹ Im Gebäudebereich dürfte Wasserstoff keine große Rolle spielen. Bei der Umwandlung

des Stroms in Wasserstoff und dann – in den Gebäuden – in Wärme entstehen hohe Verluste. Eine Wärmepumpe nutzt den Strom etwa fünfmal effizienter als ein Gaskessel, der mit Wasserstoff betrieben wird. Gasnetze und Brennstoffkessel auf den Betrieb mit Wasserstoff umzurüsten, wäre zudem mit erheblichen Investitionen verbunden. Eine Alternative: Wasserstoff in synthetisches Methan (auch «PtG» genannt: Power to Gas) umzuwandeln und dann wie Erdgas zu transportieren. Dabei entstehen weitere Verluste und die Preise sind entsprechend teurer als Erdgas – PtG-Methan wird im Jahr 2030 Schätzungen zufolge rund siebenmal so viel kosten wie Erdgas.⁷²⁰



Wärmemenge, die man aus
1 kWh Strom erzeugen kann

Die Effizienz von Wärmepumpen und Wasserstoff im Vergleich

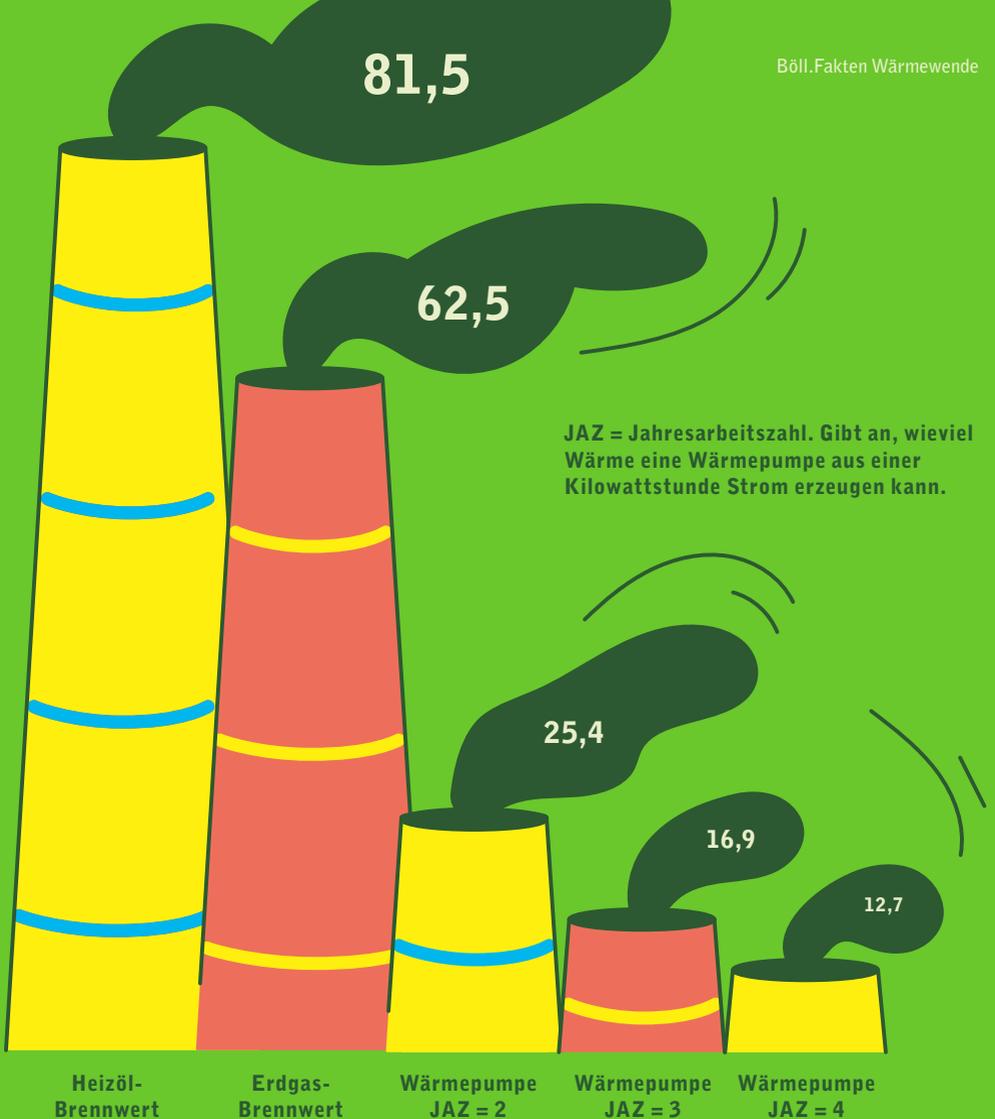
Wärmepumpen nutzen Strom am besten. PtG = Power to Gas.

Quelle: Agora Energiewende (2020), PwC (2020), ifeu (2020) (Links siehe Verweise)

«Vom Saulus zum Paulus: Das Heizen mit Wärmepumpen ist schwer im Kommen.»

Noch vor zehn Jahren galt Heizen mit Strom als Umweltsünde. Der Strommix bestand damals vor allem aus Kohlestrom und Atomenergie. Das ändert sich gerade. Der Atomausstieg wird vollzogen, der Kohleausstieg ist beschlossen. Das Ziel der Bundesregierung: Bereits 2030 sollen 65 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energien kommen. Wärmepumpen nutzen diesen Strom besonders effizient. Eine Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank. Beim Kühlschrank wird die Wärme dem Kühlraum entzogen und im Wärmetauscher auf der Rückseite des Geräts wieder abgegeben. Bei der Wärmepumpe wird der Prozess umgedreht. Eine ordentlich installierte Luft-Wärmepumpe erzeugt aus einer Kilowattstunde (kWh) Strom im Schnitt

3 kWh Wärme. Eine Erdwärmepumpe ist noch effizienter. Auch Altbauten können von Wärmepumpen versorgt werden, wenn sie gut gedämmt wurden und nur niedrige Heizwassertemperaturen erforderlich sind — z.B. durch Wand- oder Fußbodenheizungen oder großflächige Heizkörper.⁷²¹ Die CO₂-Bilanz der Wärmepumpe ist bereits mit dem heutigen Strommix gut. Eine Luft-Wärmepumpe in einem geeigneten Gebäude halbiert die Emissionen einer Ölheizung und ist etwa ein Drittel klimafreundlicher als eine moderne Gasheizung.⁷²² In den nächsten Jahren wird die Klimabilanz immer besser werden. Wärmepumpen sind nicht nur Hoffnungsträger für Einzelheizungen, sondern auch für die Wärmeerzeugung in Wärmenetzen.



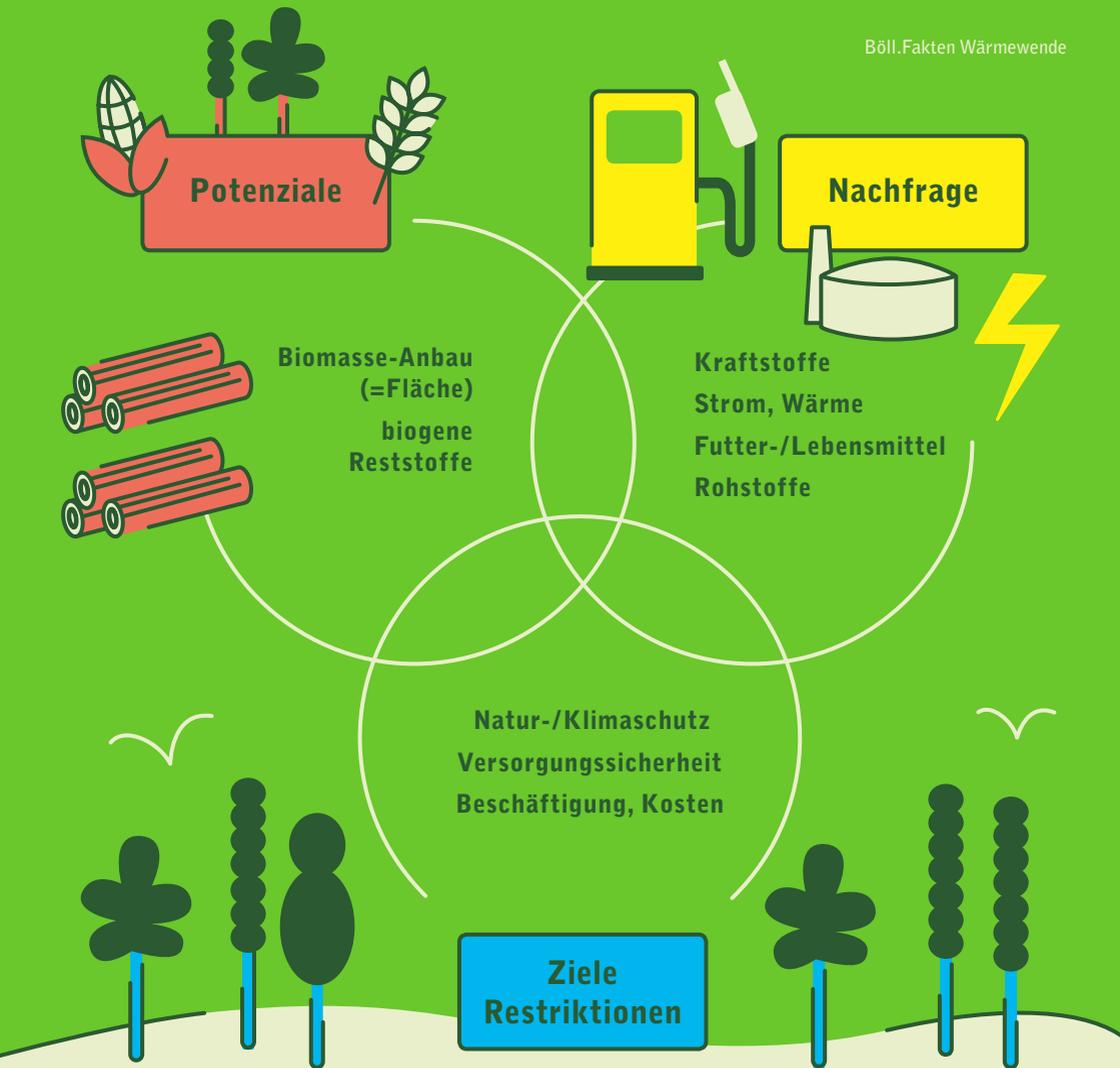
Wärmepumpen liegen beim Klimaschutz vorne

Treibhausgas-Emissionen pro kWh Wärme verschiedener Heizungen im Laufe ihrer Lebensdauer.

«Holz sollte man nur sparsam zum Heizen einsetzen.»

Holz ist ein beliebter Brennstoff. In Deutschland wurden 2019 über 150 Milliarden kWh Wärme aus Biomasse (ohne Klärgas, Deponiegas etc.) gewonnen. Rund 45 Prozent davon entfielen auf Holz in Privathaushalten, womit fast 6 Prozent des Wärmebedarfs in diesem Bereich gedeckt wurden.⁷²³ Der große Vorteil: Biomasse ist klimaneutral, wenn sie aus pflanzlichen Reststoffen oder aus nachhaltiger Landwirtschaft stammt und wenn nicht mehr verbraucht wird als nachwächst. Bei der Verbrennung wird nur so viel CO₂ freigesetzt, wie zuvor in den Pflanzen gespeichert wurde. Doch die Anbauflächen und Reststoffmengen sind begrenzt. Biomasse wird gebraucht für Prozesswärme und den Verkehrsbereich, Holz ist ein wichtiges Baumaterial. Gerade die alten Heizungen stoßen

außerdem oft höhere Mengen Schadstoffe aus. Darum sollte man auch Holz & Co. sparsam und in modernen Anlagen einsetzen. Sinn ergeben Biomasseheizungen etwa in Gebäuden, die nur schwer gedämmt werden können. Hier ist der Wärmebedarf oft so hoch, dass Wärmepumpen nicht effizient genug betrieben werden können. Auch auf dem Land ist die Holz- oder Biomasseheizung weiter sinnvoll, wenn der nächste Wald genügend Restholz liefert. Als Übergangslösung eignet sich Biomasse, wenn etwa ein Wärmenetz auf CO₂-neutrale Brennstoffe umgestellt wird und andere Alternativen noch nicht entwickelt sind. In den anderen Fällen sind Wärmepumpen aber die besseren Alternativen für das behaglich warme Heim.



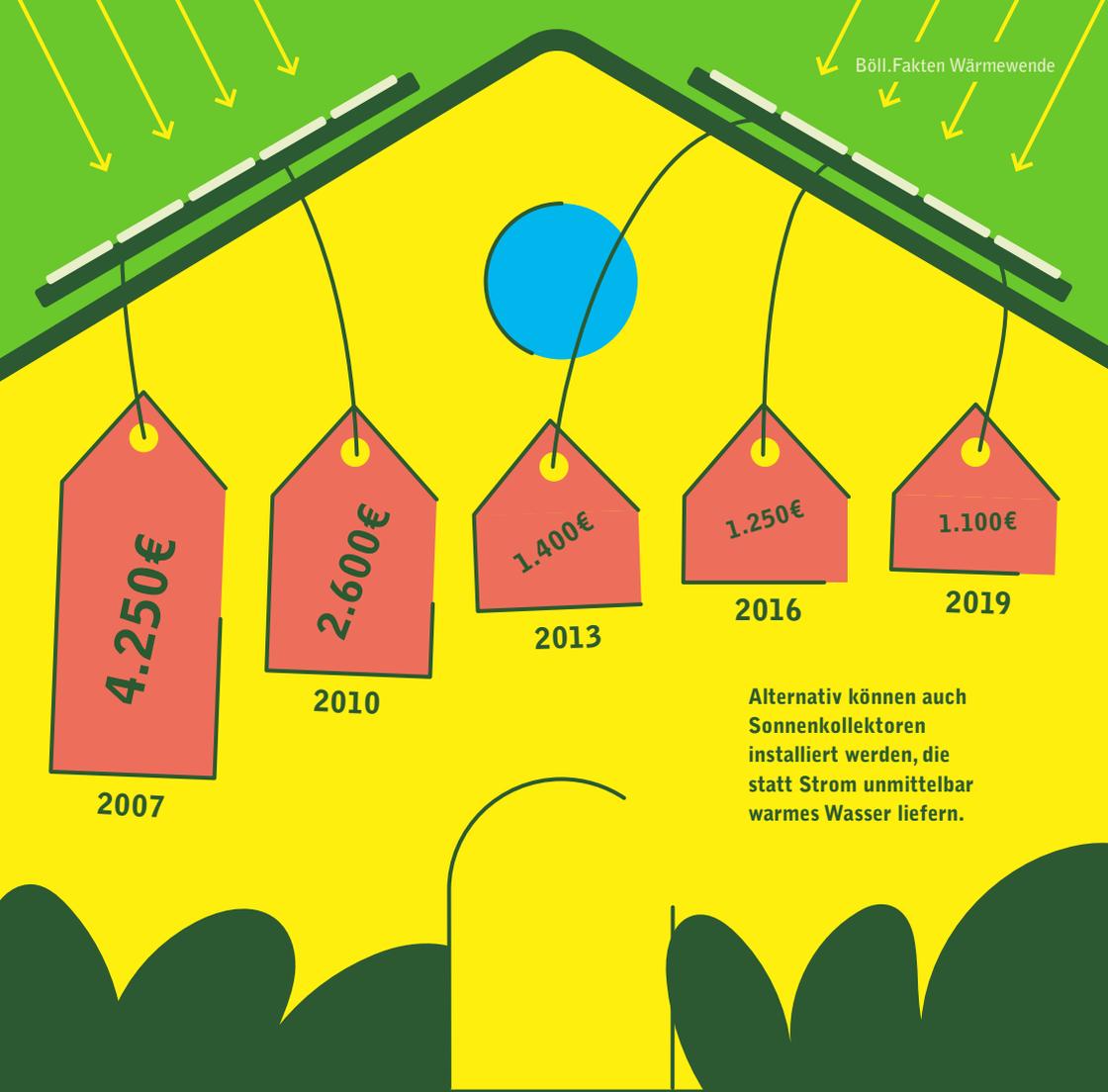
Vorteil Holz

Holz kann man für vieles gebrauchen. Deswegen muss gut überlegt sein, wo der Einsatz am sinnvollsten ist.

«Solarenergie passt auf (fast) jedes Dach.»

Solarzellen sind in den letzten Jahren unschlagbar günstig geworden. Dadurch kostet der Strom vom eigenen Dach nur noch ein Drittel dessen, was man beim Stromversorger bezahlt. Photovoltaik (PV) leistet nicht nur einen großen Beitrag zum Klimaschutz, sondern ist auch eine gute Geldanlage.²⁴ Daher gehören Solarmodule eigentlich auf jedes geeignete deutsche Dach!²⁵ Geeignet sind fast alle Flächen – Ausnahmen gibt es lediglich bei nördlich ausgerichteten oder verschatteten Dächern und bei denkmalgeschützten Gebäuden. Einige Bundesländer

verpflichten Bauende deshalb zur Errichtung einer PV-Anlage. Allerdings behindern steuerliche und rechtliche Auflagen den Siegeszug des Solarstroms.²⁶ So ist die Versorgung der Mieterinnen und Mieter mit dem Strom vom Dach eine bürokratische Herausforderung und mit finanziellen Umlagen belastet.²⁷ Was bringt der Solarstrom der Wärmewende? Die Photovoltaik-Anlage kann Strom für Wärmepumpen und Heizpatronen liefern. So wird überschüssiger Solarstrom in grüne Wärme umgewandelt, die für warmes Wasser sorgt und die Heizung unterstützt.



Vorteil Sonne

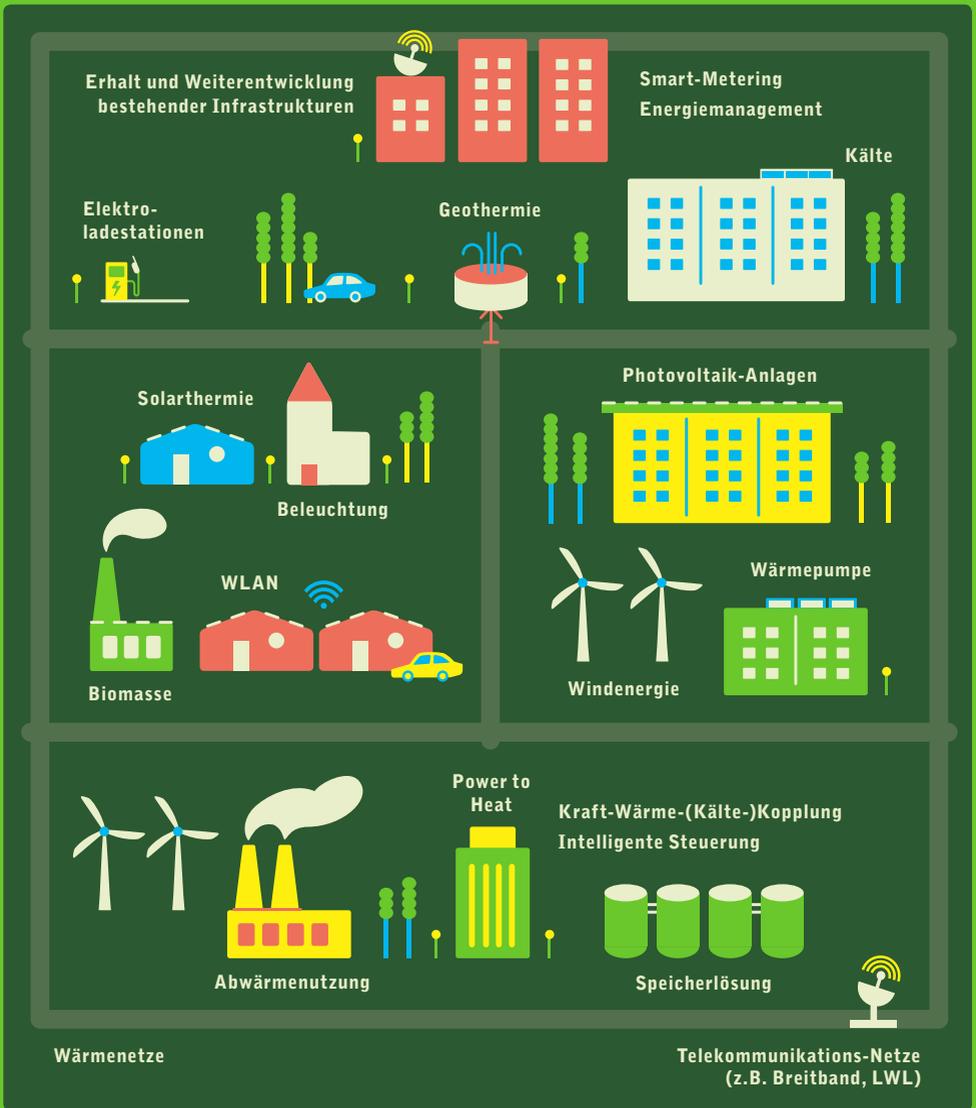
Solaranlagen werden immer billiger, daher lässt sich mit ihnen Geld sparen und das Klima schonen. Preise für fertig installierte Solaranlagen in € pro KWp.

Quelle: BSW-Solar, <https://bit.ly/3pwyAlg>

«Es gibt Lösungen für Wohnquartiere: Nahwärmenetze verbinden.»

Das Nahwärmenetz im oberbayerischen Pülach versorgt über 1.000 Haushalte aus Geothermie. 3.500 Meter tiefe Bohrungen holen über 100°C heißes Wasser aus dem Boden und verteilen es über ein Netz von Warmwasserleitungen im Dorf.⁷²⁸ Es ist ein Beispiel von tausend kleineren Wärmenetzen in Deutschland.⁷²⁹ Sie verknüpfen einzelne Gebäude mit gut gedämmten Rohren, transportieren relativ verlustarm warmes Wasser von einer zentralen Wärmequelle zu einer großen Zahl von Gebäuden und machen Einzelheizungen überflüssig. Diese «Wärmenachbarschaft» hat mehrere Vorteile: Mit Nahwärmenetzen lassen sich niedrigere Wärmekosten erreichen, und sie machen es leichter, erneuerbare Energien einzubinden. Denn hier könnten Wärmepumpen, Biogasanlagen, Abwärmequellen der Industrie, Solarwärmeanlagen, Biomassekessel

und Wärmespeicher angeschlossen werden. Ein solcher Verbund bietet sich vor allem in Städten an, wo auf den einzelnen Grundstücken kein Platz für Wärmepumpen oder Solarthermie-Anlagen ist. Darüber hinaus sind Nahwärmenetze für die Kundinnen und Kunden komfortabel, denn sie machen Wartung, Öltank und Brennstoffkauf überflüssig. Natürlich sind die Wärmeverluste größer, wenn Wärme erst transportiert statt direkt vor Ort verbraucht wird. Doch diese Verluste sind bei gut geplanten und ordentlich verlegten Wärmeleitungen gering. Je nach Dämmung, Wärmedichte und Leitungsart liegen sie bei unter zehn und selten über 25 Prozent.⁷³⁰ Die größte Herausforderung für den Bau von Wärmenetzen ist: Man muss am Anfang genügend Kundinnen und Kunden finden, damit sich die Anfangsinvestitionen in das Netz auf genügend Schultern verteilen lassen.



Vernetzte Wohnquartiere

In Nahwärmenetzen wird Wärme vor Ort gemacht und genutzt.

Quelle: energate-messenger.de, <https://bit.ly/3axGp5P>

«Auch bei der Fernwärme kann man von Kohle und Gas wegkommen.»

Rund acht Prozent der Heizenergie für Haushalte in Deutschland kommen als Fernwärme in Form von Heißwasser oder Dampf durch dicke Leitungen in die Häuser.⁷³¹ Vor allem in den Städten bestehen große Fernwärmenetze, die die Abwärme von Kraftwerken und Industriebetrieben verteilen. Wie die Nahwärme versorgt auch die Fernwärme viele Abnehmer effizient, die Wärmequellen und -speicher gemeinsam nutzen. Das gilt besonders, wenn die Wärme als Nebenprodukt «anfällt» und sonst ungenutzt verpuffen würde. Allerdings stammt aktuell etwa ein Viertel der Fernwärme aus Kohlekraftwerken: 56 Kraftwerke speisen Wärme ein.⁷³² Über 40 Prozent der Wärme kommt aus Gaskraftwerken.⁷³³ Deutschland wird seine Klimaziele

aber nur erreichen, wenn wir schnell aus der Kohle aussteigen – möglichst schon bis 2030.⁷³⁴ Wir müssen unsere Fernwärmenetze also zügig auf klimaneutrale Wärmequellen umrüsten. Dazu müssen wir erneuerbare Energien und Abwärme noch konsequenter dort «ernten», wo wir sie finden. Wärmepumpen können aus Abwässern, der Erde, Gewässern und der Umgebungsluft Wärme gewinnen. Regionen wie Bayern, der Oberrheingraben und große Teile der norddeutschen Tiefebene können ganz oder teilweise auf Geothermie umsteigen. Mehr Flächen können der Solarthermie dienen. Voraussetzung für einen zügigen Umstieg ist ein Ende der Subventionen für fossile Energieträger in der Fernwärme.⁷³⁵

**Heizkraftwerksstandorte
mit Einspeisung in
Netze der allgemeinen
Versorgung**

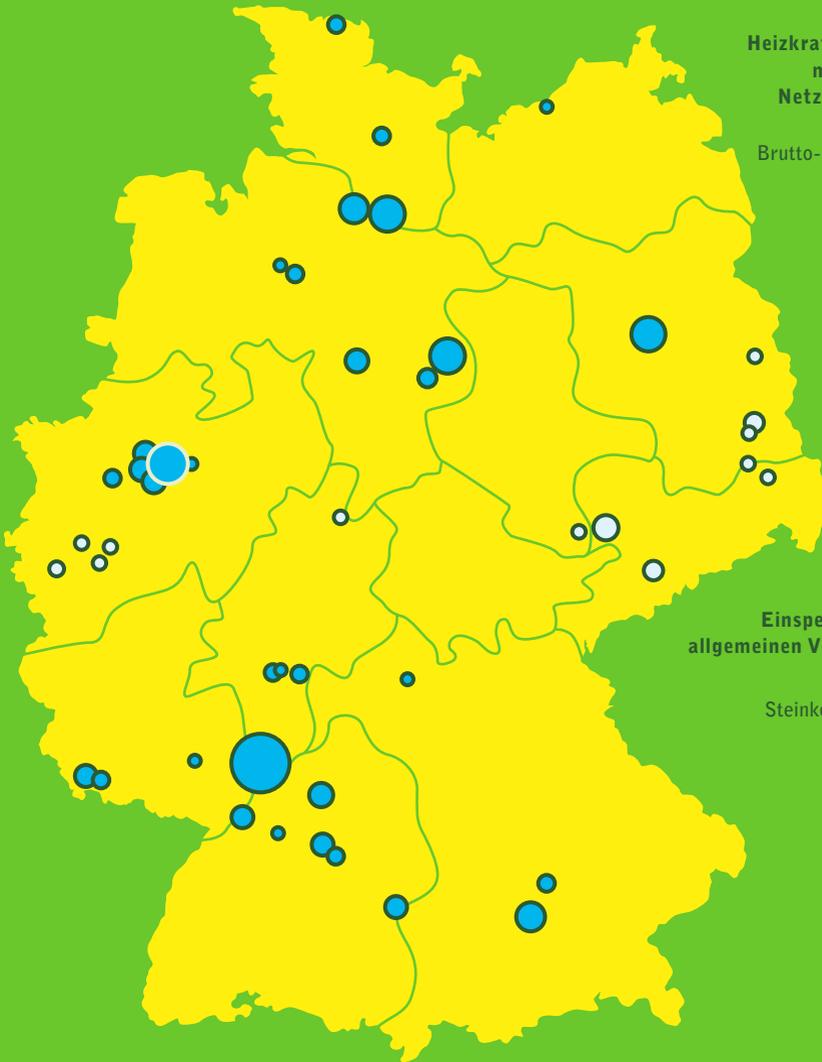
Brutto-Fernwärmeleistung
(MWth)



- Braunkohle
- Steinkohle

**Einspeisung in Netze der
allgemeinen Versorgung geplant**

Steinkohle (Datteln 4)



Baustelle Wärmewende

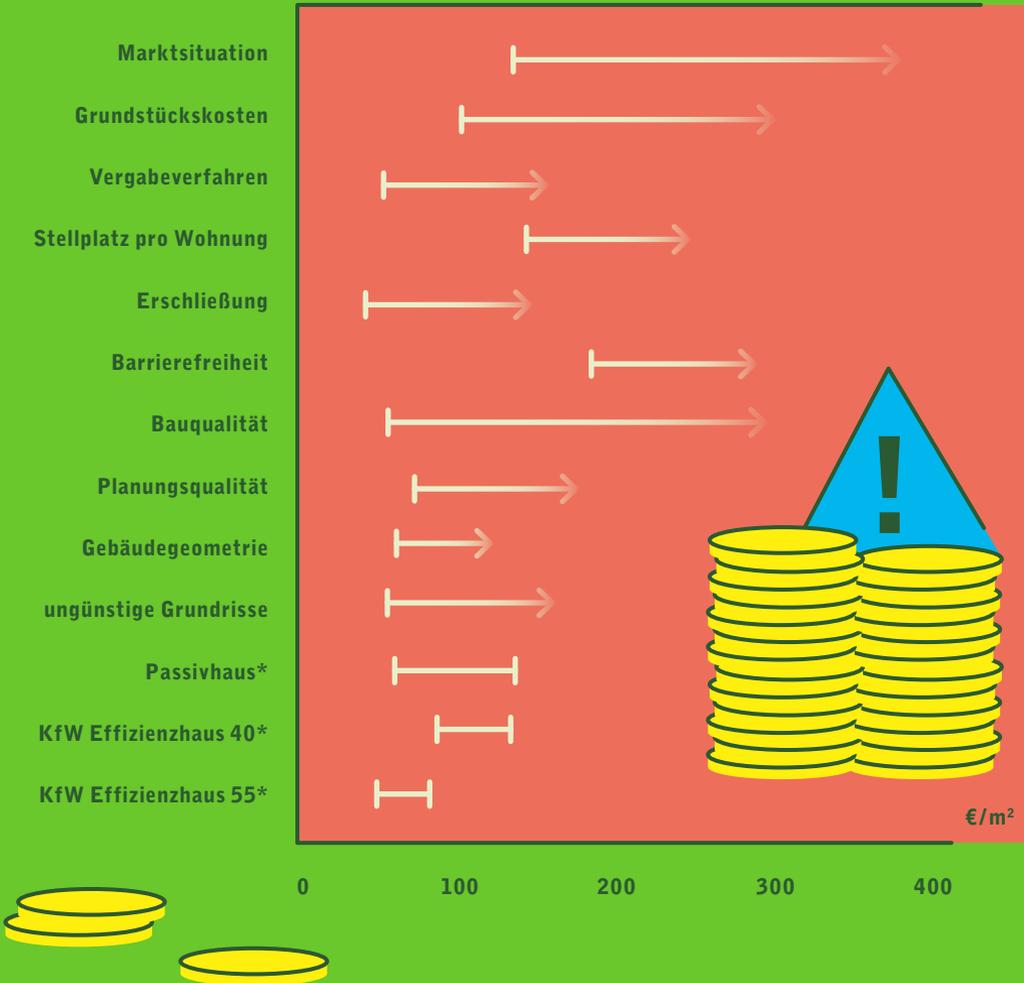
Die Fernwärme hängt zurzeit immer noch an fossilen Kraftwerken.

Quelle: ifeu, <https://bit.ly/38G79j6>

«Die Investition in energieeffiziente Gebäude lohnt sich.»

Wohnen wird gerade in den deutschen Großstädten immer teurer. Vor allem Grundstückspreise, Stellplätze, Barrierefreiheit, aber auch die hohe Nachfrage und kostspieligeres Bauhandwerk treiben die Kosten in die Höhe. So sind alleine zwischen 2011 und 2016 die Grundstückspreise in Großstädten mit angespannten Wohnungsmärkten um 33 Prozent, in besonders attraktiven Großstädten sogar um 42 Prozent gestiegen.⁷³⁶ Welchen Einfluss haben Energieeffizienz und erneuerbare Energien bei diesen Verteuerungen? Eine viel zitierte Studie errechnet Mehr-Investitionskosten zwischen sechs und sieben Prozent, bezogen auf die reinen Bauwerkskosten durch die gesetzlichen Effizienzanforderungen aus dem Jahr 2016.⁷³⁷ Dem stehen Energieeinsparungen über Jahrzehnte gegenüber. Andere Studien kommen auf Mehrkosten von zwei bis sieben Prozent,

abhängig vom Grad der Energieeffizienz.⁷³⁸ Gründliche und systematische Planung, verbunden mit standardisierten Produkten und Bauverfahren, können diese Kosten weiter senken.⁷³⁹ Berücksichtigt man zusätzlich die gute staatliche finanzielle Förderung, sind die Investitionskosten für hocheffiziente Gebäude meist noch niedriger.⁷⁴⁰ Eine Studie des Energieinstituts Vorarlberg kommt zum Schluss, dass man die niedrigsten Lebenszykluskosten bei Gebäuden erreicht, die die gesetzlichen Standards deutlich unterschreiten.⁷⁴¹ (Die Lebenszykluskosten betrachten die Kosten eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus von der Planung bis zum Abbruch.) Selbst bei den heutigen Energiepreisen und ohne die kommenden Kosten für CO₂-Emissionen lohnen sich energetisch hochwertige Gebäude: für den Einzelnen und fürs Klima.



Faktoren, die die Kosten von Neubauten unterschiedlich beeinflussen

Die Baukosten für mehr Klimaschutz sind vergleichsweise gering.

* Mehrkosten gegenüber Gebäuden nach gesetzlichem Standard

«Die Kosten für Sanierungen sind nicht gerecht verteilt.»

Klimaneutrale Gebäude gibt es nicht umsonst. Darum bietet die staatliche KfW Förderbank günstige Kredite für die energetische Sanierung. Der Austausch einer Ölheizung gegen eine Solar- oder Holzheizung wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beispielsweise mit einer Förderung von 45 Prozent bezuschusst.⁷⁴² Eine energetische Sanierung senkt die Energiekosten und macht so unabhängiger von den steigenden Öl- und Gaspreisen. Sie hilft, den Wert des Hauses oder der Eigentumswohnung langfristig zu erhalten, und lohnt sich deshalb für Eigentümerinnen und Eigentümer, auch wenn sich die Kosten erst nach einiger Zeit amortisiert haben. Mieterinnen und Mieter sehen Sanierungen häufig mit gemischten Gefühlen entgegen. Weil Vermieterinnen und Vermieter bei Modernisierungen 8 Prozent der Kosten umlegen dürfen, steigt die Miete

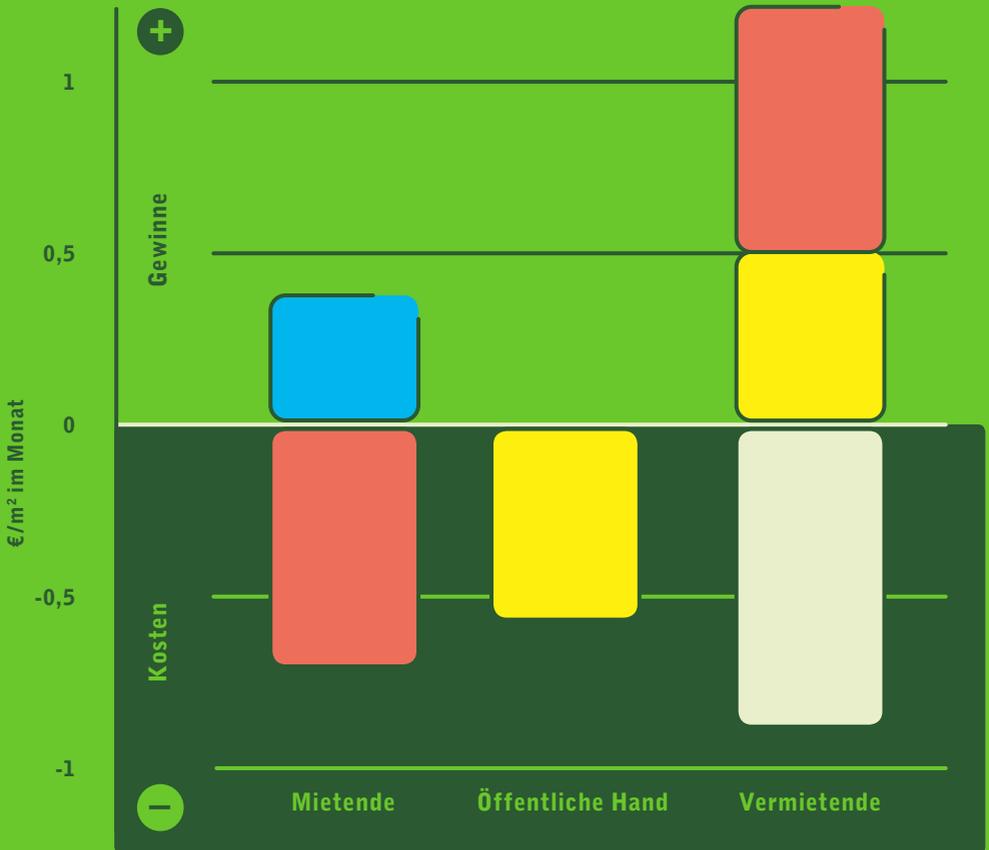
oft.⁷⁴³ Die Heizkosten für die Mieterinnen und Mieter sinken durch die energetische Sanierung nicht stark genug, um die Mietsteigerungen abzufedern. In der Regel erhöhen sich die Wohnkosten um 20 bis 30 Prozent. Genossenschaften zeigen, dass es auch anders geht: Bei sinnvoll gewählten Sanierungsmaßnahmen steigen die Mieten kaum.⁷⁴⁴ Die Einnahmen aus der CO₂-Steuer sollten in weitere Fördermaßnahmen und in ein Klimawohngeld für sozial Bedürftige fließen. Um Mieterinnen und Mieter in angespannten Wohnungsmärkten nicht noch weiter zu belasten, gibt es Vorschläge, anspruchsvolle Maßnahmen stärker zu fördern und die Förderung den Vermieterinnen und Vermietern zugute kommen zu lassen. Im Gegenzug kann die Modernisierungumlage weiter abgesenkt werden. Das wäre eine Win-win-Situation für alle gleichermaßen.⁷⁴⁵

● Erhöhung der Nettokaltmiete gem. §559 BGB (Modernisierungsumlage)

● Modernisierungskosten von energetischen Maßnahmen

● Fördermittel

● Warme Betriebskosten



Kosten der energetischen Sanierung

Aufteilung der Gewinne und Verluste zwischen Mietenden, Vermietenden und öffentlicher Hand, wenn eine Förderung in Anspruch genommen wird.

«Dämmung ist viel besser als ihr Ruf.»

Die Wärmewende kann nur gelingen, wenn die Wärme in den Häusern bleibt. Bei ungedämmten Altbauten entwischt die meiste Wärme durch das Dach, die Fenster und die Außenwände. Bei einem gut gedämmten Haus muss weniger geheizt werden, und es ist deutlich behaglicher.⁷⁴⁶ Doch nicht alle Fassaden können von außen gedämmt werden. Stuck- und Backsteinfassaden sind zum Beispiel ein wichtiges Zeugnis der Baukultur und sollten nicht hinter Dämmstoffen verschwinden. Solche Fassaden lassen sich oft von innen dämmen. Dass eine Dämmung zu Schimmel führt, stimmt nicht. Im Gegenteil: Ungedämmte Wände sind kälter, was dazu führt, dass an ihnen die Luftfeuchtigkeit aus der Raumluft kondensiert.⁷⁴⁷

Auch das Vorurteil, dass die Herstellung der Dämmung mehr Energie braucht, als sie am Ende einspart, ist falsch. Die eingesetzte Energie amortisiert sich in der Regel innerhalb von wenigen Jahren.⁷⁴⁸ Alle Auswertungen zeigen, dass Modernisierungen in der Summe zu großen Einsparungen führen. Das Forschungsprojekt «Modellvorhaben Effizienzhäuser» etwa hat 60 Bauvorhaben ausgewertet und eine durchschnittliche Energieeinsparung von 76 Prozent berechnet.⁷⁴⁹ Dämmstoffe sind inzwischen auch kein Sondermüll mehr – das giftige Flammschutzmittel HBCD wurde 2015 ersetzt. Zunehmend werden trennbare Dämmstoffe und Verfahren für das Recycling von Dämmstoffen entwickelt.

Herausforderungen

- Investitionskosten
- Aufwand
- Erhaltenswerte Fassade
- Architektonische Gestaltung

Vorteile

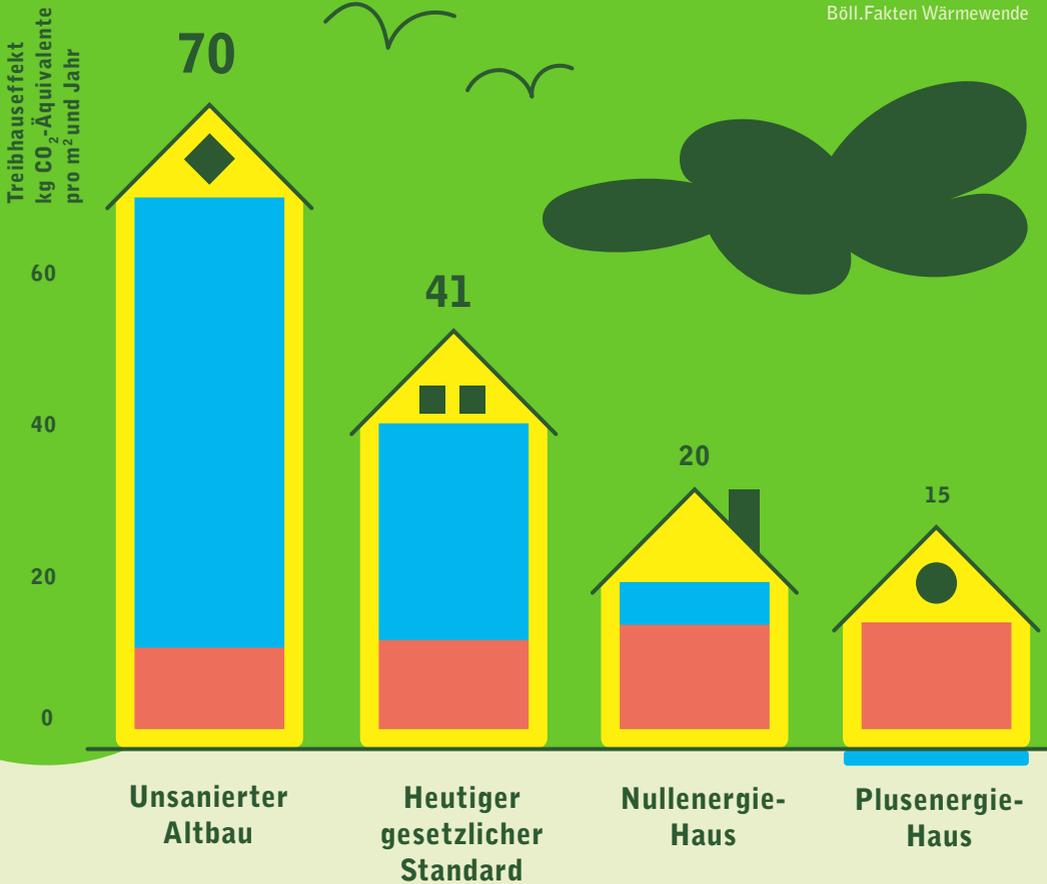
- Wertsteigerung des Gebäudes
- Verbesserter Feuchteschutz
- Wohnbehaglichkeit und ausgeglichenes Wohnklima
- Energieeinsparung & Klimaschutz
- Spart Heizkosten
- Verhindert Schimmel
- Hohe Förderung

**Herausforderungen
und Vorteile einer Dämmung**
Gut gedämmt wohnt es sich wohlicher.

«Wer energieeffizient und ökologisch bauen will, muss auf klima- und ressourcenfreundliche Baustoffe achten.»

Die meisten Neubauten sind heute sparsam im Verbrauch. Daher nimmt die Herstellung an Bedeutung zu. Wichtige traditionelle Baustoffe wie Beton, Ziegel und Glas werden unter hohem Energieeinsatz hergestellt. Dazu kommen Transport, Verarbeitung und Entsorgung der Baustoffe. Auch Keller und Tiefgaragen machen sich in der Bilanz deutlich bemerkbar. Diese unsichtbare Energie, die im Gebäude steckt, nennt man «graue Energie». Im gesamten Lebenszyklus eines typischen Neubaus – vom Bau über die Nutzung bis zum Abriss – macht sie inzwischen 25 bis 40 Prozent der gesamten Energiebilanz aus.⁷⁵⁰ Es lohnt sich also, hier stärker auf klima- und ressourcenschonende Materialien zu setzen. Massive Wände aus Beton oder Kalksandstein haben einen hohen Anteil am Treibhauspotenzial eines Gebäudes. Besser sind

z.B. herkömmliche Ziegel, richtig gut Lehmwände mit Holzdämmung. Und wenn man Holz auch für die tragenden Teile verwendet, dreht sich das Treibhauspotenzial sogar um: Für das Wachstum dieser Balken wurde der Atmosphäre CO₂ entzogen.⁷⁵¹ Im Vergleich zu den «schweren» Baustoffen für Wände und Decken ist der Energieeinsatz für die Herstellung der Wärmedämmung hingegen gering. Eine energetische Sanierung von Bestandsbauten ist bereits dann sinnvoll, wenn sie mit Hartschaum-Platten auf Erdölbasis erfolgt, erst recht aber mit Dämmstoffen aus Rest- und nachwachsenden Rohstoffen. Ganz klar zeigt sich: Die Gesamt-Klimabilanz eines hoch effizienten Gebäudes (z.B. das «Effizienzhaus 40») ist auch dann besser als ein Gebäude nach derzeitigem Gesetzesstandard, wenn man die graue Energie berücksichtigt.



Betrieb

Konstruktion

Besser bauen mit klimaschonenden Baustoffen

Null- oder Plusenergie-Häuser stoßen im Betrieb sehr wenig Treibhausgase aus. Umso mehr sollte man auf umweltfreundliche Baustoffe achten.

«Besser statt mehr: Mit kluger Planung lassen sich Ressourcen sparen.»

Die Wohnfläche pro Kopf ist in Deutschland seit Jahren kontinuierlich angestiegen und hat so die Energieeinsparungen pro Quadratmeter wieder aufgefressen. Mit derzeit 46 m² pro Kopf gibt es rechnerisch genügend Wohnfläche für alle. Sie ist allerdings schlecht verteilt. Ein-Personen-Haushalte verfügen im Durchschnitt über eine Wohnfläche von 68 m².⁷⁵² Ein Grund dafür ist, dass unser Wohnraum nicht flexibel genug auf sich wandelnde Lebensumstände und Bedürfnisse eingehen kann. Oft bleiben Menschen nach dem Auszug der Kinder oder dem Tod der Partnerin oder des Partners in Wohnungen, die ihnen viel zu groß geworden sind. Im Umfeld gibt es jedoch keine geeignete andere Wohnung, oder sie ist wegen der stark gestiegenen Mieten zu teuer. Wenn man die eigene Wohnung dagegen verkleinern kann,

muss man das gewohnte Umfeld nicht verlassen. Eine Möglichkeit sind sogenannte «Wohnjoker», also Zimmer oder Mikroapartements, die der eigenen Wohnung flexibel zugeschaltet werden können. Zudem werden neue, gemeinschaftliche Wohnmodelle populärer – nicht zuletzt wegen des demografischen Wandels. Eine Alten-WG hat aber andere Anforderungen als eine klassische Familienwohnung. Sie braucht mehrere große Schlafzimmer, bestenfalls mit eigenem, barrierefreiem Bad. Aber auch das Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner und die digitale Heizungssteuerung haben Einfluss auf den Energieverbrauch: Wenn der Betrieb der Heizung optimal eingestellt ist, lassen sich insgesamt bis zu 15 Prozent einsparen.⁷⁵³ So geht beides: Vernünftig mit Energie umgehen und gut wohnen.



Wärmebedarf und Wohnfläche

Immer mehr Wohnfläche: Wohlstand frisst Fortschritt beim Energiesparen.

Quelle: Wuppertal Institut (2015), <https://bit.ly/2Nye6uZ>

Verweise

- ¶1** BMWI (2020): Gesamtausgabe der Energiedaten, Stand Juni 2020 (Zahlen für 2019), S. 17, <https://bit.ly/3apUan3>
- ¶2** BDEW (2021), <https://bit.ly/2Zij5CK> und <https://bit.ly/3bp0rNx>
- ¶3** UBA (2020): Entwicklung der Treibhausgasemissionen, <https://bit.ly/3jRGCUm>
- ¶4** BMU (2019): Klimaschutz in Zahlen: der Sektor Gebäude, <https://bit.ly/20XXf5l>
- ¶5** dena (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, S. 25 ff., <https://bit.ly/2NAb5tZ>
- ¶6** Prognos, ifeu, IWU (2015): Hintergrundpapier zur Effizienzstrategie Gebäude. Berlin, Heidelberg, Darmstadt, <https://bit.ly/3qNpely>
- ¶7** Wuppertal Institut (2020): CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5 °C-Grenze. Studie im Auftrag der Fridays for Future, S. 89 ff., <https://bit.ly/2ZnRH69>
- ¶8** UBA (2020): Erneuerbare Energien in Zahlen, S. 16, <https://bit.ly/39PcJQ7>
- ¶9** BdH (2021): Entwicklung Wärmemarkt Deutschland 2020. Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie, <https://bit.ly/3nYopVI>
- ¶10** Minol (2020): CO₂-Preis, Heizkostentabelle, <https://bit.ly/3p1d34x>
- ¶11** PwC (2020): Chancen und Risiken für die deutsche Heizungsindustrie im globalen Wettbewerb. Berlin, S. 61, <https://pwc.to/3qs20a3>
- ¶12** BDEW (2019): Wie heizt Deutschland? Studie zum Heizungsmarkt, S. 7, <https://bit.ly/3b9g4u2>
- ¶13** IWU (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Darmstadt, S. 45, <https://bit.ly/2Zj5tan>
- ¶14** IPCC (2014): Synthesis Report. Climate Change 2014. AR5 Report, S. 87, <https://bit.ly/3nWQMLF>
- ¶15** BMWI (2020): Gesamtausgabe der Energiedaten, Stand Juni 2020, Tabelle 11, <https://bit.ly/3u2PXqW>
- ¶16** Destatis (2021): Wert der Importe von Erdgas und Rohöl nach Deutschland, <https://bit.ly/2Pc7W4r>
- ¶17** Destatis (2020): Verteilung der Erdgasbezugsquellen Deutschlands, <https://bit.ly/3dXA0TB>
- ¶18** Bundesregierung (2019): Die Nationale Wasserstoffstrategie, <https://bit.ly/3qtYcIR>
- ¶19** Fraunhofer IEE (2020): Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme, S. 21 ff., <https://bit.ly/3u21nBB>
- ¶20** Prognos (2020). Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger. Studie im Auftrag des BMWi, Berlin, S. 47, <https://bit.ly/3pqxGXd>
- ¶21** Fraunhofer ISE (2020), Wärmepumpen in Bestandsgebäuden. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt «WPsmart im Bestand», S. 6 f., <https://bit.ly/3nUhnkV>
- ¶22** PwC (2020): Chancen und Risiken für die deutsche Heizungsindustrie im globalen Wettbewerb, S. 44, <https://pwc.to/3qC9sKS>
- ¶23** UBA (2020): Erneuerbare Energien in Zahlen, S. 21, <https://bit.ly/3bcDYEJ>
- ¶24** SE (2020): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Freiburg, S. 23, <https://bit.ly/35UDD80>

- ²⁷ K. Fath (2018): Technical and economic potential for photovoltaic systems on buildings. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, <https://bit.ly/39KDfdj>
- ²⁸ J. Bergner, B. Siegel, V. Quaschnig (2020): Hemmnisse für den städtischen PV-Ausbau. HTW Berlin, <https://bit.ly/2XWzrjy>
- ²⁷ Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie und R. Haselhuhn (2020): Normative Hemmnisse und Hürden für die Photovoltaik, <https://bit.ly/3pCBNzG>
- ²⁸ Innovative Energie Pullach (2020), <https://iep-pullach.de/>
- ²⁹ Klimaschutz durch CO₂-arme Fernwärme und moderne Wärmenetze, Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage (2018), S. 4, <https://bit.ly/3sCPiRH>
- ³⁰ C.A.R.M.E.N. (2013): Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz, <https://bit.ly/2NetHzz>
- ³¹ BMWi (2020): Energiedaten, s. Fußnote 1, S. 4.
- ³² ifeu (2019): Kohleausstieg und Fernwärme, S. 3, <https://bit.ly/38G79j6>
- ³³ BDEW (2020): Entwicklung der Brennstoffeinsätze zur Fernwärmeerzeugung in Deutschland. Bezugsjahr 2019, <https://bit.ly/2Zp6Kg5>
- ³⁴ DIW (2020): Klimaschutz statt Kohleschmutz, S. 19, <https://bit.ly/3diFJTv>
- ³⁵ UBA (2016): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland, S. 26, <https://bit.ly/3o0npAe>
- ³⁶ BBRS (2017): Bauland als Engpassfaktor für mehr bezahlbaren Wohnraum, Bonn, S. 5 f., <https://bit.ly/3aomy92>
- ³⁷ Baukostensenkungskommission (2015): Bericht der Baukostensenkungskommission im Rahmen des Bündnisses für bezahlbares Wohnen und Bauen: Endbericht, Berlin, S. 79, <https://bit.ly/37iQaSW>
- ³⁸ ARGE e.V. (2017): Erhebung, Erfassung und Feststellung der Herstellungskosten in Hamburg sowie konkreter baulicher Einsparpotenziale einschließlich einer Vergleichsanalyse zur Bestimmung des aktuellen Kosten-niveaus in anderen Großstädten: Gutachten zum Thema Baukosten in Hamburg», Kiel, S. 53.
- ³⁹ Schulze-Darup, B. (Hrsg.) (2019): Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, S. 80 ff., <https://bit.ly/3k5WxPj>
- ⁴⁰ KfW (2021): Die neue Bundesförderung für effiziente Gebäude ersetzt die bisherige Förderung, <https://bit.ly/301hktY>
- ⁴¹ Energieinstitut Vorarlberg (2020): AlpS KliNaWo – Modellprojekt zum kostenoptimalen Wohnbau. Projektseite: <https://bit.ly/3piSRdC>
- ⁴² BMWi (2020): Deutschland macht's effizient, <https://bit.ly/3psBxmJ>
- ⁴³ wikipedia.de: Modernisierungsumlage, <https://bit.ly/2XUkYEW>
- ⁴⁴ Heinrich-Böll-Stiftung (2020): Klimasozial sanieren, <https://bit.ly/3oUVSBE>
- ⁴⁵ ifeu (2019): Sozialer Klimaschutz in Mietwohnungen. Studie im Auftrag des BUND, S. 15 ff., <https://bit.ly/3tgYwDF>
- ⁴⁶ KEA (2014) Über den Sinn von Wärmedämmung. Argumente zur Überwindung von Missverständnissen, <https://bit.ly/35VY3gL>

Verweise

- ⁴⁷ Deutsche Umwelthilfe (2014): Energetische Gebäudesanierung. Wider die falschen Mythen, S. 3 f., <https://bit.ly/2NRddy7>
- ⁴⁸ ifeu (2019): Ganzheitliche Bewertung von verschiedenen Dämmstoffalternativen. Endbericht, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, S. 199 f., <https://bit.ly/3eBrn1n>
- ⁴⁹ ifeu, dena, Ecofys et al. (2014): 100% Wärme aus erneuerbaren Energien? Auf dem Weg zum Niedrigstenergiehaus im Gebäudebestand. Gefördert vom BMWi, S. 7, <https://bit.ly/3qPhxeP>
- ⁵⁰ UBA (2019): Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Abschlussbericht, S. 9, <https://bit.ly/3apLPjp>

- ⁵¹ UBA (2019), ebd.; Mahler, B., Idler, S., Gantner, J. Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung. Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Fraunhofer IBP, Stuttgart, S. 21, <https://bit.ly/3nYM0dM>
- ⁵² Fuhrhop, D. (2019): Einfach anders wohnen, München, S. 8, <https://bit.ly/3dixIxx>
- ⁵³ iTG (2018): Kurzstudie Energieeinsparung Digitale Heizung, Dresden, S. 15, <https://bit.ly/3di5vHw>

Alle Links zuletzt aufgerufen am 16. Februar 2021.

Impressum

Herausgeberin: Heinrich-Böll-Stiftung e. V.
Schumannstraße 8, 10117 Berlin
info@boell.de, www.boell.de, 030/285 34-0

Text: Martin Pehnt (ifeu); Marcus Franken, Stella Schalomon (Ahnen & Enkel)
Konzeption: Sabine Drewes (Heinrich-Böll-Stiftung); Martin Pehnt (ifeu)
Redaktionelle Mitarbeit: Rolf Schröder
Layout: Grafikladen Berlin
Illustrationen: Grafikladen Berlin
Druck: Ruksaldruck, Berlin

ISBN 978-3-86928-227-5

V.i.S.d.P.: Annette Maennel, Heinrich-Böll-Stiftung 2021
Dieses Werk steht unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-SA 4.0

Bestell- und Download-Adresse: Heinrich-Böll-Stiftung e. V.,
Schumannstraße 8, 10117 Berlin, buchversand@boell.de, www.boell.de/publikationen

 HEINRICH BÖLL STIFTUNG