

Rolle der Wärmepumpe für Klima und Energiewende

Bedeutung der Technologie in der Welt, in Europa, in Deutschland und für Sie

Herausforderungen und Entwicklungen des »Heizens ohne Verbrennung«

Meilensteine rund um Niedertemperaturheizungen

Kapitel 1

Vom Mauerblümchen zum Medienstar

Wärmepumpen heizen, ohne fossile oder nachwachsende Energieträger zu verbrennen. Sie nutzen in der Regel zu mindestens zwei Dritteln die Energie aus der Umwelt (vorwiegend aus Erde, Luft und Grundwasser) und zu höchstens einem Drittel Strom zum Antrieb.

Strom wird zunehmend aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind und Sonne gewonnen. Je größer der Anteil des erneuerbaren Stroms wird, desto klimaschonender ist die Wärmepumpe – und zwar nicht nur zum Heizen, sondern auch zum Kühlen.

Was fast zu schön klingt, um wahr zu sein, ist nicht neu: Die Funktionsweise der Wärmepumpe basiert auf einem thermodynamischen Prinzip aus dem frühen 19. Jahrhundert – eine kleine historische Einordnung finden Sie weiter hinten.

Und dennoch ist die Wärmepumpentechnologie (zumindest in Deutschland) erst in den 2020er-Jahren so richtig populär geworden. Warum das so ist, können Sie in dem Kasten »Die Wärmepumpe in der energiepolitischen Debatte« nachlesen.

Die Wärmepumpe in der energiepolitischen Debatte

2022 und 2023 können in Deutschland rückblickend wohl als die »Jahre der Wärmepumpe« bezeichnet werden. Vielleicht gehören Sie auch zu den Menschen, die erst durch die energiepolitische Debatte im Zuge der Energiekrise und allem, was dann folgte, zum ersten Mal von dieser Technologie gehört haben?

Die politische Komponente der Wärmepumpendiskussion hatte nicht nur mit dem Wunsch nach »Energieautarkie«, sondern primär mit der Anpassung des Gebäudeenergiegesetzes zu tun, nach welchem der Anteil an erneuerbaren Energien beim Heizen zukünftig mindestens 65 Prozent betragen soll. Die Wärmepumpe spielt dabei eine wichtige Rolle und wurde deshalb ein wenig zum »Punchingball« der politischen Debatte um das Gesetz, bei der vieles falsch verstanden und auch unglücklich kommuniziert wurde.

Durch die Diskussion rund um das *GEG* (»liebevolle« Abkürzung für das *Gebäudeenergiegesetz*, oft auch Heizungsgesetz genannt) wurde zum Teil vergessen, worum es eigentlich geht, nämlich darum, die Klimaziele zu erreichen: Deutschlands Gebäudesektor soll bis 2045 weitgehend klimaneutral sein. Dieses nationale Ziel beruht wiederum auf dem Entschluss der UN-Klimakonferenz in Paris (2015), nachdem die globale Erderwärmung begrenzt werden soll.

Das Gesetz ist in Deutschland ein Baustein zum Erreichen dieses Ziels. Attraktive Fördergelder sollen den Umstieg auf erneuerbare Heizungen und die energetische Sanierung der Gebäude unterstützen. Alles Wichtige rund um Gesetz und Förderung lesen Sie in Kapitel 5.

Reizthema Klimawandel

»Klimawandel« und »Energiewende« sind in aller Munde – in Deutschland, in Europa und weltweit. Klar, das Klima hat sich schon immer verändert – es gab über die vergangenen Millionen Jahre Eiszeiten, Hitzezeiten, Dürrezeiten –, doch diese Veränderungen fanden über lange Zeiträume statt und in der Regel hatten die meisten Lebewesen genug Zeit, sich an die neuen Bedingungen anzupassen. Heute wird diese Veränderung zahlreichen Studien zufolge sehr viel schneller passieren.

Nicht nur Klimaaktivisten machen darauf aufmerksam, dass die Ressourcen der Erde begrenzt sind und wir unser Verhalten ändern müssen: für uns, unsere Kinder, Enkel und Urenkel. Insbesondere geht es darum, weniger CO₂ zu emittieren. Veränderungen tun immer weh – deshalb sind die Themen Klimawandel und Energiewende Inhalt sehr vieler kontroverser Diskussionen.

Ihren persönlichen CO₂-Fußabdruck können Sie auf der Seite des Umweltbundesamtes berechnen: www.uba.co2-rechner.de. Spannend dabei: Der größte Teil der eigenen Umweltsünden hat in der Regel mit unserem Wohn- und Heizverhalten zu tun.



In Deutschland liegt der CO₂-Pro-Kopf-Ausstoß für eine erwachsene Person, die in einem 4-Personen-Haushalt in einem Einfamilienhaus (teilsaniert, mit Ölheizung) lebt, pro Jahr bei etwa 10,3 Tonnen (siehe Abbildung 1.1). Davon entfallen 2,5 Tonnen auf Wohnen und Heizen.

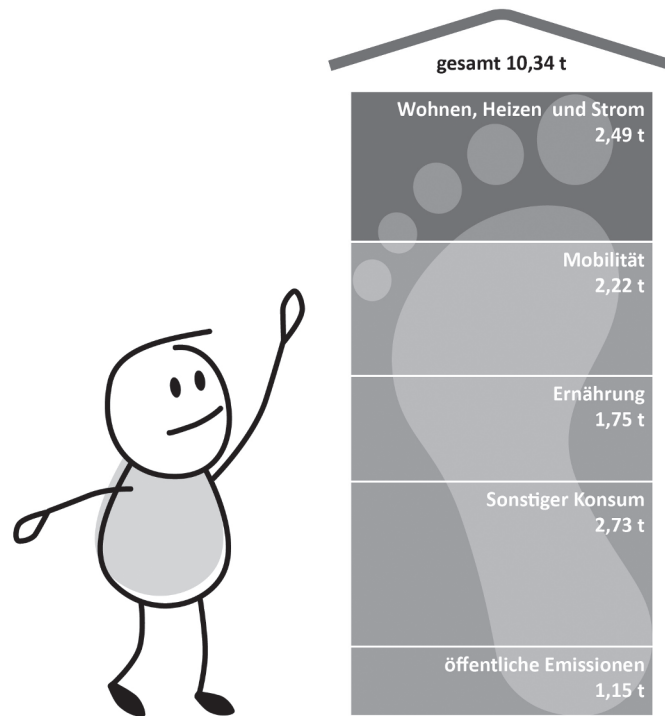


Abbildung 1.1: CO₂-Fußabdruck, Beispiel. Quelle: Umweltbundesamt/M. Roloff

Der weltweite jährliche Pro-Kopf-Ausstoß liegt übrigens (laut Umweltbundesamt UBA) bei 6,5 Tonnen. Der weltweite CO₂-Ausstoß im Jahr 2022 lag laut einem Bericht des *Global Carbon Projects* bei 36,6 Gigatonnen, also 36.600.000.000 Tonnen. Laut dieser Studie ist eine Reduzierung bislang kaum erkennbar.

Deutschland liegt laut dieser Studie auf Platz 7 hinsichtlich des Anteils am weltweiten CO₂-Ausstoß (hinter 1. China, 2. USA, 3. Indien, 4. Russland, 5. Japan, 6. Iran).

Kopplung der Sektoren: So funktioniert die Energiewende

Energiewende bedeutet, fossile Energieträger durch erneuerbare Energien zu ersetzen – und zwar in allen Bereichen (Sektoren), die Energie verbrauchen: Strom, Mobilität und Wärme.

Die »Stromwende« funktioniert da schon ganz gut: Mit Wind, Sonne und Wasserkraft wird alleine in Deutschland schon mehr als die Hälfte des Strombedarfs gedeckt (siehe Abschnitt »Strommix in Deutschland«).

Der Ausbau der Photovoltaik auf Hausdächern und Freiflächen und der Zu- und Ausbau von Windparks (onshore und offshore, also auf Land und Meer) hat höchste Priorität in der Klimapolitik.

Nun geht es darum, diesen erneuerbaren Strom auch in die anderen Sektoren zu bringen und diese zu koppeln, denn die Energiewende erfordert nicht nur die Stromwende, sondern auch die Mobilitäts- und die Wärmewende. Abbildung 1.2 (links) illustriert ganz anschaulich die »alte fossile Welt« ohne Sektorkopplung.



Im Gebäudesektor in Deutschland waren 2023 übrigens erst weniger als 20 Prozent der eingesetzten Energien erneuerbar.

Alte Energiewelt: Fossile Brennstoffe, getrennte Sektoren Neue Energiewelt: Erneuerbare Energie, Sektorkopplung

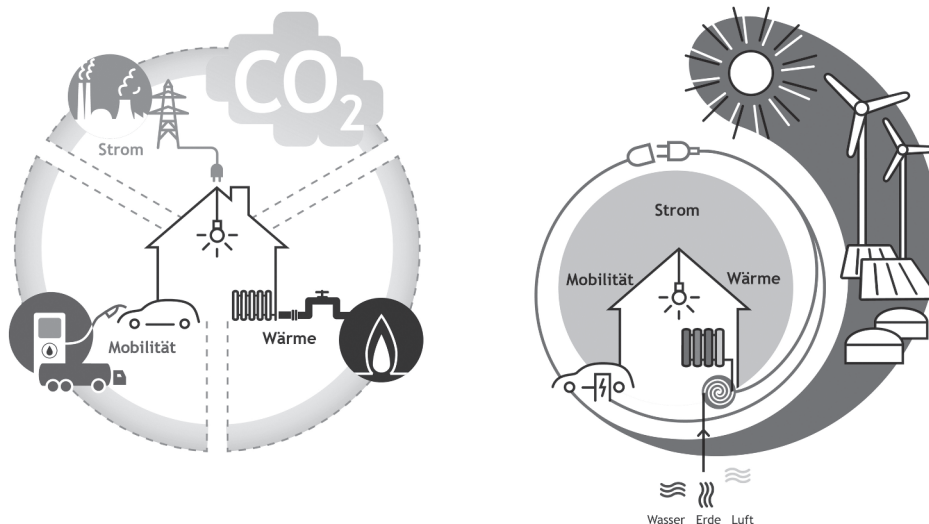


Abbildung 1.2: Alte und neue Energiewelt

Die Wärmepumpe ist ein Musterbeispiel der Sektorkopplung und wichtiger Bestandteil der Wärmewende, denn sie kann aus erneuerbarem Strom Wärme machen, die dann auch gespeichert werden kann. Dadurch verbindet sie die Sektoren Strom und Wärme (siehe Abbildung 1.2) (rechts).

Wenn die Wärmepumpe außerdem mit selbst erzeugtem Photovoltaikstrom betrieben wird, bedeutet das langfristig eine höchstmögliche Unabhängigkeit von Energieimporten und vom Strommarkt (mehr dazu in Kapitel 3 und in Kapitel 12).

Wärmewende: Der Gebäudesektor verändert sich

Ein Schornstein gehörte sicherlich auch in Ihren kindlichen Zeichnungen zu einem Haus – am besten mit einigen Kringeln versehen, die signalisierten: Hier ist es schön warm!

Ohne Schornstein kein richtiges Haus (interessanterweise außer bei dem berühmtesten »Haus vom Nikolaus«, das hatte nie einen Schornstein. Aus heutiger Sicht: sehr fortschrittlich!)

Das Heizen von Innenräumen durch die Verbrennung von Energieträgern ist eigentlich schon seit der Steinzeit gang und gäbe. Der kontrollierte Einsatz des Feuers ist die Errungenschaft der Menschheit, die unsere Welt vermutlich am meisten verändert hat.

Der Schornstein am Haus ist nötig, damit Gase und Rauch, die bei der Verbrennung von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen oder fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas entstehen, nach außen abgeleitet werden. Dabei wird auch jede Menge Wärme abgeführt. Kurz gesagt: bis zu 35 Prozent der so erzeugten Wärmeenergie verpuffen durch den Schornstein.

Wärmemarkt in Deutschland

Rund ein Drittel der Treibhausgasemissionen in Deutschland entsteht im Gebäudesektor (Baustoffe, Heizen, Kühlen etc.). Das Beheizen von Räumen und das Erwärmen von Trinkwasser nehmen den größten Teil ein. Insbesondere die 11 Millionen Ein- und kleinen Mehrfamilienhäuser, die vor 1979 erbaut wurden, emittieren mehr als 55 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., Daten für 2020).



Laut dem Gebäudereport 2023 (dena = deutsche Energieagentur) gab es 2020 in Deutschland rund 21 Millionen Gebäude, davon 16 Mio. Ein- und Zweifamilienhäuser und 3,3 Mio. Mehrfamilienhäuser. Die Zahl der zentralen Wärmeerzeuger lag 2022 bei: etwa 14 Mio. Gas-(Brennwert-)Kesseln, 5 Mio. Öl-(Brennwert-)Kesseln, 1,4 Mio. Wärmepumpen und etwa 1 Mio. Biomasse-Kesseln. Fernwärme als dezentraler Wärmeerzeuger ist hier nicht berücksichtigt, die Zahlen zu den Wärmeerzeugern stammen aus der Statistik des BDH (Bundesverband der Heizungsindustrie) für 2022.

Ziel ist es, diese Treibhausgas-Emission bis 2030 um 66 Prozent zu reduzieren. Bis 2045 soll der gesamte Gebäudesektor klimaneutral sein. Das sind ambitionierte Ziele – aber andere Länder wie zum Beispiel Dänemark sind hier schon um einiges weiter (siehe nächster Abschnitt).

Abbildung 1.3 vergleicht die CO₂-Emission eines Einfamilienhauses mit einem Wärmebedarf von 20.000 kWh pro Jahr mit einer relativ guten Gasheizung (Nutzungsgrad 95 Prozent) und desselben Hauses mit einer durchschnittlichen Wärmepumpe (JAZ 3) über die Laufzeit von 20 Jahren (so alt wird eine Heizungsanlage im Durchschnitt).

Pro Jahr spart die Wärmepumpe fast 3,5 Tonnen CO₂. Das entspricht in etwa der Menge an CO₂, die Sie bei einer Flugreise von Frankfurt nach Sydney (Hin- und Rückflug) emittieren würden (und hier ist nicht berücksichtigt, dass sich auch der CO₂-Faktor von Strom kontinuierlich verbessert, wenn der Anteil an Wind- und Solarenergie im Strommix wächst).

Um die angepeilten Klimaziele zu erreichen und den Gebäudesektor zu *dekarbonisieren* (also CO₂-neutral zu machen), soll zum einen der Preis für CO₂-Emission in den kommenden Jahren über den nationalen und europäischen Emissionshandel massiv ansteigen. Zum

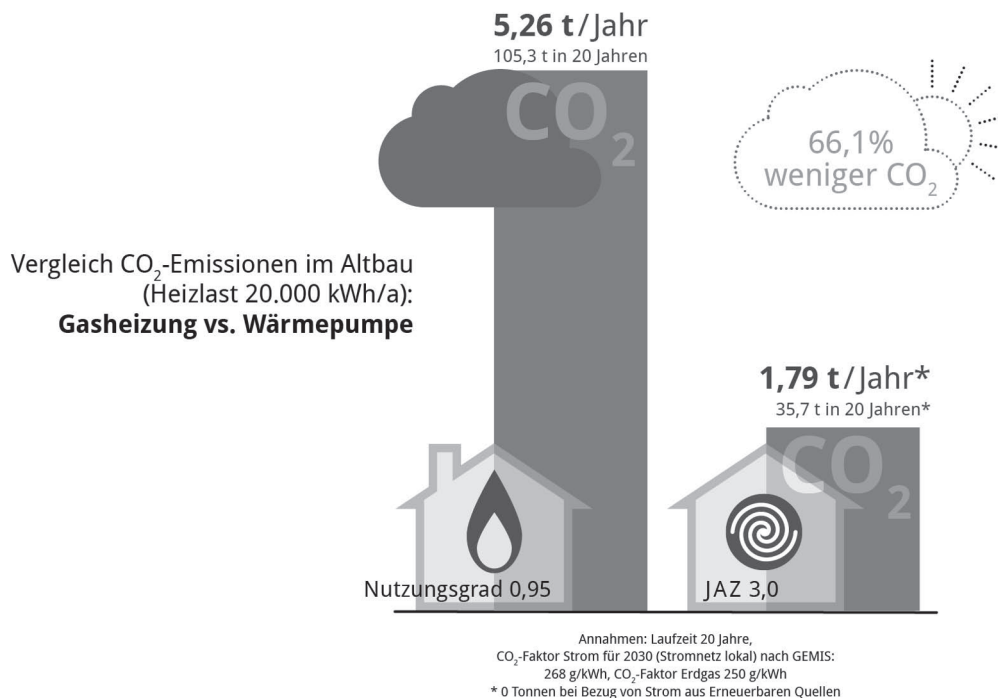


Abbildung 1.3: Vergleich CO₂-Emissionen im Altbau Gas vs. Wärmepumpe, Wärmebedarf 20.000 kWh/a

anderen wird der Einbau von fossilen Heizungen seit 2024 über das Gebäudeenergiegesetz (GEG) stark reguliert und der Heizungstausch hin zu erneuerbaren Technologien staatlich gefördert (siehe Kapitel 5).

Wärmepumpen sollen – neben anderen erneuerbaren Technologien wie Biomasse (z. B. Pelletheizungen), Biogas, Fernwärme und »grünem Wasserstoff« (siehe nächster Kasten) – eine wichtige Rolle spielen. Ob und wo welches System sinnvoll und möglich ist, wird neben dem GEG auch im Wärmeplanungsgesetz (WPG) festgelegt und hängt von der kommunalen Wärmeplanung ab. Das bedeutet unter anderem, dass Sie nicht verpflichtet sind, das »65-Prozent-Erneuerbare-Ziel« aus dem GEG einzuhalten, wenn Ihre Kommune ein Fernwärmenetz plant, an das Sie sich anschließen können. Auch hierzu lesen Sie mehr in Kapitel 5.

Heizen mit Wasserstoff

Wasserstoff (H₂) spielt für die Erreichung der Klimaziele eine wichtige Rolle – daran besteht kein Zweifel. Aber grün sollte er sein, also per Elektrolyse aus Wind- oder Solarstrom gewonnen, als Speicher für den erneuerbaren Strom.

Sein Einsatz im Gebäudesektor, also zum Heizen, wird viel diskutiert, ergibt aber wenig Sinn. Das zeigt unter anderem eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft

und Energiesystemtechnik (IEE). Die Menge an erneuerbarem Strom zur Bereitstellung von Wasserstoff für die Gebäudewärme ist 500 bis 600 Prozent größer als die Menge, die für die Nutzung von Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung benötigt wird. Zudem müsste der größte Teil dieses Wasserstoffs importiert werden, da das Erzeugungspotenzial für grünen Wasserstoff in Deutschland stark begrenzt ist. Die Wirkungsgrade von H₂ als Brennstoff in einer Gasheizung (Power-to-Gas) und Wärmepumpe im Vergleich sehen Sie in Abbildung 1.4.

Von einer Kilowattstunde (kWh) erneuerbarem Strom bleiben nach der Umwandlung in Wasserstoff, der Methanisierung und der Verbrennung in der Gasheizung unter Umständen weniger als eine halbe kWh Wärmeenergie übrig als Wärmeenergie übrig, während eine Wärmepumpe mit einer durchschnittlichen Effizienz aus einer kWh Strom 3,5 kWh Wärme gewinnen kann – das sind 350 Prozent.

Grünen Wasserstoff zum Heizen zu verwenden, wäre also »Perlen vor die Säue« zu werfen. Denn der kostbare Stoff wird für die Energiewende in der Industrie und auch im Schwertransport dringend gebraucht.

Ein spannendes Video zum Thema Heizen mit Wasserstoff finden Sie hier: <https://www.youtube.com/watch?v=pD19mE73fb0>



Heizsysteme der Zukunft:
Wirkungsgrad Power-to-Gas und Wärmepumpe

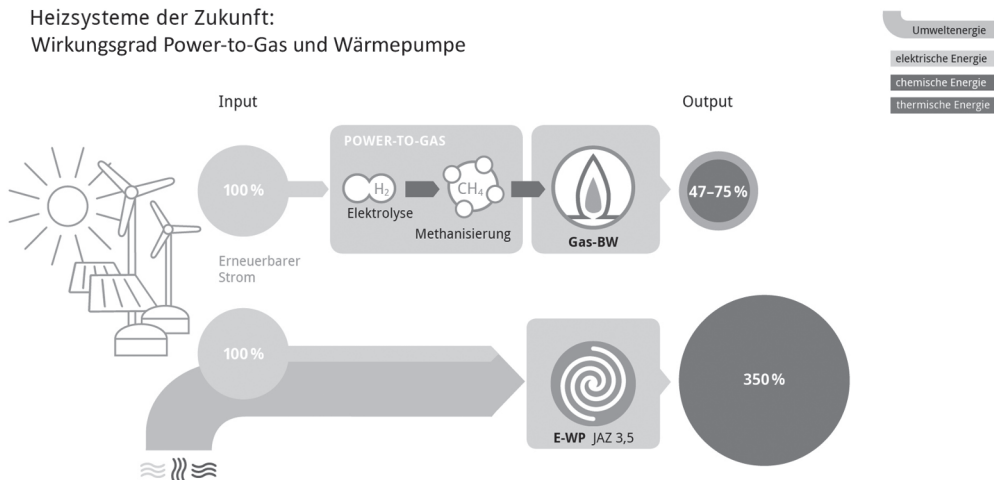


Abbildung 1.4: Die Umwandlung von Strom in Wasserstoff wird als »Power to Gas« bezeichnet. Hier wird der »Input« aus erneuerbarem Strom mit dem »Output« an Wärme zwischen einer Gasheizung, die mit methanisierem Wasserstoff betrieben wird mit einer Wärmepumpe verglichen.

Die Wärmepumpe hier und in der Welt

2022 wurde in Deutschland vom amtierenden Wirtschaftsminister der sogenannte Wärmepumpengipfel ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Gipfeltreffens haben sich Akteure aus der Politik, aus der Industrie, aus dem Handwerk, den Verbänden und der Forschung dazu

34 TEIL I Umweltenergie nutzen

verpflichtet, alles zu tun, um ab 2024 pro Jahr nach Möglichkeit 500.000 neue Wärmepumpen in Deutschland zu installieren. 2030 sollen dann 6 Millionen Wärmepumpen in Deutschland installiert sein, vornehmlich, um die Klimaziele zu erreichen, also den Gebäudesektor bis 2045 klimaneutral zu machen.

2023 wurden in Deutschland 356.000 Wärmepumpen verkauft. Damit gibt es in 2024 ca. 7 Millionen Wärmepumpen in Deutschlands Heizungskellern. In Abbildung 1.5 sehen Sie die Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes in Deutschland von 2017 bis 2023.

Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen
in Deutschland 2017 bis 2023

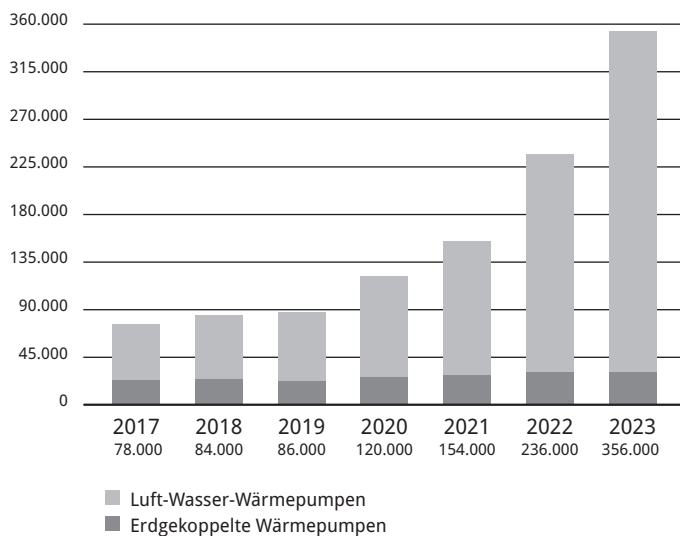


Abbildung 1.5: Verkaufte Wärmepumpen in Deutschland 2017–2023

Die Wärmepumpentechnologie spielt weltweit eine große und wachsende Rolle. In südeuropäischen Ländern, aber auch in den USA und in asiatischen Ländern, sind dabei Luft-Luft-Wärmepumpen (also Klima-Split-Geräte, siehe Kapitel 2 und Kapitel 8) wichtiger und weiter verbreitet; das hängt mit einem stärkeren Bedarf der Kühlfunktion zusammen und mit einer anderen Heiztradition (siehe dazu auch der Abschnitt »Wärmeverteilung gestern und heute«).

Der europäische Wärmepumpenverband EHPA meldete für 2022 drei Millionen verkaufte Anlagen in Europa (21 von 28 Ländern sind in der Statistik enthalten) und einen Bestand von etwa 20 Millionen Anlagen europaweit. In Europa entfallen laut der EU-Statistikbehörde Eurostat 63 Prozent des Energieverbrauchs privater Haushalte auf die Raumheizung und weitere 15 Prozent auf die Trinkwassererwärmung. In Abbildung 1.6 sehen Sie die in Europa verkauften Wärmepumpen im Jahr 2022 pro 1.000 Haushalte.

Es ist sehr deutlich zu erkennen, dass andere Länder hinsichtlich der verbauten Wärmepumpen um einiges weiter sind. Das liegt in erster Linie daran, dass der Strom in vielen

Absatzzahlen 2022 für Heizungswärmepumpen in Europa, pro 1.000 Haushalte

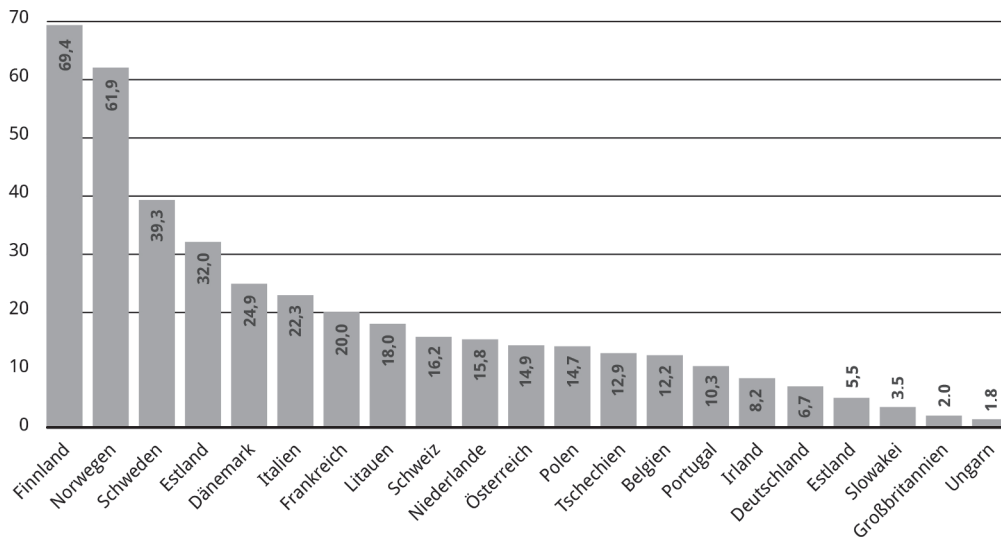


Abbildung 1.6: Absatz von Wärmepumpen pro 1.000 Haushalte im Jahr 2022 in 21 europäischen Ländern. Quelle: EHPA/M. Roloff.

dieser Länder sehr viel günstiger ist (in Frankreich deshalb, weil dort hauptsächlich Atomstrom zum Einsatz kommt; Skandinavien profitiert unter anderem von aus Wasserkraft erzeugtem Strom). Zu berücksichtigen ist allerdings auch, dass in den meisten anderen Ländern auch die Luft-Luft-Anlagen (siehe Kapitel 2) in die Statistik einfließen – sofern sie auch zum Heizen verwendet werden. In Deutschland werden diese Geräte (noch) nicht mitgezählt.

Strommix in Deutschland

Der Strom in Deutschland (und weltweit) soll sukzessive immer grüner werden: Der Ausstieg aus Kohle- und Atomstrom ist hierzulande längst beschlossen. Neben dem Klimaschutz spielt die Unabhängigkeit von Drittstaaten eine entscheidende Rolle für den gewünschten Ausstieg.



2022 wurden in Deutschland 489 Terawattstunden (TWh) in das Stromnetz eingespeist (netto). Erneuerbare Energieträger lieferten davon 243 TWh – also knapp die Hälfte. Im ersten Halbjahr 2023 ging die Stromerzeugung aus konventionellen Energieträgern im Vergleich um 12,2 Prozent zurück und der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien stieg auf 57,7 Prozent. Seit Mitte April 2023 wird außerdem kein Strom mehr aus Atomkraft in Deutschland gewonnen.

Die Zahlen stammen von Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und sind unter strom-report.com immer aktuell abrufbar.

Woher kommt der Strom?

Solange unser Strom teilweise importiert wird und auch aus Kohle oder Gas erzeugter Strom zum Einsatz kommt, erzeugt die Wärmepumpe keine Wärme, die 100 Prozent CO₂-neutral ist. Strom aus Kernenergie ist zwar vergleichsweise CO₂-arm, kann aber aus politischen Gründen in Deutschland nicht mehr produziert werden.

Keine Angst vor der »kalten Dunkelflaute«

Weht für 48 Stunden in einer Region kaum oder gar kein Wind bei zugleich geringer Sonneneinstrahlung, so wird von einer »Dunkelflaute« gesprochen. In Deutschland ist diese Situation laut Deutschem Wetterdienst bisher im Schnitt zwei Mal pro Jahr aufgetreten.

Deutschlandweit konnte im Fall einer Dunkelflaute bisher zuverlässig Strom aus steuerbaren Kraftwerken sowie dem europäischen Verbundnetz bereitgestellt werden. Das länderübergreifende Stromverbundnetz verbindet die verschiedenen Wetterzonen in Europa und sorgt dafür, dass die variierende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien über die Länder hinweg gleichmäßiger wird. Solange auch konventioneller Strom im Umlauf ist, wird auch dieser über Grenzen hinweg geliefert. Somit können Dunkelflauten einzelner Länder überbrückt werden.

Durch den steigenden Strombedarf werden wir vermutlich noch länger phasenweise abhängig von Stromimporten sein. Diese Abhängigkeit ist allerdings bei der Nutzung fossiler Energieträger wie Öl und Gas viel gravierender: Öl, Gas und Steinkohle werden (wurden) fast zu 100 Prozent importiert.

Je grüner der Strommix, umso grüner die Wärmepumpe. Und einen Vorteil hat sie gegenüber allen anderen Wärmeerzeugern: Je nach Effizienz spart sie gegenüber Heizsystemen mit fossilen Brennstoffen über 50 Prozent der *Primärenergie*. Bei der Nutzung von ausschließlich erneuerbarem Strom sogar über 90 Prozent, wie in Abbildung 1.7 gut zu erkennen.

Strompreis

Aktuell ist der Strompreis in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern recht hoch. Im europäischen Ranking lag Deutschland 2022 nach strom-report.com auf Platz 7 (von 29) mit einem durchschnittlichen Preis von 37,4 ct pro kWh.

Zugegeben waren die Preise sämtlicher Energieträger aufgrund des Kriegs in der Ukraine sehr instabil und unglücklicherweise sorgen steigende Preise fossiler Energieträger (zumindest solange diese auch für die Stromproduktion eine maßgebliche Rolle spielen) auch für ein Steigen der Preise des Stroms. Wächst der Anteil an erneuerbarer Energie im Strommix, wird sich das hoffentlich bald ändern.

Das Thema »Strompreisentwicklung« ist für die Wärmepumpe sehr wichtig – Sie möchten, falls Sie sich für eine Wärmepumpe entscheiden, sicher auch auf jeden Fall niedrigere Verbrauchskosten als vorher. Mehr zum Thema Strompreis und Stromtarife lesen Sie in Kapitel 3 und in Kapitel 12.

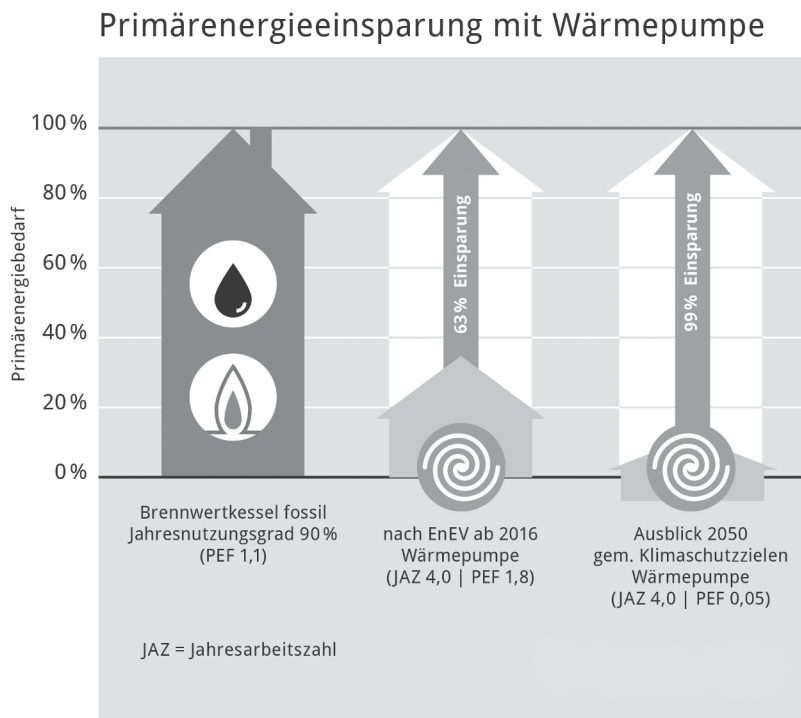


Abbildung 1.7: Primärenergievergleich Wärmepumpe, Gas, Öl

Damit sich eine Wärmepumpe mit einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl (also mit einem Verhältnis aus einem Teil Strom und drei Teilen Umweltenergie für die Wärmeproduktion) lohnt, ist der Vergleich mit einer Gas-Brennwertheizung, die zurzeit in Deutschland die günstigste Art des Heizens darstellt, notwendig.

Der Gaspreis ist wider Erwarten (trotz politischer Klimaambitionen) nach der befürchteten Energieknappheit im Jahr 2022 wieder stark gesunken und liegt zurzeit (Herbst 2023) bei etwa 12 ct je kWh. Strom kostet zurzeit etwa 33 ct je kWh.

Rein wirtschaftlich betrachtet ist eine Wärmepumpe im Vergleich zu einer Gas-Brennwertheizung über eine Laufzeit von 20 Jahren dann attraktiv, wenn das Verhältnis von Gas- zu Strompreis bei 1 zu 2,5 oder besser liegt. Das heißt, Strom sollte je kWh nicht mehr als zweieinhalb Mal so teuer sein wie Gas. Ab sofort werden Öl- und Gaspreise durch die Umsetzung einer CO₂-Bepreisung je emittierter Tonne und durch die entsprechende Anpassung des Emissionshandels massiv ansteigen.

Heizen mit Umweltenergie: von der Idee zum warmen Haus

Schon in der Antike nutzten die Menschen *passive solare Bauweisen*, um ihre Häuser mit Umweltenergie zu heizen. Dies umfasste die Ausrichtung von Gebäuden zur Sonne hin und

die Verwendung von thermischen Massen (wie Stein oder Lehm), um Wärme zu speichern und abzugeben. Die Griechen und Römer bauten beispielsweise Sonnenkollektoren aus Gips oder Marmor, um Sonnenlicht in Wärme umzuwandeln.

In Regionen mit geothermischer Aktivität, wie in Island und Teilen Italiens, wurden und werden heiße Quellen zum Heizen von Bädern und Gebäuden genutzt. Wärmepumpen können aufgrund des thermodynamischen Tricks, den sie anwenden, schon aus sehr geringen Quellentemperaturen Raumwärme erzeugen.

Dieses Prinzip ist allgegenwärtig, denn eigentlich funktioniert die Wärmepumpe wie ein Kühlschrank – nur umgekehrt. Der Kühlschrank entzieht den Lebensmitteln die Wärme und gibt sie nach außen ab. Die Wärmepumpe entzieht der Umgebung Wärme und gibt sie an die Wärmenutzungsanlage ab (Heizkörper, Fußbodenheizung und Trinkwasser). Mehr zu den dabei notwendigen Kreisprozessen lesen Sie in Kapitel 2.

Im heutigen Gebäudesektor, aber auch in industriellen Anwendungen, finden Sie Wärmepumpen von 3,5 kW Leistung bis zu mehreren 100 MW. Wärmepumpen sind in neuen Wohnhäusern bei uns mittlerweile zum Standardheizsystem geworden. In alten und sogar in denkmalgeschützten Häusern entwickeln sie sich nicht allein aufgrund der oben beschriebenen politischen Vorgaben allmählich auch in diese Richtung. Auch im Gigawattbereich, in tiefengeothermischen Kraftwerken und Industrieprozessen kommt das System Wärmepumpe zunehmend zum Einsatz und so wird es zukünftig auch Fernwärmenetze, die bislang meist über Kohle- oder Gaskraftwerke gespeist werden, dekarbonisieren.

Meilensteine der Wärmepumpengeschichte

Lernen Sie einige wichtige Daten und Fakten auf dem Weg vom thermodynamischen Grundprinzip bis zur Wärmepumpentechnologie von heute kennen:

- ✓ **1824:** Der französische Ingenieur Nicolas Léonard Sadi Carnot veröffentlicht sein Werk »Über die bewegende Kraft des Feuers«, in dem er das Prinzip einer Wärmekraftmaschine beschreibt. Dieses Prinzip besagt, dass die Effizienz einer Wärmekraftmaschine durch die Differenz der Quellentemperatur und der Umgebungstemperatur begrenzt ist. Seine Erkenntnisse gelten als Grundlage der modernen Thermodynamik. Der sogenannte »linksdrehende Carnot-Kreisprozess« ist die Grundlage der Wärmepumpe (mehr dazu in Kapitel 2).
- ✓ **Ca. 1850:** Der schottische Physiker William Thomson, später bekannt als Lord Kelvin, legte im 19. Jahrhundert das theoretische Fundament für die Wärmepumpentechnologie. Er formulierte den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und entwickelte die Theorie des Carnot-Kreisprozesses weiter.
- ✓ Die erste patentierte Erdwärmepumpe wird im Jahr **1912** von dem amerikanischen Ingenieur und Erfinder Robert C. Webber entwickelt.
- ✓ **1938** wird im Rathaus in Zürich eine 100-kW-Wärmepumpe zum Heizen und Kühlen eingeweiht. Mit Flusswasser als Wärmequelle. Bis ins Jahr 2001 war sie dort alleiniger Lieferant von Heizwärme und arbeitet noch heute. Sie ist damit die älteste noch funktionierende Wärmepumpe der Welt.

- ✓ In Deutschland baut Klemens Otto Waterkotte **1968** die erste Erdwärmepumpe (in seinem eigenen Garten) ein. Um eine Baugenehmigung zu bekommen, muss er eine Schornsteinattrappe einbauen.
- ✓ Die Wärmepumpentechnologie wird in den **1990er**-Jahren erstmals in Wäschetrocknern eingeführt. In einem Wärmepumpentrockner wird die feuchte Luft aus der Trommel durch einen Wärmeübertrager geführt, wo das Wasser kondensiert und die Luft wieder erhitzt wird, bevor sie zurück in die Trommel geleitet wird. Dieser Prozess reduziert den Energieverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Kondensations-trocknern deutlich.
- ✓ Wärmepumpe mit 241 km/h: In vielen E-Fahrzeugmodellen wird die Wärmepumpe schon etliche Jahre als Alternative zur gewöhnlichen Heizung zur Klimatisierung eingesetzt, zum Beispiel im Tesla-Modell Y seit **2022**. Dadurch kann bei Elektrofahrzeugen die Reichweite noch gesteigert werden, denn Elektroautos müssen mangels Abwärme aus dem Verbrennermotor vollelektrisch heizen.
- ✓ Für das Fernheizungssystem von Stockholm wurde das (vermutlich immer noch) weltgrößte Wärmepumpensystem mit Meerwasser als Wärmequelle gebaut und **1986** in Betrieb genommen. Die sechs verbauten Wärmepumpen kommen zusammen auf eine Wärmeleistung von 180 Megawatt.
- ✓ Im Jahre **2020** wird die millionste Wärmepumpe in Deutschland installiert. Anfang **2024**, sind es etwa 1,7 Millionen Anlagen.

Wärmeverteilung gestern und heute

Konventionelle Häuser in Deutschland und den meisten nordeuropäischen Ländern werden mit einem *wassergeführten Heizungssystem* beheizt. Wassergeführte Heizungssysteme (also Systeme, bei denen das Heizungswasser über Rohre im Gebäude verteilt wird) sind im Prinzip der »Herz-Lungen-Kreislauf« eines Gebäudes: Die Heizungsanlage (meist im Keller) stellt das Herz des Systems dar und versorgt alle Räume (Organe) und meist auch die Küche und das Bad (Spüle, Dusche, Badewanne) mit wohltemperiertem Wasser.

Das Versorgungssystem, also die Arterien und Venen, ist die *Hydraulik*. Mehr über die Wärmeverteilung und Hydraulik erfahren Sie in Kapitel 9. Auf dem Weg durch das Gebäude gibt es einige Hindernisse zu überwinden, das Heizungswasser wird über zahlreiche Bögen und Abzweigungen mittels Umwälzpumpen durch das System geleitet.

Das Nervensystem des Hauses – um im Bild zu bleiben – wäre dann die Stromversorgung mit allen Schaltungen, Anschlüssen, Sicherungen.



In neuen Gebäuden kann die Hydraulik schon beim Einbau auf das geplante Heizungssystem abgestimmt werden. Seit den 90er-Jahren erfüllen Neubauten in der Regel die Voraussetzungen für Wärmepumpen (siehe Kapitel 6).

In Bestandsgebäuden ist die Hydraulik an das bestehende (meist auf der Verbrennung fossiler Energieträger basierende) System abgestimmt. Hier müssen Sie beim Umbau auf Wärmepumpen in der Regel einige wichtige Anpassungen vornehmen (mehr dazu in Kapitel 9).

In anderen Ländern funktioniert das Heizen anders. Wassergeführte Systeme sind häufig gar nicht verbaut, die Versorgung mit Wärme und Kälte erfolgt »Luft zu Luft«. Sie kennen die Klimaanlage – im gewerblichen Bereich auch bei uns – an Wohnhäusern vermutlich in erster Linie von den Gebäudefassaden in südeuropäischen Ländern wie Spanien, Italien oder Kroatien. Das sind meist sogenannte Klima-Split-Geräte, die im Winter dann teilweise auch zum Heizen eingesetzt werden.

Auch bei den Luft-Luft-Geräten hat sich in den vergangenen Jahren einiges getan. Sie können davon ausgehen, dass auch diese Variante zukünftig bei uns unter der Überschrift »Wärmepumpe« eine wachsende Rolle spielen wird – vielleicht sogar für Sie? Mehr dazu und zu den Unterschieden und Ähnlichkeiten mit Luft-Wasser oder Sole-Wasser-Anlagen erfahren Sie in Kapitel 8.

Stärken und Schwächen eines Niedertemperatursystems

Beim Heizen mit einer Wärmepumpe wird nichts verbrannt. Das hat zur Konsequenz, dass die Temperaturen, die von der Wärmepumpe erzeugt werden, niedriger sind als die von konventionellen Heizungen.

Bei der Verbrennung von Kohle, Öl oder Gas entstehen im Heizkessel Temperaturen von bis zu 900 °C, von denen nur ein Bruchteil wirklich genutzt wird, denn die durchschnittliche Raumwohlfühltemperatur liegt bei 21–22 °C. Wärmepumpen werden als *Niedertemperaturheizung* bezeichnet.

Niedertemperatursysteme arbeiten mit geringeren Vorlauftemperaturen als konventionelle Systeme. Das bedeutet, dass das Wasser, das durch die Heizkörper oder Fußbodenheizung zirkuliert, weniger stark erhitzt wird.

Während herkömmliche Heizkessel Temperaturen von 70 °C bis 90 °C erreichen können, operiert die Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus oder kleinen Mehrfamilienhaus optimalerweise bei *Vorlauftemperaturen* von 35–55 °C, das heißt, die Wärmepumpe erwärmt das Heizungswasser auf maximal 55 °C, bevor es über das Wärmeverteilsystem zu den Heizungsflächen gelangt.



Moderne Wärmepumpen schaffen mittlerweile auch 70 °C und mehr (siehe auch Hochtemperatur-Wärmepumpen in Kapitel 10), aber das Ziel sollte immer sein, die Vorlauftemperatur so niedrig wie möglich zu halten.

Die meisten Menschen wünschen sich in ihrem Wohnzimmer ca. um die 22 °C, im Schlafzimmer eher 18 °C oder weniger. Das heißt, eine Wärmepumpe schafft es mit einer niedrigen Vorlauftemperatur locker, es wohliger warm zu machen – vorausgesetzt: Sie wird ordentlich geplant und ausgelegt. Dann übernimmt sie auch problemlos die Trinkwassererwärmung. Alles dazu erfahren Sie in Kapitel 9.

Einen kurzen und knackigen Check der zehn hartnäckigsten Vorurteile und Gerüchte rund um die Wärmepumpe finden Sie übrigens in Kapitel 18 im Top-Ten-Teil.

Hand aufs Herz und weiter geht's

Investitionen in den Heizungskeller standen bislang eher nicht hoch im Kurs. Für das neue Bad, die neue Küche oder das neue Auto wird einfach lieber und tiefer in die Tasche gegriffen. Für die Heizung galt in der Regel: Hauptsache, »die Bude wird warm« – egal wie. Doch durch die globalpolitische Situation und die damit einhergehende Debatte rund um Wärmepumpensysteme hat sich einiges geändert. Es ist nun in einigen Kreisen »en vogue«, sich zum Thema Heizung auszutauschen.

Bei allen Überlegungen sollte eine immer im Vordergrund stehen: Eine neue Heizung hält in der Regel 20 bis 25 Jahre. Das heißt, Ihre heutige Entscheidung bindet Sie möglicherweise für Jahrzehnte an das gewählte System.

Die politischen Weichen in Deutschland, Europa und auch international sind mehr oder weniger gestellt: Wärmepumpen werden wohl früher oder später das Standard-Heizsystem. Langfristig werden, aller Voraussicht nach, fossile Energieträger immer teurer werden – also ist die Investition in ein klimaschonendes Heizungssystem immer eine Investition in die Zukunft und die nachfolgenden Generationen. Mehr zu den Anschaffungs- und Verbrauchskosten erfahren Sie in Kapitel 4.

Abgesehen von der klimaschädlichen Wirkung ihrer Verbrennung stehen Erdöl, Gas und Kohle nicht unendlich zur Verfügung. Das heißt, es ergibt, völlig unabhängig vom Klimawandel, Sinn, sich unabhängig von fossilen Energieträgern zu machen.

Auf jeden Fall ergibt es auch Sinn, abhängig von Ihrem Gebäude, der Umgebung und Ihrer persönlichen Situation (Klimabewusstsein, Priorisierung, Geldbeutel), gut zu überlegen und sorgfältig zu prüfen, welche Wärmequelle, welche Leistung, welche Betriebsweise für Sie passt – oder eben auch nicht. In Teil II können Sie die wichtigsten Überlegungen zur Entscheidungsfindung abklopfen – denn es kommt auf Ihre persönliche Situation, aber mehr noch auf Ihr Haus und primär auf Ihr Heizungssystem an, ob Sie mit der Wärmepumpe »warm werden« können oder nicht.

