LEA HESSEN
LANDES ENERGIE AGENTUR

NACHHALTIGE GEBÄUDETECHNIK

Für Komfort liebende Sparfüchse!

ENERGIESPARINFORMATION 4

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist.

Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

ANMERKUNG

INHALTSVERZEICHNIS

INHALT

Heizung & Co.: Kostengünstig und nachhaltig 4

Weniger Energiebedarf – einfache Gebäudetechnik 4

Wirtschaftlichkeit 5

Wann werden Heizung und Warmwasser gebraucht? 6

Wie die Wärme in die Räume kommt und wie Sie Energie sparen können 7

Einsparmöglichkeiten beim Warmwasser 8

Energie sparen beim Lüften 10

Die Zukunft ist elektrisch 10

Wärmepumpen 13

Feuerstätten 17

Wärmenetze und Kraft-Wärme-Kopplung 19

Systemvergleich 20

Checkliste und Entscheidungshilfe nachhaltige Gebäudetechnik 21

Beratung und Förderung 23

An verschiedenen Stellen in dieser Broschüre bieten wir mit Internet-Links und „QR-Codes“ Hinweise auf weitere Informationen an. Letztere können Sie mit einer kostenlosen App über Ihr Smartphone scannen und kommen so direkt zu den Informationen. Darüber hinaus können Sie weitere Broschüren in unserer Mediathek auf www.lea-hessen.de oder über den nebenstehenden QR-Code abrufen.

Alle nicht anderweitig gekennzeichneten Fotos: © Passivhaus Institut

HEIZUNG & CO.: KOSTENGÜNSTIG UND NACHHALTIG

Ihr Haus soll im Winter behaglich warm und im Sommer angenehm kühl sein. Außerdem brauchen Sie warmes Wasser und gute Luft. Sie erwarten also drei Dinge: ein angenehmes Raumklima, gute Luft und warmes Wasser. Sie möchten, dass diese Dinge zuverlässig und zu geringen Kosten erfüllt werden. Im Interesse künftiger Generationen ist es außerdem wichtig, Schäden für die Umwelt gering zu halten. Dazu soll bis 2045 ein wichtiges Ziel erreicht werden: die Klimaneutralität im Gebäudesektor. Wenn Sie die Vorschläge dieser Broschüre umsetzen, können Sie aktiv mithelfen, dieses Ziel zu erreichen.

Planen Sie die Erneuerung Ihrer Heizungsanlage oder einen Neubau? Dann enthält diese Broschüre wertvolle Informationen für Sie.
Für Ihre Gebäudetechnik ist das KISS-Prinzip zentral: „Keep it simple and stupid" – also: „Einfach ist besser". Denn in der Regel gilt: Eine einfache, leicht verstehbare und leicht reparierbare Technik ist preiswert in der Anschaffung und verursacht nur geringe Wartungs- und Folgekosten.

Wir zeigen Ihnen, wie Sie Ihr Gebäude zuverlässig, nachhaltig und kostengünstig betreiben können. Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen und Entdecken und viel Erfolg für Ihr Projekt.

WENIGER ENERGIEBEDARF – EINFACHE GEBÄUDETECHNIK

Je weniger Energie Ihre Heizanlage liefern muss, um Ihr Haus behaglich und Ihr Wasser warm zu machen, umso einfacher und kostengünstiger kann das System ausfallen.
Entscheidend für die notwendige Lieferung ist der Wärmeverlust des Gebäudes. Wenn Ihr Haus also einen sehr guten Wärmeschutz hat, dann sind die Voraussetzungen für eine kostengünstige, einfache und effiziente Heizung erfüllt. Darum ist es wichtig, auf besten Wärmeschutz bei Wänden, Dächern, Decken und Fenstern zu setzen. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann den verbleibenden Heizwärmebedarf dann nochmals halbieren.

Tipp:
Senken Sie zunächst den Wärmebedarf Ihres Gebäudes und beschäftigen Sie sich erst dann mit der Heizung. Wenn Sie zuerst den Wärmebedarf reduzieren, brauchen Sie später weniger für die neue Heizung auszugeben!
Ein individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) ist dabei eine große Hilfe. Entwickeln Sie mit einer Energieeffizienzexpertin oder einem -experten Ihren persönlichen Fahrplan. Dafür gibt es Förderungen. Weitere Hinweise finden Sie auf Seite 23.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Durch die aktuellen geopolitischen Entwicklungen sind künftige Energiepreise schwer abzuschätzen. Wahrscheinlich werden Öl und Gas noch teurer. Eine hohe Energieeffizienz und damit ein geringer Energieverbrauch ist die beste Versicherung gegen weiter steigende Energiekosten.

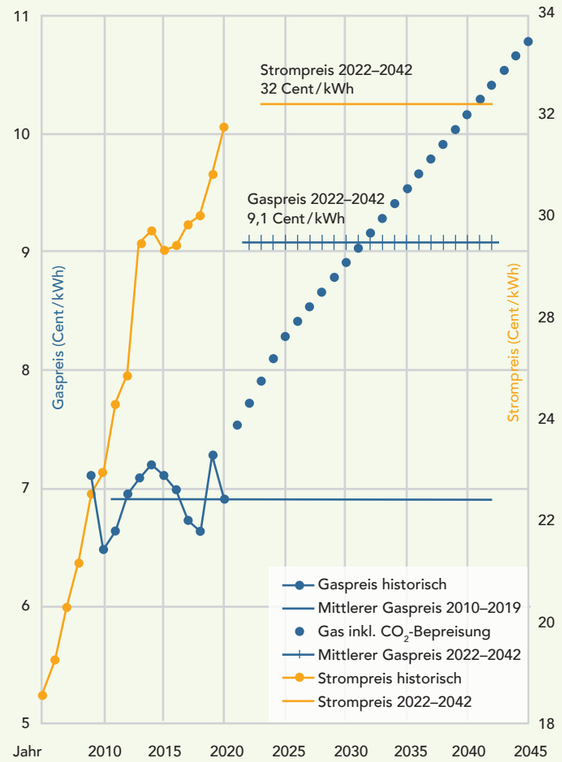
Viele, die bauen oder renovieren möchten, nehmen einen Kredit auf. Häufig kostet ein effizienteres Heizsystem in der Anschaffung mehr als ein weniger effizientes. Sie brauchen dafür einen höheren Kredit und zahlen eine höhere Rate an die Bank. Gleichzeitig sparen Sie aber Heiz- und vielleicht auch Wartungskosten. Wenn diese Einsparung höher ist als die zusätzliche Rate, dann sparen Sie von Anfang an. Welches System am Ende das wirtschaftlichste ist, entscheidet sich also anhand der Kosten für die Anschaffung und Installation sowie der Energie- und Wartungskosten.

Strom ist in den letzten 20 Jahren etwa 3,4 % pro Jahr teurer geworden. Wird dieser Trend weitergehen? Die Bundesregierung hat erkannt, dass Strom der Energieträger der Zukunft ist, und möchte den Strompreis daher konstant halten. Daran orientieren wir uns und rechnen für die nächsten 20 Jahre mit einem Strompreis von 32 Cent pro kWh.

Gas und Öl werden künftig durch die geopolitischen Entwicklungen und die Bepreisung des klimaschädlichen CO_2 deutlich teurer. Die nebenstehende Grafik zeigt, wie sich die Preise, ausgehend vom mittleren Wert der letzten 10 Jahre, entwickeln könnten. Wir rechnen mit Gaskosten von rund 9 Cent / kWh im Mittel der kommenden 20 Jahre.

Vom Energiepreis zum Wärmepreis
Bei einer Gasheizung gibt es Abgas- und Leitungsverluste, wodurch der Wärmepreis auf etwa 11 Cent klettert. Hinzu kommen die Grundgebühr für den Gasanschluss und die Kosten für den Schornsteinfeger.

Preisentwicklung für Strom und Gas (Cent/kWh)
Die Preisentwicklung beruht auf einer Abschätzung aus dem 4. Quartal 2021



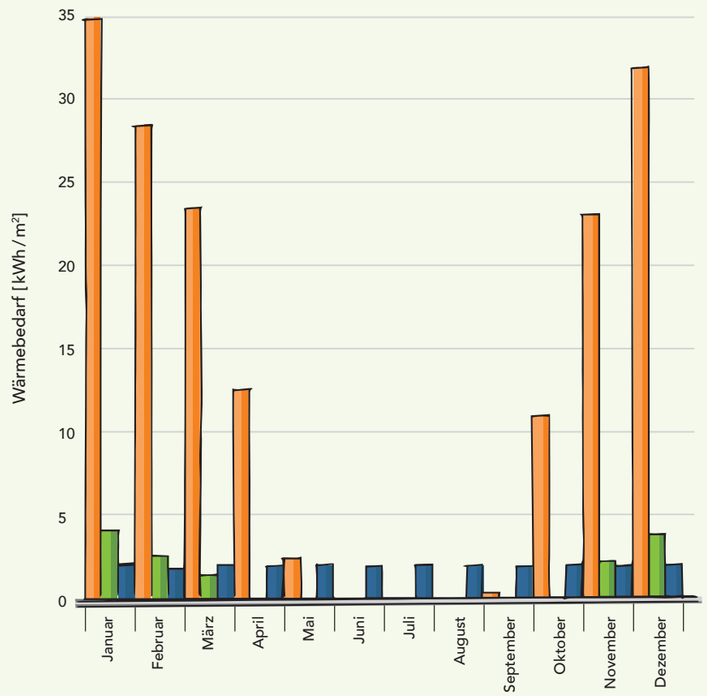
Eine gute Wärmepumpe macht aus einem Teil Strom mindestens 3 Teile Wärme nutzbar. Wie das geht, erfahren Sie ab Seite 13. Auch dabei entstehen Systemverluste, sodass sich in etwa der gleiche Wärmepreis wie für das Gas ergibt. Aber Sie sparen den Schornsteinfeger und die Zählergebühr. Daraus ergibt sich im Betrieb ein Kostenvorteil für die Wärmepumpe.
Wenn Sie selbst erzeugten PV-Strom für Ihre Wärmepumpe zur Heizung und zur Warmwasserbereitung verwenden, kann der Wärmepreis auf 8 Cent / kWh sinken – allerdings nur, wenn im Winter wenig Heizung benötigt wird. Denn im Winter sind Sie weiterhin auf Netzstrom angewiesen.

WANN WERDEN HEIZUNG UND WARMWASSER GEBRAUCHT?

Je kälter es draußen ist, umso mehr müssen wir heizen. Darum liegt der Schwerpunkt des Heizwärmebedarfs im Winter. Wie viel Heizwärme gebraucht wird, hat vor allem damit zu tun, wie viel Wärme durch Wände, Dächer und Fenster verloren geht. Darum braucht ein Gebäude mit geringem Wärmeschutz viel mehr Wärme als ein Gebäude mit gutem Wärmeschutz. Solche Gebäude brauchen nur im Kernwinter Heizenergie und auch dann nur sehr wenig. In der Übergangszeit reichen die Sonne und die Abwärme von Personen und Geräten aus, um das Haus warm zu halten.

Die unten stehende Grafik zeigt den unterschiedlichen Energiebedarf eindrucksvoll. Der Bedarf an warmem Wasser ist über das Jahr hinweg gleichmäßiger verteilt. Bei sehr sparsamen Gebäuden liegt er in der Jahressumme etwa gleichauf mit der Heizung.

Für weitere Informationen schauen Sie bitte in die Energiesparinformationen 1: „Die Gebäudehülle – Darauf kommt es an!", 2: „Heiz- und Stromkosten – Richtig sparen" und 6: „Unser neu gebautes Zuhause – Behaglich, nachhaltig und kostengünstig".



Heizwärmebedarf in einem Gebäude mit geringem Wärmeschutz

Heizwärmebedarf in einem Gebäude mit zukunftsfähigem Wärmeschutz

Warmwasser

Mehr zum Thema:
Die Gebäudehülle – Darauf kommt es an!
www.lea-hessen.de

Mehr zum Thema:
Heiz- und Stromkosten – Richtig sparen
www.lea-hessen.de

Mehr zum Thema:
Unser neu gebautes Zuhause – Behaglich, nachhaltig und kostengünstig
www.lea-hessen.de

WIE DIE WÄRME IN DIE RÄUME KOMMT UND WIE SIE ENERGIE SPAREN KÖNNEN

Die Heizung wird benötigt, weil die Wärme durch die Gebäudehülle ins Freie gelangt, wenn es draußen kälter ist als drinnen. Wird die verlorene Wärme nicht ersetzt, sinkt die Temperatur im Raum. Meist wird die Wärme über Heizkörper oder Fußbodenheizungen nachgeliefert. Warmes Wasser zirkuliert dann zwischen dem Wärmeerzeuger (z. B. Kessel oder Wärmepumpe) und den Heizflächen (z. B. Heizkörper oder Fußbodenheizung).

Einfache Verbesserungen, kostengünstig umzusetzen

In bestehenden Gebäuden läuft die Heizung oft nicht rund. Hier kann ein hydraulischer Abgleich helfen, Energie einzusparen. Dabei wird die Heizung so eingestellt, dass die Wärme gleichmäßig an allen Heizflächen ankommt.
Bei vielen älteren Gebäuden steht der Heizkessel in einem kalten Keller. Wenn Heizleitungen und Armaturen gut eingepackt werden, lassen sich weitere Kosten sparen. Alte, ungeregelte Heizungspumpen sind wahre Energieschleudern. Ein Austausch lohnt sich!
Eine Rolle spielt bei bestehenden Gebäuden auch die Qualität der Regelung der Heizung. Wenn die Temperatur der Heizflächen nach der Außentemperatur geregelt wird, kann das die Verluste reduzieren und so Heizenergie sparen. In zukunftsfähigen Gebäuden spielt das aber keine große Rolle mehr, da hier auch im tiefsten Winter geringe Temperaturen ausreichen. So kann die Regelung vereinfacht werden.

Wärmebedarf reduzieren, nachhaltig und wirtschaftlich

Je weniger Wärme verloren geht, umso weniger brauchen die Heizflächen nachzuliefern. Heizwärme kann darum am besten durch einen sehr guten Wärmeschutz eingespart werden.

Je besser der Wärmeschutz des Gebäudes ist, umso kleiner und damit preiswerter kann die Heizung sein. Eine wichtige weitere Möglichkeit insbesondere bei Wärmepumpen ist, die Temperatur der Heizflächen zu reduzieren.

In bestehenden Gebäuden sind die Heizkörper oft unter den Fenstern angeordnet, weil dort die meiste Wärme verloren geht. Ohne sie würde es dort unbehaglich sein. Gute dreifach verglaste Fenster sind innen so warm, dass es auch ohne den Heizkörper behaglich ist. Die Heizflächen können dann sogar an den Innenwänden installiert werden. Das spart Leitungswege und damit Kosten. Eine gute Möglichkeit, Wärme in die Räume zu bringen, ist auch die Bauteilaktivierung. Dazu werden in Wänden oder Decken Heizschlangen verlegt, durch die warmes Wasser fließt. Das Bauteil wird um wenige Grad erwärmt und gibt seine Wärme gleichmäßig an den Raum ab. Diese Art der Flächenheizung ist preiswert, robust und passt besonders gut zu Wärmepumpen. In sehr sparsamen Gebäuden kann die Wärme auch mit der Luft über die ohnehin vorhandene Komfortlüftung verteilt werden. Preiswerter geht es kaum.

© Steffen Spitzner

EINSPARMÖGLICHKEITEN BEIM WARMWASSER

Der durchschnittliche Warmwasserbedarf liegt in Deutschland bei etwa 25 l pro Person am Tag – mit großen Unterschieden von Person zu Person. Im Jahr werden zur Erwärmung dieses Wassers etwa 520 kWh pro Person benötigt. Dieser Wert gilt ohne Verluste und entspricht annähernd dem Strombedarf, wenn elektronisch geregelte Durchlauferhitzer das Wasser unmittelbar an der Zapfstelle erwärmen.

Wird das Wasser weiter weg von der Zapfstelle erhitzt, entstehen Verluste. In vielen Gebäuden gibt es zudem eine Warmwasserzirkulation, die dafür sorgt, dass sofort warmes Wasser kommt, wenn Sie den Wasserhahn aufdrehen. In beiden Fällen ist es wichtig, auf kurze Leitungen zu achten und Leitungen, Abzweige und Ventile warm einzupacken. Bei sehr kurzen Leitungsnetzen kann auf eine Zirkulation verzichtet werden. So lässt sich viel Wärme einsparen. Wenn das nicht möglich ist, können Sie die Betriebszeiten der Zirkulation verringern. Bei neueren Anlagen springt die Zirkulation nur an, wenn warmes Wasser gebraucht wird. So kommt es schnell zum Wasserhahn, die Zirkulationsverluste werden wirksam reduziert.
Bei der Speicherung von warmem Wasser gibt es ebenfalls Verluste. Hier ist es wichtig, den Wärmespeicher gut zu dämmen und nicht größer zu wählen als nötig.

Zwei weitere Möglichkeiten möchten wir Ihnen ans Herz legen:
Verwenden Sie Spararmaturen, besonders in der Dusche und an den Waschbecken. Durch Beimischung von Luft wird bei gleichem Reinigungsergebnis und Duscherlebnis bis zu 50 % weniger Wasser benötigt.
So sparen Sie gleich doppelt: Sie brauchen weniger Wasser und weniger Energie. Dabei kosten die Spararmaturen oft nicht mehr als die Standardausführung.

4-Personen-Haushalt	Standard-Duschkopf	Spar-Duschkopf	
Wasserbedarf	14	8	Liter pro Minute
	33	19	Kubikmeter pro Jahr
Wasserkosten	160	92	Euro pro Jahr
Energiekosten	136	78	
Summe	296	169	
Einsparung		127	Euro pro Jahr
Trinkwasser: 2,5 €/m³, Abwasser: 2,3 €/m³, Wärme: 0,11 €/kWh			

Allerdings: Wenn Sie länger duschen, weil Sie pro Duschminute weniger Wasser brauchen, reduzieren Sie den Spareffekt wieder.

Ein Problem, gegen das im Ein- und Zweifamilienhaus keine besonderen Maßnahmen getroffen werden müssen, sind spezielle Keime, die Legionellen. Sie können besonders in größeren Leitungsnetzen und Speichern auftreten. Ein kurzes Leitungsnetz ist auch hier sinnvoll.

Mehr zum Thema:
Gute Tipps zum Wassersparen finden Sie auf:
www.co2online.de

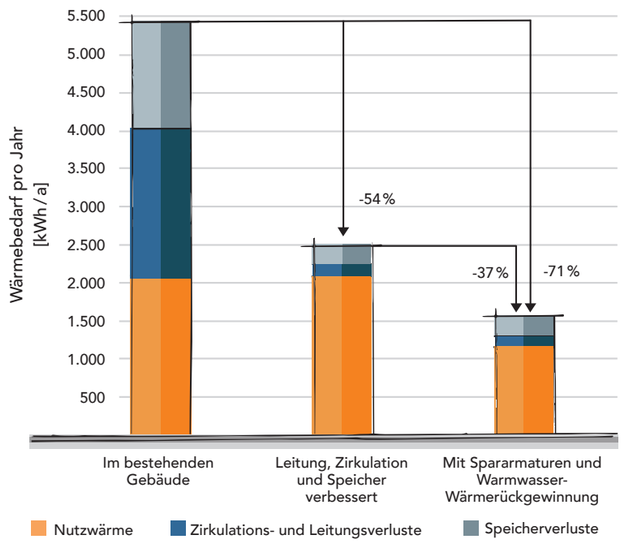
Mehr zum Thema:
Energie von Dach und Fassade – Die Energiewende mitgestalten
www.lea-hessen.de

Eine clevere Lösung ist die Duschwasser-Wärmerückgewinnung. Hier fließt das kalte, frische Wasser sorgfältig getrennt am warmen Abwasser vorbei und wird dabei wärmer. Auf diese Weise lassen sich mit den besten Geräten über 60 % der Wärme für das Duschwasser einsparen. Die Geräte sind kostengünstig und wartungsfrei. Sie lohnen sich fast immer.

Bitte beachten Sie: Sowohl mit den Spararmaturen als auch mit der Duschwasser-Wärmerückgewinnung lässt sich nur der Nutzwärmebedarf reduzieren. Die Wärmeverluste durch Zirkulation, Wärmeverteilung und Speicherung sind davon gänzlich unabhängig.

Thermische Solaranlagen helfen, Wasser nachhaltig zu erwärmen. Wenn Sie mehr über thermische Solaranlagen erfahren möchten, schauen Sie bitte in die Energiesparinformation 9: „Energie von Dach und Fassade – Die Energiewende mitgestalten“ oder fragen Sie eine Energieeffizienzexpertin oder einen -experten um Rat.

Wärmebedarf zur Trinkwasserbereitung im 4-Personen-Haushalt



Adobe Stock © marog-pixcells

© Steffen Spitzner

Mehr zum Thema:
Gute Luft zu Hause –
Clever lüften
www.lea-hessen.de

ENERGIE SPAREN BEIM LÜFTEN

Lüften – das ist keine klassische Aufgabe der Gebäudetechnik.
Messungen über geöffnete Fenster belegen aber, dass eine gute Raumluft durch die Fensterlüftung allein nicht gewährleistet werden kann. Zudem bringt die Fensterlüftung einige Nachteile mit sich: starke Temperaturschwankungen, unbehagliche Zugluft, Lärm, Schadstoffe und hohe Energieverluste. Zu einer nachhaltigen Gebäudetechnik gehört daher die **Komfortlüftung** über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.
Sie vermeidet die beschriebenen Nachteile und kann den Heizwärmebedarf um gut 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/(m²a)) senken. Bei einem hoch effizienten Gebäude ist das eine Halbierung.
Aber auch bei der Fensterlüftung lässt sich sparen. Kippstellungen sollten prinzipiell vermieden werden. Regelmäßiges Stoßlüften ist angesagt. Für weitere Informationen schauen Sie bitte in die Energiesparinformation 7: „Gute Luft zu Hause – Clever lüften".

DIE ZUKUNFT IST ELEKTRISCH

Wie wird das nachhaltige Energieversorgungssystem der Zukunft ganz ohne die klimaschädlichen fossilen Energieträger aussehen? Bis ins Detail lässt sich das heute noch nicht sagen. Die Grundsätze sind aber klar.
Wasserkraftwerke, Windräder und Photovoltaik-Anlagen produzieren elektrischen Strom. Sie werden in Zukunft den größten Teil der Energie liefern. Darum ist es sinnvoll, Strom effizient für alle Anwendungen einzusetzen, eben auch für Wärmepumpen zur Heizung und für warmes Wasser. Dabei ist es sehr wichtig, mit dem Strom sparsam umzugehen, denn auch alle anderen Bereiche, wie etwa der Straßenverkehr, werden zunehmend auf elektrischen Strom umgestellt. Mit dem Strom direkt zu heizen oder warmes Wasser zu bereiten, ist darum in der Regel nicht sinnvoll.
Eine gute Idee ist es hingegen, den Stromeinsatz mithilfe von Wärmepumpen zu reduzieren.
Wie das funktioniert, beschreiben wir ab Seite 13.

Da die Sonne nicht immer scheint und der Wind weht, wann er will, passen Energieproduktion und Energieverbrauch nicht immer zusammen.

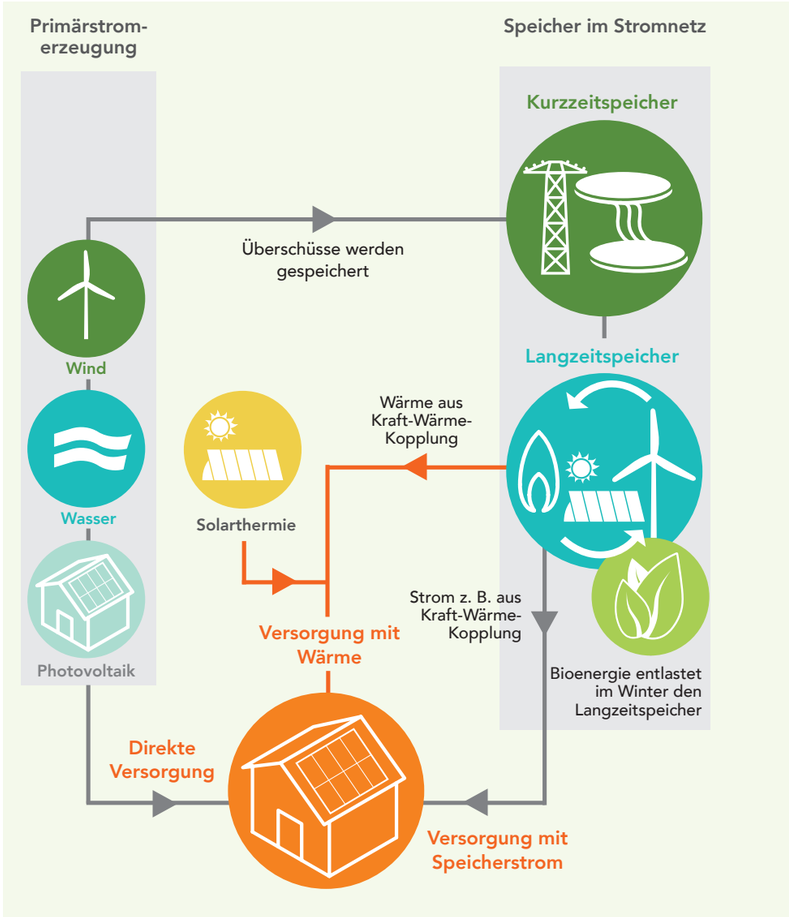
Darum werden im zukünftigen Energieversorgungssystem Speicher gebraucht. Kurzzeitspeicher im Netz, wie Akkumulatoren, Schwungradspeicher oder Pumpspeicherkraftwerke, können Unterschiede in der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch im Tagesverlauf und sogar über wenige Tage ausgleichen. Diese Speicher haben Energieverluste. Je weniger Energie gespeichert werden muss, umso effizienter ist daher das System.
Deshalb ist es eine gute Idee zu versuchen, den Strombedarf an die Erzeugung anzupassen.

Weil im Winter die Sonne weniger scheint, wird deutlich weniger Solarstrom produziert. Gleichzeitig brauchen wir genau dann die Heizung.

Zwar weht der Wind im Winter mehr. Dennoch übersteigt der Energiebedarf das Angebot an erneuerbarer Energie. Dieser Bedarf kann aus einem jahreszeitlichen Energiespeicher gedeckt werden. Dazu kann zum Beispiel im Sommer mit Strom das Gas Methan erzeugt werden.

Es wird auch Solar- oder Windgas genannt. In vorhandenen Erdgaslagern kann es gespeichert und im Winter in Strom zurückverwandelt werden. Leider hat dieser Prozess nur einen Gesamtwirkungsgrad von etwa 30 %. Die beste Möglichkeit ist, den Speicherbedarf klein zu halten, also im Winter möglichst wenig Heizung zu brauchen. Darum sind die effiziente Gebäudehülle und die Wärmepumpe so wichtig. Sie sorgen maßgeblich dafür, dass die Energiewende überhaupt möglich wird. Und dafür, dass Heizen auch in Zukunft bezahlbar bleibt.

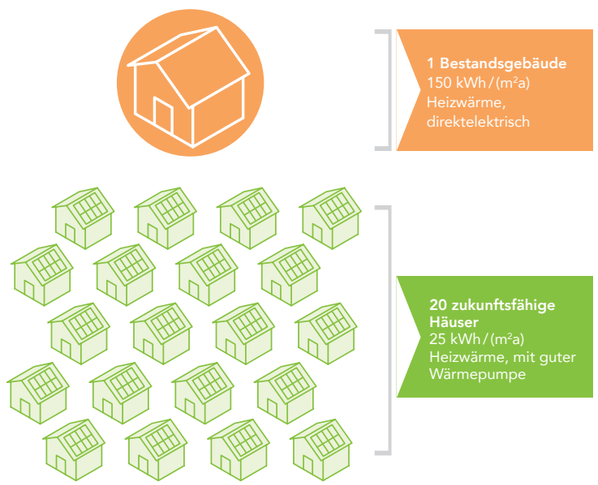
Die Grafik rechts zeigt die zukünftige, komplett erneuerbare Energieversorgung mit Photovoltaik (PV), Wind- und Wasserkraft, Bioenergie, Speichern und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Bioenergie kann das System im Winter ergänzen. Solarthermische Anlagen, die Sonnenenergie in Wärme umwandeln, können besonders im Sommer ergänzend warmes Wasser erzeugen.

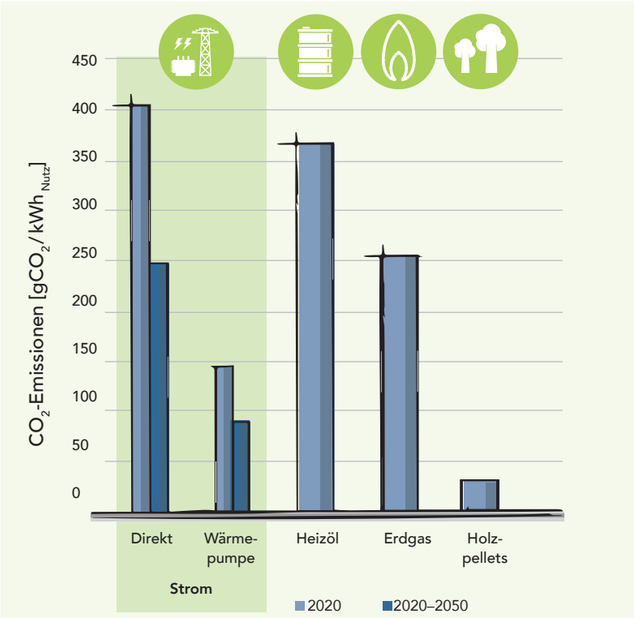


Adobe Stock © Jürgen Fälchle

Adobe Stock © visdia

Strom wird allmählich klimafreundlicher und ist in Verbindung mit Wärmepumpen schon heute besser als fossile Energieträger. Bei der Erzeugung von einer Kilowattstunde (kWh) Strom wurden in Deutschland 2019 im Schnitt 401 Gramm CO_2 freigesetzt. 2020 bis 2050 könnten es durchschnittlich 245 Gramm sein. Gute Wärmepumpen können mit einer kWh Strom drei oder mehr kWh Wärme nutzbar machen. Diese Wärmepumpen haben dann eine Jahresarbeitsahl von 3 oder mehr. So entstehen pro kWh Wärme aus Strom schon heute nur 133 Gramm CO_2. Bei einer Gasheizung sind es 250 Gramm CO_2, bei Öl 326 Gramm. Wer einen Liefervertrag für Strom aus neuen Wind-, Wasser- oder Sonnenkraftwerken abschließt oder selbst PV-Strom produziert, der kann seine persönliche Klimabilanz weiter verbessern. Holzpellets schneiden mit 29 Gramm noch besser ab.
Aber es gibt zu wenig Biomasse für alle. Und sie ist zu schade, um sie einfach zu verheizen. Denn mit ihr können Häuser gebaut sowie Wärmedämmung und Produkte hergestellt werden, die am Ende ihres Lebens recycelt oder anschließend zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt werden können.



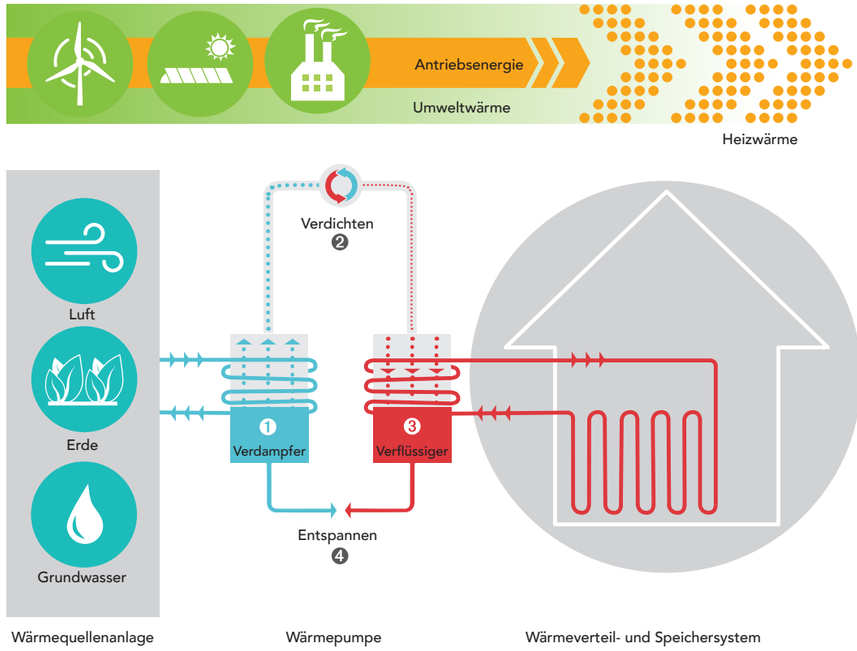


Quellen: CO_2 Strom: Statista; Strom lineare Projektion: 2060 = CO_2-frei. Jahresarbeitszahl Wärmepumpe: 3. Heizöl, Gas, Holzpellets: GEMIS 4.95.

Doch was passiert, wenn viele mit Strom heizen möchten?
Dazu ein Beispiel: Ein typisches Reihen-, Doppel- oder Zweifamilienhaus aus den 1950er- bis 1970er-Jahren mit einer elektrischen Nachtspeicherheizung benötigt 150 kWh/(m²a) Heizwärme. Bei 150 m² beheizter Fläche sind das 22.500 kWh pro Jahr. Nun wird es komplett hoch energieeffizient modernisiert. Anschließend liegt der Heizwärmebedarf bei 25 kWh/(m²a), die von einer guten Wärmepumpe bereitgestellt werden. Der Strombedarf für die Heizung liegt nun nur noch bei etwa 1.200 kWh pro Jahr. Die Strommenge, die zuvor für ein Haus benötigt wurde, reicht nun für die Beheizung von 20 Häusern, denn der Heizwärmebedarf ist auf ein Sechstel gesunken und die Wärmepumpe drittelt den verbleibenden Bedarf. Im Optimalfall kann der Bedarf sogar geviertelt werden.
2017 wurden 2,7 % der Wohngebäude in Deutschland direkt mit Strom beheizt. Zukünftig könnten es allein über diesen Weg über 50 % sein – ohne den Strombedarf zu erhöhen. Die Voraussetzungen dafür sind eine bestmögliche Energieeffizienz der Gebäudehüllen sowie der Einsatz guter Wärmepumpen.

WÄRMEPUMPEN

Wärmepumpen machen Umweltwärme zum Heizen, Kühlen und zur Warmwasserbereitung nutzbar. Die Technik ist bekannt, bewährt und wird in jedem Haushaltskühlschrank eingesetzt. Die Wärmepumpe transportiert die Wärme aus dem Kühlschrank heraus und gibt sie auf dessen Rückseite an die Raumluft ab. Dort wird es warm. Bei der Heizung transportiert die Wärmepumpe Wärme nicht von drinnen, etwa aus dem Kühlschrank, nach draußen. Sie bringt Umweltwärme von draußen nach drinnen, hebt sie dabei auf ein höheres Temperaturniveau und macht sie nutzbar.
Das funktioniert so:



❶
In der Wärmepumpe zirkuliert ein Kältemittel. Das ist zunächst flüssig und sehr kalt. In einem Wärmeübertrager wird es an einem etwas wärmeren Medium, wie Außenluft, Grundwasser oder Sole aus einem Bohrloch (der Wärmequelle), vorbeigeführt. Weil das Kältemittel kälter ist als die Wärmequelle, nimmt es Wärme auf und verdampft. Es ist jetzt gasförmig.

❷
In einem Verdichter wird der Dampf komprimiert. Dabei wird der gleiche Wärmegehalt auf ein kleineres Volumen verdichtet: Die Temperatur steigt. Sie kennen diesen Effekt vom Fahrradaufpumpen: Auch dabei wird ein Gas, in diesem Fall Luft, auf ein geringeres Volumen komprimiert. Die Luftpumpe kann dabei ziemlich warm werden.

❸
Dieses heiße, komprimierte Gas gelangt in einen weiteren Wärmeübertrager, den Verflüssiger. Hier wird es an einem kühlen Medium, beispielsweise dem Heizungswasser (der Wärmesenke), vorbeigeführt. Das Gas kühlt beim Erwärmen des Heizungswassers ab und kondensiert dabei. Das Kältemittel ist nun wieder flüssig.

❹
Durch ein Entspannungsventil kommt das flüssige Kältemittel abgekühlt zurück in den Verdampfer, wo es wieder Wärme aus der Wärmequelle aufnehmen kann und verdampft. So schließt sich der Kreis.

Der Verdichter benötigt für diesen Prozess einen Antrieb, meist ist das ein Elektromotor. Die Wärme auf eine höhere Temperatur zu bringen, ist echte physikalische Arbeit. Je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle und der Wärmesenke, umso weniger Arbeit braucht ein Verdichter zu leisten. Umso effizienter ist die Wärmepumpe. In Physik und Technik ist das als „zweiter Hauptsatz der Thermodynamik" bekannt.

Bei guten Wärmepumpen und geringen Temperaturunterschieden können mit einer Kilowattstunde Strom 4 Kilowattstunden Wärme nutzbar gemacht werden. Die Wärmepumpe hat dann eine Jahresarbeitszahl von 4. Wärmepumpen sollten den Förderrichtlinien des BAFA (s. Seite 23) entsprechen und eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,5 haben.

Tipp: Achten Sie beim Kauf Ihrer Wärmepumpe darauf, dass der Verdichter eine Geschwindigkeitsregelung hat. So kann die Leistung der Wärmepumpe je nach Bedarf variieren (Fachjargon: Inverter-Betrieb). Das sorgt für höhere Effizienz, längere Lebensdauer und geringere Kosten.

Vereinbaren Sie einen Effizienzcheck der Wärmepumpe nach dem ersten Betriebsjahr und lassen Sie die Anlage gegebenenfalls nachjustieren.

Wenn Sie eine PV-Anlage auf dem Dach oder an der Fassade haben, können Sie Strom zum Betrieb Ihrer Wärmepumpe, vor allem für die Warmwasserbereitung, preiswert selbst erzeugen. Achten Sie beim Kauf Ihrer Wärmepumpe darauf, dass sie „Smart Grid Ready" ist. Dann springt die Wärmepumpe an, wenn die Photovoltaik Strom erzeugt.

Luft-Luft-Wärmepumpen
Bei einer Luft-Luft-Wärmepumpe sind Wärmequelle und Wärmesenke Luft. Im Haus wird Luft mit einem Ventilator angesaugt, in einem Wärmetauscher erwärmt und heizt so die Räume. Das System ist von handelsüblichen Klima-Splitgeräten zur Kühlung bekannt.

Splitgeräte werden sie genannt, weil die Komponenten in zwei Baugruppen aufgeteilt sind: In der Außeneinheit, meist ein weißer Kasten, sind der Verdichter und ein Luft-Wärmetauscher mit Ventilator untergebracht. Kühlmittelleitungen verbinden die Außen- mit der Inneneinheit. Dort gibt es wieder einen Ventilator und einen Wärmetauscher. Für den Heiz- und Kühlbetrieb gibt es ein automatisches Umschaltventil. So ist es möglich, dass wahlweise im Kühlmodus Wärme von innen nach außen oder im Heizmodus von außen nach innen transportiert wird. Ein Splitgerät mit einer oder mehreren Inneneinheiten kann ein sehr effizientes Haus komplett beheizen oder kühlen. Das ist von den Investitionskosten her eine unschlagbar günstige Möglichkeit.
Allerdings hat diese Option auch Haken: Luft kann nur wenig Wärme transportieren. Um diesen Nachteil auszugleichen, muss entweder viel Luft bewegt werden. Das kann zu lästigen Geräuschen führen. Oder die Temperatur wird erhöht. Dann leidet die Effizienz und der Strombedarf steigt stark an. Diese Art der Beheizung wird darum nur für Gebäude mit sehr niedrigem Heizwärmebedarf empfohlen.

Eine Sonderform der Luft-Luft-Wärmepumpe ist das Wärmepumpenkompaktgerät. Hier sind ein Komfort-Lüftungsgerät und die Wärmepumpe für Heizung, Warmwasserbereitung und gegebenenfalls Kühlung zusammengefasst. Die Wärmequelle ist nicht wie beim Splitgerät die Außenluft, sondern die etwas wärmere Fortluft, die nach dem Passieren des Wärmetauschers der Lüftungsanlage noch weiter abgekühlt wird.

Luft-Wasser-Wärmepumpen
Auch Luft-Wasser-Wärmepumpen haben meist eine Außeneinheit, in der Verdichter und Verdampfer mit einem Ventilator untergebracht sind. Allerdings wird die Wärme nicht direkt an die Innenluft abgegeben, sondern an Heizungswasser.

Tipp: Je geringer die Temperatur dieses Wassers sein muss, um die Räume behaglich zu erwärmen, umso höher ist die Effizienz der Wärmepumpe. Je größer die Heizflächen sind und je geringer der Wärmebedarf des Gebäudes ist, umso geringer kann die Wassertemperatur sein. Darum können Wärmepumpen in Gebäuden mit sehr gutem Wärmeschutz und Fußboden-, Wand- oder Deckenheizungen besonders effizient arbeiten.

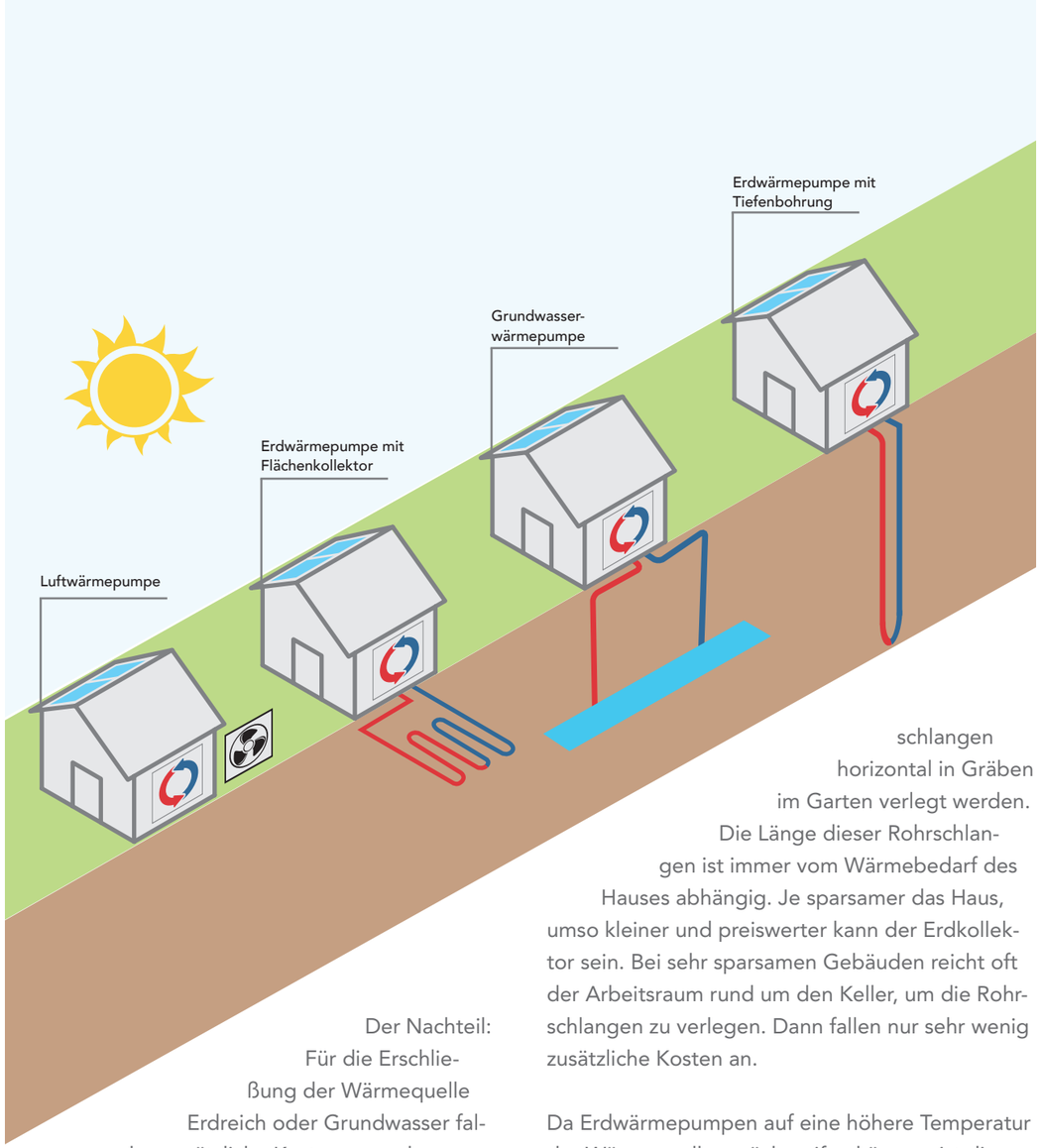
Bei Flächenheizungen reichen oft 25 °C als „Vorlauftemperatur" des Heizwassers aus.
In den meisten Fällen ist es sinnvoll, dass die Wärmepumpe nicht nur heizt (und eventuell etwas kühlt), sondern auch die Warmwasserbereitung übernimmt. Dabei liegt die Warmwassertemperatur höher als die Vorlauftemperatur der Heizung. Für die Effizienz der Wärmepumpe ist es sehr wichtig, dass sie zwei Heizkreise hat: einen für das warme Wasser und einen für die Heizung. Andernfalls wird das Heizungswasser so hoch erhitzt wie das Warmwasser und anschließend wieder heruntergemischt.

Erd- und Grundwasserwärmepumpen
Als Alternative zur Luft kann auch das Erdreich oder das Grundwasser als Wärmequelle verwendet werden.

Der Vorteil: Die Erde ist im Winter wärmer als die Außenluft. So kann eine Erd- oder Grundwasserwärmepumpe effizienter arbeiten als Luftwärmepumpen. Sie brauchen weniger Strom, um die gleiche Wärmemenge nutzbar zu machen.
Dabei wird nicht die Erdwärme angezapft, sondern im Erdreich oder im Grundwasser gespeicherte Sonnenenergie aus der wärmeren Jahreszeit.
Die Wärmepumpe kühlt das Erdreich im Winter ab. Durch Sonnenschein oder durch versickerndes Regenwasser wird es ab dem Frühjahr wieder aufgewärmt. Oder das kühle Erdreich wird im Sommer zur Kühlung des Hauses genutzt.
Viele Wärmepumpen bieten diese Option heute serienmäßig.

© Steffen Spitzner

Adobe Stock © Val Thoermer



Der Nachteil: Für die Erschließung der Wärmequelle Erdreich oder Grundwasser fallen zusätzliche Kosten an und gegebenenfalls müssen dafür spezielle Genehmigungen eingeholt werden. Ob diese Mehrkosten durch die höhere Effizienz wieder ausgeglichen werden können, ist von Fall zu Fall unterschiedlich. Fragen Sie Ihre Energieeffizienzexpertin oder Ihren -experten um Rat. Das Erdreich kann auf zwei verschiedene Arten erschlossen werden. Bei der ersten werden tiefe Löcher gebohrt, in die U-förmige Sonden eingelassen werden. Durch diese Rohre fließt später ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, das die Wärme aus der Erde zur Wärmepumpe transportiert. Diese Art der Erschließung braucht wenig Platz und ist auch bei kleinen Grundstücken gut möglich. Es können auch Rohrschlangen horizontal in Gräben im Garten verlegt werden. Die Länge dieser Rohrschlangen ist immer vom Wärmebedarf des Hauses abhängig. Je sparsamer das Haus, umso kleiner und preiswerter kann der Erdkollektor sein. Bei sehr sparsamen Gebäuden reicht oft der Arbeitsraum rund um den Keller, um die Rohrschlangen zu verlegen. Dann fallen nur sehr wenig zusätzliche Kosten an.

Da Erdwärmepumpen auf eine höhere Temperatur der Wärmequelle zurückgreifen können, ist die Effizienz auch bei höheren Heizungsvorlauftemperaturen noch akzeptabel. Sie eignen sich darum besser für ältere Gebäude, bei denen kein sehr guter Wärmeschutz möglich ist.

Für effiziente Wärmepumpen gibt es hohe Förderungen. Insbesondere dann, wenn sie einen alten Ölkessel ersetzen. Weitere Informationen finden Sie auf Seite 23.

FEUERSTÄTTEN

Kessel sind das Herzstück der alten Zentralheizungen. In ihnen wird durch das Verfeuern von Öl, Gas oder Biomasse Heizungswasser erhitzt, das dann über Heizkörper oder Flächenheizungen die Räume wärmt. Bei der Verbrennung von Öl und Gas entsteht klimaschädliches CO_2. Bei Öl noch mehr als bei Gas. Darum wird der Einbau von Ölheizungen ab 2026 weitgehend verboten. Auch Gasheizungen sind nicht nachhaltig. Feuerungsstätten brauchen stets eine Abgas-Anlage. Für sie fallen Investitions- und Wartungskosten an.

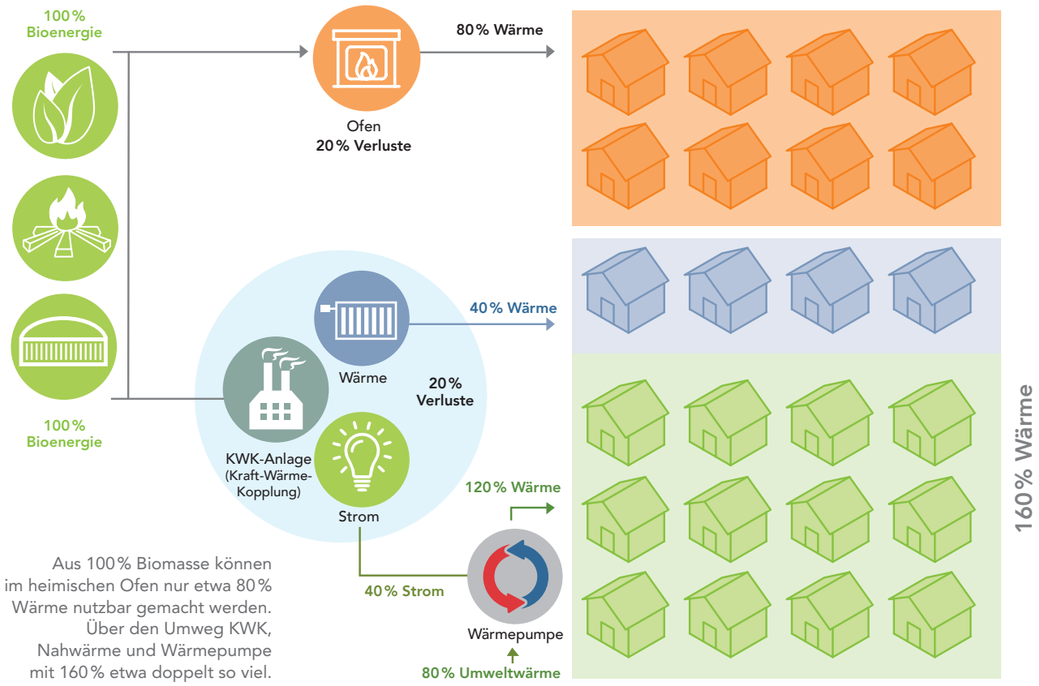
Pellets & Co.
Biomasse ist alles, was auf dem Feld oder im Wald wächst. Biomasse ist nicht nur ein Energieträger. Sie liefert auch Nahrungsmittel, Baustoffe und in Zukunft, wenn auf Erdölprodukte verzichtet werden soll, sogar den Grundstoff für die chemische Industrie. Die verfügbaren Mengen sind durch die Anbauflächen begrenzt. Biomasse ist also viel zu schade, um einfach nur verheizt zu werden.

Foto: Maria Freundorfer

Ihre Bedeutung als Energieträger im Verkehr wird wegen ihrer hohen Energiedichte und ihrer Lagerfähigkeit in Zukunft steigen. Flugzeuge, Schiffe und auch der Straßenverkehr werden jenseits der Elektromobilität auf sie angewiesen sein. Alternative lager- und transportfähige nachhaltige Energieträger wie synthetisches Ethanol sind deutlich teurer.

Als lagerbarer Energieträger wird Biomasse im zukünftigen Stromnetz zudem dringend bei der Stromerzeugung zur Deckung der Winterlücke gebraucht – ergänzend zu Wasserstoff und Methan aus Sommerstrom. Die dabei entstehende Wärme kann über Wärmenetze verteilt und zum Heizen eingesetzt werden. Wird der gewonnene Strom zusätzlich mit einer Wärmepumpe zum Heizen verwendet, kann (wie in der Abbildung auf Seite 19 zu sehen) insgesamt doppelt so viel Wärme nutzbar gemacht werden wie mit der Verbrennung von Biomasse im eigenen Ofen. Biomassekessel sind dann sinnvoll eingesetzt, wenn das Stromnetz zu schwach für eine Wärmepumpe und kein Fernwärmenetz vorhanden ist. Auch in Gebäuden mit sehr hohem Energiebedarf, wie denkmalgeschützten Häusern, kann Biomasse gegebenenfalls sinnvoll eingesetzt werden. Die Warmwasserbereitung sollte im Sommer durch eine Wärmepumpe in Verbindung mit einer PV-Anlage oder eine thermische Solaranlage unterstützt werden.

Gas-Brennwertkessel
Gas-Brennwertkessel gelten heute als Übergangstechnologie. In ihnen wird Erdgas verbrannt, zukünftig vielleicht auch Biogas oder Gas aus erneuerbarem Strom. Allerdings ist es wie bei der Biomasse eine viel bessere Lösung, mit dem Gas gleichzeitig Strom und Wärme zu erzeugen.
Die Kosten für Gas werden in Zukunft ansteigen. Der Gasanschluss selbst und die Grundgebühr für den Gaszähler sowie die Kosten für die Abgasleitung und deren Wartung erzeugen zusätzliche Kosten.
In Gaskessel sollte bei Modernisierungen nur investiert werden, wenn es keine andere Option gibt, in Neubauten gar nicht mehr. In größeren Gebäuden können sie zur Spitzenlastdeckung auch zusätzlich zu einer Wärmepumpe eingesetzt werden.



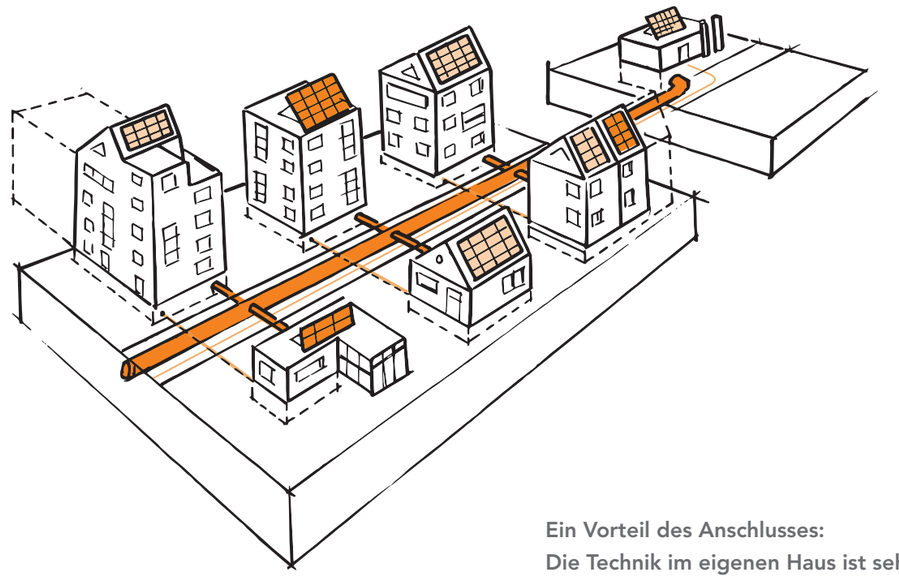
Aus 100 % Biomasse können im heimischen Ofen nur etwa 80 % Wärme nutzbar gemacht werden. Über den Umweg KWK, Nahwärme und Wärmepumpe mit 160 % etwa doppelt so viel.

Einige Hersteller bieten Hybridgeräte an. In diesen sorgt eine Wärmepumpe im Sommer für die Trinkwassererwärmung.
Im Winter übernimmt der Kessel dann auch die Heizung. Dass zwei Geräte, auch wenn sie in einem Gehäuse untergebracht sind, mehr kosten als ein einzelnes, ist klar. Durch eine PV-Anlage können Sie die Energiekosten aber senken.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Ein- und Zweifamilienhäusern
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist ein wichtiger Pfeiler der nachhaltigen Energieversorgung, wenn künftig erneuerbare Brennstoffe eingesetzt werden. Hier werden Strom und Wärme gleichzeitig produziert. Einige Hersteller bieten KWK-Anlagen für kleinere Gebäude an.
Es gibt Systeme, die mit einer Kombination aus Motor und Generator arbeiten, und Systeme mit Brennstoffzellen. Bei kleinen Anlagen werden 25 bis 40 % Strom und 60 bis 75 % Wärme erzeugt. Die Wärme kann im eigenen Gebäude verwendet, der Strom kann selbst genutzt oder verkauft werden. Es liegt auf der Hand, dass diese Systeme hohe Investitionskosten erfordern. Um wirtschaftlich betrieben werden zu können, sollten die Geräte möglichst lange laufen. Auch im Sommer. Allerdings steht im Sommer künftig genügend Strom aus erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung. Strom aus fossilen Quellen zu erzeugen oder erneuerbares Gas zu nutzen, ist aus ökologischer Perspektive dann nicht sinnvoll.

Aus diesen Gründen werden solche Anlagen aller Voraussicht nach in kleinen Gebäuden eine Nischenanwendung, beispielsweise für denkmalgeschützte Gebäude mit hohem Wärmebedarf, bleiben.

WÄRMENETZE UND KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG



Bei der Umwandlung von elektrischem Strom in Methan im Sommer und bei der Wiederverstromung des Methans im Winter entsteht Wärme, die über Wärmenetze verteilt und zur Heizung und Warmwasserbereitung genutzt werden kann.

Prozesse, bei denen sowohl Strom als auch Wärme erzeugt werden, nennt man Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Solche Anlagen sind besonders effizient, wenn die Wärmenetze möglichst kompakt sind, was in einer dicht bebauten Stadt am ehesten der Fall ist. Wärmenetze gibt es heute schon viele. Zwar werden sie derzeit noch nicht mit Methan oder Wasserstoff aus Sommerstrom, sondern mit fossilen Brennstoffen oder Biomasse betrieben. Aber sie können in Zukunft umgerüstet werden. Der Anschluss an ein Wärmenetz mit Kraft-Wärme-Kopplung ist langfristig eine gute Idee. Und in den meisten Fällen ohnehin verpflichtend, wenn die eigene Straße an ein Wärmenetz angeschlossen ist.

Ein Vorteil des Anschlusses:
Die Technik im eigenen Haus ist sehr einfach, überschaubar und platzsparend.

Ein Wärmetauscher in einem kleinen Kasten an der Wand übergibt die Wärme aus dem Netz des Energieversorgers an das hauseigene System. Von dort wird die Wärme im Haus verteilt. Oft gibt es zusätzlich einen kleinen Speicher für das warme Wasser. Die Technik ist sehr zuverlässig, wartungsarm und ein Schornstein wird auch nicht gebraucht.

SYSTEMVERGLEICH

Welches der vorgestellten Wärmeversorgungssysteme ist nun das klimafreundlichste und welches das kostengünstigste?
Wir haben versucht, Ihnen darauf in der folgenden Tabelle eine Antwort zu geben.
In Sachen Klimaschutz haben die Wärmepumpen, insbesondere in Verbindung mit der eigenen Stromerzeugung, klar die Nase vorn.
Das gilt auch für die Kosten. Bei Gebäuden, die ohne eigene Stromerzeugung auskommen müssen und bei denen der Wärmeschutz nicht gut gelöst werden konnte, können hinsichtlich der Kosten auch Biomasseheizungen heute noch sinnvoll sein.

Indikator	Anschluss an Wärme-netze*	Wärmepumpe				Feuerstätte			
							Gas		
		Luft-Luft	Luft-Wasser	Erdreich	Grund-wasser	Biomasse	Anschluss vorhanden	neuer Anschluss	Öl
Klimafreundlichkeit	++	0	+	++	++	+	-	-	--
Anschluss zusätzlich zum Strom nötig?	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
Schornstein nötig?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Platzbedarf	++	+	+	+	+	--	+	+	--
Investitionskosten	++	++	+	0	0	-	+	-	-
Betriebs- und Wartungskosten	++	+	+	+	+	-	0	0	-
Energiekosten	-	0	0	+	+	+	0	0	-
Gesamtkosten ohne PV	0	+	+	0	0	-	0	-	--
Kostenreduktion durch PV-Anlage möglich?	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Gesamtkosten mit PV		+	++	+	+				

*Wärmenetzsysteme mit überwiegendem Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme

CHECKLISTE UND ENTSCHEIDUNGS-HILFE NACHHALTIGE GEBÄUDETECHNIK

In der folgenden Checkliste haben wir zunächst allgemeine Empfehlungen als Erinnerungsstütze für Sie zusammengestellt. Sie gilt für Alt- wie Neubau und unabhängig davon, für welches Heizsystem Sie sich entscheiden.

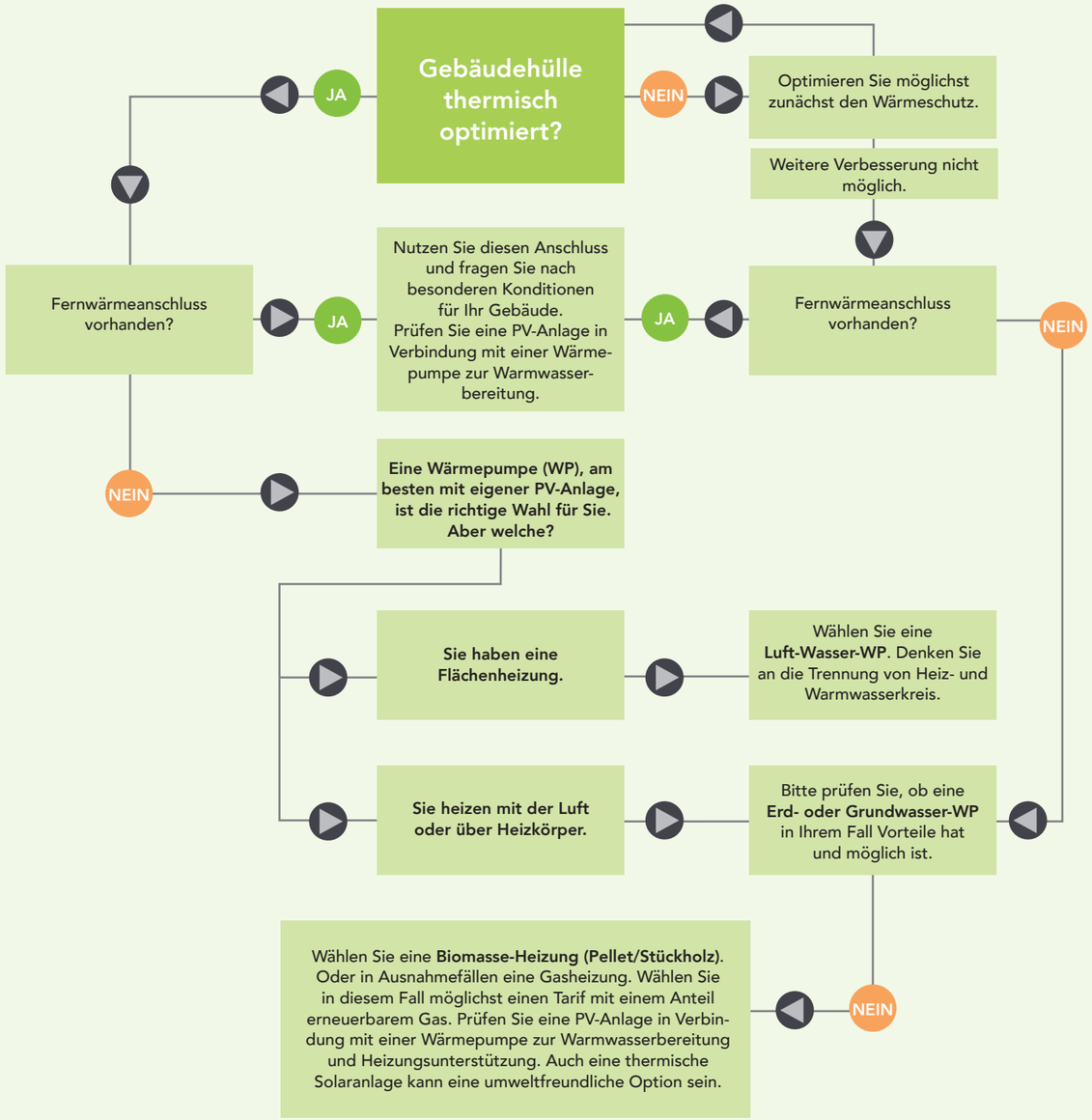
PLANUNG

Checkliste

- ☐ Bevor Sie eine neue Heizung einbauen, ist es sinnvoll, den Wärmeschutz Ihres Gebäudes so weit wie möglich optimieren zu lassen.
  Auch eine Komfortlüftung ist eingebaut.
  Ist das bei Ihrem bestehenden Gebäude noch nicht der Fall, verbessern Sie, wenn möglich, zuerst den Wärmeschutz. Ein individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) hilft bei der Planung der einzelnen Schritte.
- ☐ Die Heizungsanlage ist so einfach wie möglich ausgeführt, denn komplizierte Technik ist störungsanfällige Technik.
- ☐ Bei der Warmwasserverteilung haben Sie auf kurze Leitungen geachtet.
- ☐ Alle Verteilleitungen einschließlich Abzweigen und Ventilen sind sehr gut gedämmt.
- ☐ Eine Warmwasserzirkulation haben Sie nur eingebaut, wenn es unbedingt notwendig ist. In diesem Fall schaltet sich die Zirkulation nur ein, wenn warmes Wasser gezapft wird.
- ☐ Ist ein kurzes Leitungsnetz nicht möglich, haben Sie geprüft, ob ein elektronisch geregelter Durchlauferhitzer die bessere Alternative ist.
- ☐ Sie haben eine Duschwasser-Wärmerückgewinnung installiert.
- ☐ Geeignete Dach- und Fassadenflächen werden zur Energieerzeugung genutzt.

CHECKLISTE

Welcher Wärmeerzeuger passt zu meinem Projekt?
Das folgende Schaubild kann eine Entscheidungshilfe bei Ihrem Projekt sein. In der Modernisierung gibt es aber viele unterschiedliche Situationen und Anforderungen, die die Grafik nicht abbilden kann. Darum ist es ratsam, Fachleute in die Entscheidung einzubeziehen. Lassen Sie sich einen individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) erstellen, um die einzelnen Schritte Ihrer Modernisierung optimal miteinander zu verbinden.



BERATUNG UND FÖRDERUNG

Kompetente Beratung finden Sie bei der LEA Hessen

Die LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH ist die zentrale Ansprechpartnerin rund um die Themen Energiewende und Klimaschutz in Hessen. Sie berät private Haushalte, öffentliche Institutionen und Unternehmen aus Hessen zum gesamten Spektrum der Fördermöglichkeiten – zum Beispiel zu Energieeffizienzmaßnahmen und zur Nutzung von erneuerbaren Energien. Auch Ihnen steht die LEA Hessen gern zur Seite.

Lernen Sie uns kennen unter:

www.lea-hessen.de

Haben Sie Fragen zu konkreten Förderangeboten oder möchten Sie sich einen Überblick zu den am Markt verfügbaren Fördermöglichkeiten verschaffen? Gern können Sie sich telefonisch von den Mitarbeitenden der LEA Hessen beraten lassen.

Unsere Hotline ist wie folgt erreichbar:

Rufnummer: 0611 95017 – 8440

Die LEA-Fördermitteldatenbank können Sie unter folgendem Link abrufen:

https://lea.foerdermittelauskunft.de

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sowie die Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen (WIBank) sind die zentralen Stellen auf Bundes- und Landesebene bei der Beantragung und Bewilligung von Fördermitteln. Informieren Sie sich hier:

www.bafa.de
www.kfw.de
www.wibank.de/wibank

LEA HESSEN
LANDES ENERGIE AGENTUR

HESSEN
Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

Herausgeberin
LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
im Auftrag des Hessischen Ministeriums
für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Wettinerstraße 3
65189 Wiesbaden
+49 611 95017 – 8400
www.lea-hessen.de

Konzeption und Umsetzung
Passivhaus Institut
Rheinstr. 44/46
64283 Darmstadt
+49 6151 826 99 – 0
www.passiv.de

Gestaltung und Illustration
Sabine Becker
Graphik & Design, Wiesbaden
sabine_becker_design@t-online.de

Druck
A&M Service GmbH, 65604 Elz
www.a-m-service.de

Klimaneutral
Druckprodukt
ClimatePartner.com/11589-1812-1006

Stand: April 2022