

Heizungskonzepte

VON MATTHIAS BURGHARDT, IGB

Als im Holznagel 5/2023 der Artikel „Infrarotheizung im Niederdeutschen Hallenhaus“ erschien, setzte ich mich umgehend an den Rechner und nagelte eine geharnischte Replik in die Tastatur. Dem Bernd Froehlich habe ich zu verdanken, dass mein Blutdruck nicht durch die Decke ging: Ich solle lieber in Ruhe über das Thema meditieren und daraus einen Artikel für den Holznagel zimmern. Ich hatte keine Ahnung, dass daraus sogar ein Fortsetzungsroman werden würde... Der erste Teil erschien schließlich im Holznagel 2/2024 – und das auch nur, weil Bernd Froehlich und Christine Kohnke-Löbert als „Geburtshelfer“ einsprangen, um aus meiner Buchstabensuppe eine halbwegs verdauliche Lektüre zu zaubern. Euch Beiden dafür meinen herzlichen Dank – der sich auch auf den nun vorliegenden zweiten Teil des Opus erstreckt.

Effizienz

Wir haben hoffentlich inzwischen eine Ahnung, wie viel Wärmeenergie wir für unser Fachwerkhaus benötigen, vielleicht sogar eine Idee, welches Heizungskonzept wir verfolgen wollen – siehe Teil 1. Gleich schauen wir mal, welche Primärenergie oder welcher Energieträger dafür in Frage kommt. Zwischen der Energieform, die wir beziehen (also Holz, Gas, Öl, Strom etc.), und der Wärme, die daraus erzeugt werden soll, befindet sich die Heizung, ein technisches Gerät zur Umwandlung der Eingangsenergie in die gewünschte Wärme. OK, das wird ein kurzes Kapitel: Auf dem Weg fallen nun mal Übertragungs- und Umwandlungsverluste an, sagen wir zwischen 2 und 25 Prozent, über den ganz breiten Daumen. Daraus ergibt sich ein Wirkungsgrad, oder, bezogen auf die eingesetzte Energie, eine Effizienz von irgendwas unter hundert Prozent. Klarer Fall,

oder muss ich zur Begründung ernsthaft noch den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik [10] rausholen? – Nein? Prima, dann können wir das Thema abhaken.

Obwohl... ein paar Haken gibt's schon noch. Wenn ich mir die Werbeversprechen der Heizungsverkäufer anschau, zweifele ich gelegentlich an der Physik. Offensichtlich dumm sind natürlich Behauptungen über Wirkungsgrade im dreistelligen Prozentbereich, aber Aussagen wie „besonders effizient“ oder „neuartiges Prinzip mit unübertroffenem Wirkungsgrad“ sind gang und gäbe. Diese Art von „wording“ hat mich ja auch beim Holznagel-Artikel über Infrarotheizungen so in Rage gebracht. Eindeutig falsch sind solche Aussagen nicht, sie sind lediglich mangels eines Bewertungsmaßstabs oder relevanter Bezugsgrößen grob irreführend.

Gerne wird mit Kennzahlen hantiert, um die Effizienzversprechen zu untermauern. Wie aussagekräftig diese Zahlen sind, können wir selten beurteilen, oft werden Äpfel mit Birnen verglichen. Uns interessiert natürlich vor allem, was das Ganze kostet - also die ökonomische Effizienz. Wie hoch ist die Investition für Anschaffung und Einbau, wie hoch sind die laufenden Kosten? Nur den (teils erheblichen) Aufwand für die Wärmedämmung können wir in dieser Rechnung ignorieren: Er ist für sämtliche Heizungstypen gleich und gleichermaßen wichtig. In Systemvergleichen wird gerne geschummelt, indem unrealistische Werte (natürlich zum eigenen Vorteil) eingesetzt werden. Da hilft nur der gesunde Menschenverstand und eine eigene Recherche.

Das ist leichter gesagt als getan, obwohl wir im Internet nach einer Suchanfrage schnell mit Infos

überschüttet werden. Es gibt Ratgeber und Tests zuhauf, in denen uns in verständlichen Sätzen die Sachlage erklärt wird. Oft werden die Beiträge von „freien“ Textern verfasst, sogenannten „Plattformarbeitern“, die nach Wörtern (schlecht) bezahlt werden und nur im seltensten Fall Ahnung von der Materie haben. Diese Schlesi- schen Weber der Neuzeit googeln also im Neuland und formulieren die Fundstücke ein wenig um, oft unter der Vorgabe des Auftraggebers, bestimmte Schlagwörter für die Suchmaschine in den Text zu schmuggeln. So schreibt ein Ahnungsloser vom Anderen ab – und manche Falschaussagen vermehren sich im Netz wie die Karnickel.

Auf YouTube gibt es jede Menge Blogger bzw. Vlogger (Video-Blogger), populärwissenschaftliche Kanäle und ambitionierte Wissenschaftler, die uns mit handlichen Vorlesungen beglücken. Tatsächlich verwende ich diese Quellen gern, aber man muss höllisch aufpassen: In den meisten Fällen existieren wirtschaftliche Interessen, die die Objektivität beeinträchtigen können. Das fängt bei gezielt geschalteter Werbung und sog. „product placement“ an (die „products“ werden dem Blogger dafür geschenkt) und geht bis zu lukrativen Verträgen mit Herstellern oder Agenturen. Dann gibt es engagierte Hobbyisten, die sich in ein Thema eingearbeitet haben und ihr Wissen gerne publik machen wollen. Das kann funktionieren...



Achtung bei den Informationsquellen: In den meisten Fällen existieren wirtschaftliche Interessen, die die Objektivität beeinträchtigen können. «

...Oder auch nicht, Beispiel (elektrische) Infrarot- heizung: Diese Heizungsart erlebt gerade einen Hype, wird also von vielen YouTubern themati- siert. Das fängt an mit schlichten Betrachtungen wie „Toll! Mir ist dank der Platte warm, obwohl es im Raum kalt ist“, die zur Frage der Effizienz nichts beitragen können. Ein umweltbewegter Enthusiast versuchte es wenigstens mit Messun- gen, dazu hielt er Multimeter und Fernthermo- meter in die Kamera, bis er verkünden konnte, dass die Raumtemperatur nach Zuführung von irgendwelchen Watt um 1,6 Grad gestiegen sei.

Da er mit einem Heizlüfter für einen ähnlichen Temperaturanstieg deutlich mehr Watt verbraten musste, war für ihn die Überlegenheit der IR-Hei- zungen bewiesen. Nun, Strom wird in beiden Fäl- len zu 99% in Wärme umgewandelt. Stellt sich die Frage: Wo geht sie hin?

Offensichtlich nicht ins Messgerät. Da liegt denn auch des Rätsels Lösung: Ein IR-Thermometer misst Wärmestrahlen, also genau das, was so eine Warmhalteplatte kreuz und quer durch den Raum schickt. Die Strahlen wurden auch von der Wand reflektiert, die unser Experte sich für eine „neutrale“ Messung ausgesucht hatte – Volltref- fer, instant Karma! Der arme Heizlüfter erwärmte zwar die Raumluft, aber die musste wiederum erst die massive Wand aufheizen, bis der kalte Stein endlich in der Lage war, ein bisschen Wär- mestrahlung in Richtung Messgerät abzugeben. Die Versuchsanordnung bewies also nicht die Überlegenheit der Infrarotheizung, sondern nur eine alte Weisheit: Wer misst misst Mist.

In einem letzten Fall trat ein echter Klimaingeni- eur auf, der von der Materie tatsächlich Ahnung hat und jede Menge Zahlen in Tabellen goss, mit denen er die Überlegenheit einer Infrarot- heizung eindrucksvoll belegen konnte. Und das im Vergleich mit einer Wärmepumpe, die für's Heizen mit einem Viertel des Stroms auskommt! Ein anderer Blogger, Doktor der Physik und An- wender beider Heizarten, wollte die Ergebnisse nicht glauben und nahm die Zahlen auseinander. Ergebnis: Ja, der Klimaingenieur hat Recht, aber nur, wenn die Gebäudedämmung so perfekt ist, dass die Heizkosten quasi keine Rolle mehr spielen. Dann ent- scheiden die Investitionskosten den Vergleich, und die sind nun mal bei Wärmepumpen höher.

Gut, auch der Klimaingenieur hantierte bei den Investitionskosten mit teils fragwürdigen Annah- men, aber geschenkt. Die Beispiele sollen nur deutlich machen, dass wir bei der Effizienz von Heizsystemen nicht mal den Aussagen kompet- enter Wissenschaftler blind vertrauen können, noch mehr Zweifel sind bei Enthusiasten ange- bracht, die nicht über den kompletten wissen- schaftlichen Werkzeugkasten verfügen. Im An- hang weise ich auf einige YouTube-Kanäle hin,

die ich bei aller Kritik für hilfreich halte, da sie sich ernsthaft mit Heizungen, Gebäudedämmung, Effizienzvergleichen oder in diesem Kontext auch breiter mit Themen rund um Altbauten oder Fachwerkhäuser befassen.

Halten wir fest: Effizienz kann sich auf den Wirkungsgrad eines Gerätes, einer Heizungsanlage, auf die verwendete Energiequelle wie auch auch auf eine wirtschaftliche Bewertung beziehen. Saubere Berechnungen oder auch nur seriöse Einschätzungen finden sich zwar im Internet, aber oft verquickt mit persönlichen Vorlieben oder wirtschaftlichen Interessen. Daher müssen wir uns gewisse Grundkenntnisse aneignen, um, wenn wir schon nicht alles selber nachrechnen können, wenigstens so viel von der Materie zu verstehen, dass wir nicht auf jeden Quatsch reinfallen. Also: Wirkungsgrade über Eins sind physikalisch nicht möglich, die Effizienz jedes Systems ist dadurch begrenzt, dass der Wärmeertrag nicht höher sein kann als die dafür eingesetzte Energie. Stattdes gibt es nur Verluste.

Falsch!, rufen nun die Freunde der Wärmepumpe [11]. Und in der Tat, da könnte man allen Ernstes über „Wirkungsgrade“ von mehreren hundert Prozent reden, in Echt! Stecke ich 1 kWh elektrische Energie in eine Wärmepumpe, bekomme ich 1,5 bis 5 kWh Wärme heraus, kurz: ein Mehrfaches. Der Trick besteht darin, dass die elektrische Energie nicht zum Heizen eingesetzt wird, sondern zur Anhebung einer niedrigen Temperatur auf ein höheres Niveau. Die Heizwärme kommt nicht vom Strom, sondern von „woanders“. Aus Erde, Luft oder Wasser (offenes Gewässer, Grundwasser, Sole) wird Wärme entnommen und verdichtet, bis sie mit der gewünschten Temperatur abgegeben werden kann. Das funktioniert wie beim (Kompressor-)Kühlschrank, nur andersrum.

Die Gesetze der Physik gelten also weiterhin. Der Strom treibt einen Kompressor an, der mit seiner Arbeit Umgebungswärme erntet. Daher spricht man physikalisch korrekt von der Leistungszahl [12] einer Wärmepumpe. Die Effektivität einer Wärmepumpe, ausgedrückt durch die Leistungszahl, ist umso höher, je geringer die zu überwindende Temperaturdifferenz ist. Das ist allerdings blöd, ausgerechnet im Winter ist die Effizienz ge-

ring. Daher wird für die Charakterisierung einer Wärmepumpe eine Klimakurve der Außentemperaturen über das Jahr angenommen, darüber berechnet man schließlich die Jahresarbeitszahl [13].



Gewisse Grundkenntnisse müssen wir uns selbst aneignen, damit wir nicht auf jeden Quatsch reinfallen «

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) hängt einerseits davon ab, wie warm oder kalt die Entnahmetemperaturen im Jahresverlauf sind, andererseits von der Zieltemperatur (z.B. im Heizungsverlauf). Erde und Grundwasser haben tendenziell eine höhere Temperatur als die winterliche Umgebungsluft, die Differenz zur Abgabetemperatur ist kleiner. Eine niedrige Zieltemperatur verringert die Differenz ebenfalls, verbessert also die Leistungszahl weiter. Deshalb passt eine Niedertemperaturheizung besonders gut zur Wärmepumpe. Aus alledem folgt aber auch, dass der Hersteller zur Bewertung der Jahresarbeitszahl angeben muss, welche Annahmen er bei den Entnahme- und Zieltemperaturen zugrunde legt.

Inzwischen sprießen munter weitere Akronyme aus dem Boden, die sich mitunter noch nicht mal in der Wikipedia wiederfinden. COP (Coefficient of Performance) und SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) habe ich wenigstens beim Hersteller Vaillant erklärt gefunden [14], auf einer Seite zur Jahresarbeitszahl, die wiederum dort, sagen wir mal, etwas „rustikal“ beschrieben wird. Der SCOP scheint aktuell der neue heiße Scheiß zu sein und wird zunehmend synonym zur JAZ verwendet – aber geschenkt, ich habe schon gelernt, dass man sich bei neuen Techniken mühsam in die verwendeten Begriffe einlesen muss. – Zurück zur Jahresarbeitszahl, die bereits für sich genommen voller Tücken steckt, wie wir gleich sehen werden.

Die Jahresarbeitszahl soll die Effektivität einer Wärmepumpe möglichst umfassend beschreiben und uns damit eine Systembewertung erlauben. Laut Wikipedia bezieht sie deshalb alle Komponenten des Heizungssystems ein, dazu aber

auch das konkrete Haus mit seinen spezifischen Eigenschaften sowie die klimatischen Bedingungen am konkreten Standort. Die Hausdämmung beeinflusst den Wärmebedarf im Winter: Liegt dieser wegen mäßiger Dämmung hoch, muss die Wärmepumpe in der kalten Jahreszeit besonders viel leisten, also unter Bedingungen, unter denen ihr Wirkungsgrad nicht gut ist. Das drückt die JAZ nach unten, je nach Gebäude auf einen Wert, der den Einsatz unrentabel machen kann.

Industrie und Wissenschaft sind eher daran interessiert, Systemeigenschaften allgemeingültig berechnen und vergleichen zu können – konkrete Gebäude stören dabei nur. Deshalb haben sie Bilanzräume definiert, in denen jeweils bestimmte technische Komponenten und Funktionsgruppen enthalten sind. Dafür berechnen sie ebenfalls eine „Jahresarbeitszahl“, die aber immer die Gebäudeeigenschaften (bis hin zu den verwendeten Heizkörpern) außen vor lässt. In diesem Rahmen verwenden sie dann auch gerne den SCOP anstelle der Jahresarbeitszahl – als ungefähre (aber nicht besonders faire) Näherung kann man ihnen das vielleicht durchgehen lassen. Aber zurück zu den Bilanzräumen der JAZ:



Letztlich geht es um die Frage, wieviel Energie wir dem Haus übers Jahr zuführen müssen «

Bilanzraum 1 umfasst nur das Gerät, also die Wärmepumpe selbst. Bilanzraum 2 enthält zusätzlich die Wärmequelle (Luft, Wasser oder Erdreich) und einen möglicherweise vorhandenen Heizstab im Abgabekreislauf, Bilanzraum 3 schließlich umfasst auch die Umlaufpumpen des Heizsystems sowie Speicher für Heizung und Brauchwasser, also quasi die Installation im typischen Heizungskeller. Die Definition laut Wikipedia entspräche demnach einem vierten Bilanzraum, den ich aber nirgends erwähnt finde – logisch, die JAZ bezieht sich qua Definition auf Alles. Wird die JAZ anders verwendet, müsste der verwendete Bilanzraum angegeben werden. Das ist in der Praxis selten der Fall, obendrein würfeln manch eifrige Verfechter der Wärmepumpe den SCOP, einzelne Arbeitszah-

len und die JAZ fröhlich durcheinander – anders kann ich mir nicht erklären, wie geradezu märchenhafte Effizienzgewinne zustande kommen.

Bei meinen Recherchen stieß ich auf Unterlagen, in denen die JAZ für schlecht gedämmte Altbauten auf 1,5 bis 2 veranschlagt wurde – da wurde quasi mit dem vierten Bilanzraum (also sauber nach Lehrbuch) gerechnet, der die komplette Heizungsanlage und den Baukörper in die Kalkulation einbezieht. Das Gros der Quellen hantiert dagegen mit Jahresarbeitszahlen irgendwo zwischen 3 und 6, demnach gewinne ich aus einer Kilowattstunde Strom drei bis sechs kWh Wärme. Apropos JAZ: Bei allen erdenklichen Heizungsarten – mit Ausnahme der Wärmepumpe – läge sie unter 1, aber nie höher, selbst wenn man den Bilanzraum 1 zugrunde legt, sich also z.B. nur den Wirkungsgrad eines einzelnen Infrarot-Heizkörpers ohne Berücksichtigung der Gebäudeeinflüsse (Reflektions- und Absorptionseigenschaften der Wände, Güte der Dämmung etc.) anschaut. Unter gleichen Bedingungen käme eine moderne Wärmepumpe locker auf das Fünffache, sie nutzt den Strom also fünfmal effektiver als eine IR-Platte.

Bleiben wir bei der (elektrischen) Infrarotheizung: Das Gerät selbst (Bilanzraum 1) hat einen Wirkungsgrad von 98 bis 99 Prozent, also eine Effizienz von knapp unter 1. Diese Aussage bezieht sich auf die Umwandlung von Strom in Wärme. Wesentlich niedriger ist der Strahlungswirkungsgrad, der Anteil der mit dem Strom erzeugten Infrarotstrahlung. Er kann deutlich unter 50 % liegen. Im „echten“ Leben, einem eher so mittel gedämmten Altbau, sinkt der Gesamtwirkungsgrad (Energiezufuhr vs. gemessenem Wärmeeintrag in den Raum) auf 40 bis 70 %, entsprechend einer Effizienz von 0,4 bis 0,7. Das Beispiel fand ich im Internet, die Zahlen sind mit Vorsicht zu genießen, da mir die Messmethode und die genauen Umstände der Messung unbekannt sind. Man bekommt aber ein Gefühl für die Verhältnismäßigkeit der Werte.

Letztlich geht es um die Frage, wieviel Energie wir dem Haus übers Jahr zuführen müssen (Heizenergiebedarf) und wieviel Energie wir maximal benötigen (Heizlast). Die Heizlast bestimmt,

wie groß die Heizanlage ausgelegt sein muss. Der Heizenergiebedarf richtet sich vor allem danach, wie gut unser Haus gedämmt ist. Hat man einen ungefähren Wert ermittelt, wie viele kWh Wärme übers Jahr benötigt werden (z.B. durch eine Wärmebedarfsberechnung), ist er durch die JAZ (Bilanzraum 3, weil die Gebäudeverluste im Heizenergiebedarf bereits enthalten sind) der Wärmepumpe zu dividieren, um den notwendigen Strombedarf zu überschlagen. Alle anderen Heizungsarten haben nur Verluste, hier dividiert man die kWh an Wärmebedarf durch die Effizienz des Gerätes oder der Anlage, also immer durch einen Wert kleiner Eins.

Bei der Effizienz sind natürlich auch Verbrennungsverluste beim Einsatz von Gas, Öl oder Holz zu berücksichtigen, auch hohe Vorlauftemperaturen und der Strom für Pumpen und Steuerung tragen zu den Verlusten einer Anlage bei. Bei Stromdirektheizungen wie Heizlüftern, Radiatoren oder IR-Paneelen sind die direkten Verluste hingegen sehr gering. Wer überwiegend oder ganz auf Strahlungswärme setzt, kann vom ermittelten Wert noch 5-10 % abziehen, da die Lufttemperatur etwas niedriger liegen darf. Hat man nach der Rechnerei einen Wert, wieviel Energie (in kWh) man dem Haus übers Jahr zuführen muss, kann man auch ausrechnen, was der Spaß für den gewählten Energieträger bzw. Brennstoff kostet. Grob überschläglich, aber man bekommt eine Idee...

Heizenergie

In Ermangelung einer wirklich guten Dämmung benötigen wir zum Beheizen eines Fachwerkhomes mehr Energie als für einen Neubau, soviel steht fest. Natürlich wählen wir ein möglichst effizientes Heizungskonzept, aber auch da sind wir durch Art und Zustand des Hauses sowie die gewünschte Nutzung limitiert.

Wir wohnen in einem sehr alten Bestand, da hat am Ende sowieso unser Haus das letzte Wort, wie es beheizt werden will. Aber, können wir denn nicht wenigstens durch die kluge Wahl der Energiequelle sparen, vielleicht sogar mit erneuerbaren Energien den Planeten ein bisschen retten?

Nun, das wird schwierig. Alle denkbaren Energieträger sind unterm Strich ähnlich teuer – nur Strom setzt noch einen drauf, so dass ich es mutig finde, damit heizen zu wollen. Als sich der Gaspreis nach dem politisch motivierten Umstieg auf Flüssig- bzw. Frackinggas verdreifachte, schien der Fall klar: Wir müssen weg vom Gas. Dann sorgte die „unsichtbare Hand des Marktes“ (Adam Smith) jedoch umgehend dafür, dass alle anderen Brennstoffe, auch Holz, welches nun wirklich überhaupt nichts mit dem Verzicht auf Pipelinegas am Hut hat, dreimal so teuer wurde. Generell lässt sich nur festhalten, dass diese unsichtbare Hand uns immer tiefer ins Portemonnaie greift. „Den Rest regelt der Markt“, könnte ich sarkastisch hinzufügen.

Sparen lässt sich höchstens temporär, wenn man Preisschwankungen geschickt nutzt oder sich auf die Jagd nach staatlichen Subventionen macht. Nach der freundschaftlichen Sprengung der NordStream-Pipelines griff der Staat auch ein, um die explodierenden Energiepreise zu deckeln – auf hohem Niveau, aber immerhin. Längerfristige Stützen sind eher nicht zu erwarten, wie das Staatstheater im November 2023 demonstrierte: Verfassungsgericht kippt den „Doppelwumms“, Wirtschaftsminister stellt Energiewende-Projekte unter Vorbehalt, Finanzminister verhängt Haushaltssperre, Mehrwertsteuersatz auf Gas und Fernwärme wird wieder erhöht... – Ein Drama? Nein, eher das alte Lied: Sparen, Gürtel enger schnallen, Sozialetat kürzen, Infrastruktur verfallen lassen. Daraus ziehe ich die Gewissheit, dass Energie auf absehbare Zeit teuer bleibt und höchstens teurer wird.



Am Ende hat unser Haus das letzte Wort, wie es beheizt werden will

Der Verweis auf besonders günstige Tarife, z.B. „Heizstrom“, führt tendenziell in die Irre. Dazu lohnt ein Blick auf die Entwicklung des Strommarktes: Aus meiner Jugend kenne ich noch die elektrischen Nachtspeicheröfen. Sie nutzten damals den Umstand, dass die meisten Kraftwerke so träge zu regeln waren, dass man sie nicht

an den geringeren Nachtverbrauch anpassen konnte. Kohlekraftwerke und AKWs gehören zu diesen Grundlast-Typen. Dann kam die Entspannungspolitik und mit ihr der „Röhrendeal“ – nun konnten flexible Gaskraftwerke zu günstigen Energiekosten die Spitzenlast abdecken, mit dem nächtlichen Billigangebot war es ganz fix vorbei. Aktuellen „Spezialtarifen“ wird es nicht anders gehen, so dass es unvernünftig ist, sie zur Basis einer Investitionsentscheidung über drei Jahrzehnte zu machen.

Im Übrigen ist „Heizstrom“ doch Kinderkram! Pro-Tipp, nur unter uns: kauft Börsenstrom! Seit die neoliberale Lehre alle Lebensbereiche durchdrungen hat, wird natürlich auch Strom an einer Börse gehandelt – in meinen Augen nur folgerichtig, wenn öffentliche Infrastruktur zerstückelt und privatisiert wird. Schließlich will jeder seinen roten, grünen, gelben oder lila Strom vom Discounter holen, die Grundversorger sind viel zu lahm, old-school, teuer... Jede Klitsche kann Strom vermarkten und braucht dafür nicht mal Kraftwerke oder Leitungen. Nur einen Computer mit heißem Draht zur Strombörse in Leipzig. Dort können wir auch selbst einkaufen, bei der Abrechnung kleiner Mengen hilft eine dazwischen geschaltete Agentur. Damit keine Missverständnisse aufkommen: Ich halte die Zockerei für gehobenen Blödsinn, aber wenn man händeringend auf der Suche nach billigem Stoff für seine Stromdirektheizung ist... ich helfe doch gern ;-)



Wer auf Strom zum Bezug von Heizenergie setzt, sollte ihn besser selber ernten «

Heute gibt es bereits einen beträchtlichen Anteil von günstig erzeugtem Strom aus Wind und Sonne, in Spitzenzeiten liegt er (je nach Rechnung) bei gut 50 %. Leider schwankt die Leistung stark, abhängig vom Wetter, nicht von der Nachfrage. Im Sommer ist die Ausbeute üppig, aber es fehlen Saisonspeicher, die den Überschuss bis in den Winter hinein vorhalten könnten. Da auch die Politik keine erkennbaren Schritte in diese Richtung unternimmt, müssen auf absehbare Zeit fossile Gas- und Kohlekraftwerke die Lücke in der kalten

Jahreszeit füllen. Das ist nicht nur schlecht für die Umwelt, sondern hält auch die Strompreise hoch. Wer also auf Strom zum Bezug von Heizenergie setzt, sollte ihn besser selber ernten. Durch den Verkauf von Überschüssen im Sommer lässt sich der Zukauf von Winterstrom einigermaßen verkraften.

Eine Photovoltaik-Anlage angemessener Größe erfordert viel Platz, den ich auf einem denkmalgeschützten Reetdach eher nicht genehmigt bekomme. Kollektoren über dem Reet sind sowieso nicht ideal (Dauerverschattung, feuchtes Mikroklima, Behinderung von Pflege und Wartung des Daches), aber manchmal gibt es geeignete Nebengebäude oder Freiflächen, auch das Aufstellen von „Solarzäunen“ ist eine Option. Angenommen, es findet sich eine geeignete Fläche, ist mit einer Investition von 10- bis 40-tausend Euro zu rechnen (abhängig von der Größe und je nachdem, ob mit Akkuspeicher oder ohne), die zumindest zu großen Teilen in die Kalkulation einer Elektroheizung einfließen müssten. Da relativiert sich der vermeintliche Kostenvorteil bei den Investitionen gegenüber einer Zentralheizung mit ihrem hydraulischen Verteilsystem zusehens. Man kann sich aber wenigstens mit geringeren laufenden (Energie-)Kosten trösten.

Die zu installierende Heizleistung ist allerdings nicht von Pappe: Mit 120-250 W/m² muss man schon mal rechnen – stark abhängig von der Qualität der Dämmung. Für eine elektrische Infrarotheizung kommen da leicht 10-20 KW oder noch mehr zusammen – ist der Hausanschluss dafür ausgelegt, reichen die Leitungsquerschnitte im Haus? Wer einfach ein paar Heizplatten in die Steckdosen steckt, bringt schnell die alten Zuleitungen zum Qualmen, falls die Sicherung nicht rechtzeitig streikt. Beim Einsatz von Wärmepumpen reduziert sich der Strombedarf Pi mal Daumen um den Faktor 2 bis 3, aber auch hier ist der Stromlieferant vorher zu fragen, ob seine Leitungskapazitäten das hergeben.

Berichte häufen sich, dass bereits gekaufte Aggregate nicht angeschlossen werden können, weil der Netzausbau in einigen Regionen nicht vorankommt. Stromhungrige Wallboxen in Folge des Booms der Elektromobilität verschärfen das Pro-

blem zusätzlich. Nur deshalb gibt es den etwas günstigeren „Wärmestrom“: Der läuft über einen eigenen Zähler, manchmal sogar über einen separaten Hausanschluss. Dieser Stromkreis wird vom Netzbetreiber gesteuert, je nach Auslastung der Netze kann die Stromzufuhr zu gewissen Zeiten unterbrochen werden. Unnötig zu erwähnen, dass für die angeschlossenen Geräte – Wärmepumpe, Infrarotheizungen oder Nachtspeicheröfen – im Haus ein eigener Stromkreis installiert werden muss.

Soweit zum Strom. Mit einer eigenen, großen Photovoltaik kämen wir locker über 8-9 Monate des Jahres, aber da es an Saisonspeichern fehlt, wird der Strom zum Heizen im Winter aus Kohle, Öl oder Frackinggas gewonnen – keine gute Idee. Das ist auch der Politik aufgefallen, die uns jetzt mit der Aussicht auf grünen Wasserstoff vertröstet. Den könne man z. B. als Methan in das vorhandene Gasnetz einspeisen.

Ein Revival der Gasheizung ist dennoch nicht zu erwarten: Auf Wasserstoff (oder Derivate davon) warten auch LKW, Züge, Flugzeuge, Schifffahrt sowie die Industrie. Auf absehbare Zeit lässt sich so viel Wasserstoff aus Wind- oder Sonnenstrom nicht mal im Ansatz erzeugen, stattdessen wird er in großtechnischem Maßstab aus Erdgas gewonnen. Also ist es Essig mit umweltfreundlichem Wasserstoff, man kann ihm höchstens ein grünes Mäntelchen umhängen.

Biogas [15] spielt keine bedeutende Rolle, der Anteil am Gasmarkt wird je nach Quelle auf höchstens 7 % beziffert. Die Umweltverträglichkeit hängt stark davon ab, ob es aus Mist, Gülle, Bioabfällen, oder aber aus sogenannten Energiepflanzen erzeugt wird, die teils in direkter Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln stehen. Eine direkte Einspeisung ins Gasnetz ist nicht möglich, es muss dafür aufwendig zu Biomethan aufbereitet werden. Dieses Verfahren lohnt sich nur in großen Anlagen und dank staatlicher Förderung. Biogas ohne weitere Aufbereitung erfordert wiederum eine Umrüstung der Haustechnik: Leitungen und Brenner müssen angepasst werden.

Hm, und wie steht's mit Holz? Das ist ebenfalls ein interessanter Brennstoff, ob in Scheiten, als Hackschnittel oder Pellets ist prinzipiell egal. Als nach-

wachsender Rohstoff wäre es gut für die Umwelt, Ruß, Abgase und der Feinstaub im Rauch trüben allerdings seine Umweltbilanz. Das Gleiche gilt für den weit verbreiteten Raubbau, eine nachhaltige Holzwirtschaft ist im Weltmaßstab eher selten. Echte Kostenvorteile gegenüber anderen Energieträgern sehe ich bei Holz kaum, es sei denn, jemand hat Zugang zu einem eigenen Holzeinschlag. Geld sparen kann auch, wer komplette Stämme kauft und das Sägen, Spalten und Hacken selbst übernimmt. Das artet allerdings in Arbeit aus... Fakt ist: Die Bundesregierung stuft das Heizen mit Holz als „nicht klimaneutral“ ein [16].



Die Bundesregierung stuft das Heizen mit Holz als nicht klimaneutral ein «

Die Weisheit dieser Einstufung (wie auch die Regierungsamtliche Begeisterung für die Wärmepumpe) erschließt sich nicht jedem. In der „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2021“ [17] und Anhängen verstecken sich Zahlen zur CO₂-Bilanz verschiedener Energieträger, die ein Umweltwissenschaftler und YouTuber mal ausgewertet hat [18]. Demnach verursacht eine Wärmepumpe geringere Emissionen als Fernwärme, wird aber von Pellet- und Brennholzkesseln komplett deklassiert. Das sagt nicht irgendwer, die Studie stammt vom Umweltbundesamt, dessen Aufgabe laut Wikipedia die „wissenschaftliche Unterstützung der Bundesregierung (u.a. der Bundesministerien für Umwelt, Gesundheit, Wirtschaft und Klimaschutz, Bildung und Forschung, Verkehr und digitale Infrastruktur)“ ist. Hat Habeck beim Vortrag nicht aufgepasst?

In einigen wenigen Fällen gibt es auch die Möglichkeit, Wärme ohne Umwege über andere Energieformen zu beziehen. Das nennt sich dann Fernwärme, ist aber, anders als der Name suggeriert, wegen der Übertragungsverluste eher ein Fall für den Nahbereich. Als Wärmequelle bieten sich Blockheizkraftwerke an, die z. B. mit vor Ort erzeugtem Biogas betrieben werden und so ein kleines Gemeinwesen mit Strom und Wärme versorgen können. Denkbar ist auch, dass ein be-

nachbarter Industriebetrieb Prozesswärme abzugeben hat, die sonst ein Fall für den Schornstein wäre, also ungenutzt in die Umwelt gelangte. Die gute Grundidee besteht also darin, lokale Energiekreisläufe zu etablieren.

Wärme lässt sich auch direkt von der Sonne beziehen, über nach Süden ausgerichtete Fenster oder über Solarthermie. In unseren Bestandsgebäuden lässt sich an den Fenstern wenig machen, höchstens kann ein vorgebauter Wintergarten die Wintersonne einfangen – je nach Lage und Ausführung sogar sehr effektiv. Bei der Solarthermie nutzt man Sonnenkollektoren, die durchströmendes Wasser erhitzen. Campingduschen und Poolheizungen arbeiten nach diesem Prinzip. Um auch im Winter noch Erträge zu erzielen, sind aufwendigere Konstruktionen erforderlich, beispielsweise doppelwandige Glasröhren, in denen das zirkulierende Wasser konzentrierte Wärmestrahlung einfängt, aber wie in einer Thermoskanne vor Auskühlung geschützt ist. Das erhitze Wasser wird direkt oder über einen Wärmetauscher in einem großen Speicher eingeschichtet.

Abgesehen vom hohen technischen Aufwand – Rohrleitungen, Pumpen, Ventile, Ausgleichsbehälter etc. – leidet die Solarthermie darunter, im Sommer besonders produktiv zu sein. Entweder heizt man mit den reichlichen Überschüssen seinen Pool bis er kocht, oder man muss die Wärme in die Umwelt blasen, damit das Wasser im System ja nicht verdampft. Im Winter wiederum muss man die Kollektoren und den Wasserspeicher vor Vereisung schützen, eventuell sogar mit Strom dagegen anheizen. All dies macht die Solarthermie teuer, während die Photovoltaik immer billiger wird. Außerdem lässt sich Strom auch im Sommer besser verwerten, z.B. zur Kühlung, Überschüsse können ins Netz eingespeist werden.

Was tun?

Es gibt nichts schönzureden: Alte Fachwerkhäuser wehren sich gegen massive Wärmedämmung, kuschelige 21° für den gesamten Innenraum gehen im Winter schwer ins Geld.

Durch ein Beheizen mittels Strahlungswärme lässt sich die Lufttemperatur um anderthalb bis zwei Grad senken – ohne Komfortverlust. Mehr lässt sich auch mit elektrischen Infrarotheizungen im Vergleich zu einem Radiator oder Heizlüfter nicht sparen, es sind und bleiben eben Stromfresser. Bei einer Wärmepumpe sieht die Rechnung anders aus, sie bezieht ihre Wärme schließlich aus der Umgebung. Lediglich für das „Hochpumpen“ der Wärme auf ein brauchbares Niveau wird elektrische Energie benötigt – wenn das Heizsystem stimmig ist, ein Drittel bis zu einem Fünftel dessen, was man an Heizwärme gewinnt.



Ohne komplementären Aufbau von Saisonspeichern bleibt die proklamierte Energiewende Stückwerk «

Eine eigene Photovoltaik reduziert die Stromkosten weiter, ist jedoch nicht sonderlich „öko“, solange im Winter fossile Kraftwerke die Stromlücke kompensieren müssen. Zwar werden Großverbraucher wie Wärmepumpen oder die Elektromobilität vom Staat massiv propagiert, einen komplementären Aufbau von Saisonspeichern kann ich aber beim besten Willen nicht erkennen. Ohne sie bleibt die proklamierte Energiewende jedoch Stückwerk, nein, eigentlich ist sie bereits gescheitert, denn günstiges Erdgas als Stützenergie während einer längeren Übergangszeit gehörte zum Konzept.

Stattdessen erleben wir einen hilflosen Aktionismus, „für die Energiewende“ wird jetzt dreckige Braunkohle und noch dreckigeres Frackinggas verbrannt, die Umweltverträglichkeitsprüfung u.a. für LNG-Terminals kurzerhand weggezaubert; Gelder für Zukunftsinvestitionen und zum Ausgleich von unzumutbaren Härten fehlen, die Energiepreislöscher ist gestrichen... nun, nicht ganz: Für Mittelstand und Großkonzerne gibt es die „Strompreisbrücke“ (Habeck), sie wird im Fiskaljahr 2024 mit bis zu 12 Milliarden Euro vergoldet. Uns bleiben von der Energiewende nur die Auflagen des GEG, galoppierende Kosten und die Wärmepumpe – wenn überhaupt.

Strom kostet fast dreimal so viel wie Gas, und das nicht erst seit der „Zeitenwende“. Eine Wärmepumpe muss also eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3 erreichen, um rentabel zu sein – die Investition nicht mitgerechnet. Bei Gebäuden mit hohem Wärmebedarf im Winter kann die JAZ unter 3 liegen, so dass unter Umständen Nichtstun bzw. Abwarten die beste Strategie ist – wer eine halbwegs aktuelle Gasheizung betreibt, sollte sich dreimal überlegen, ob es sich für den Umstieg auf eine Wärmepumpe lohnt, Gasbrenner und Heizkörper zu ersetzen und das Verteilungssystem aufwendig anpassen zu lassen. Auf dem Land besteht eine wenn auch geringe Chance, Zugang zu Biogas zu erlangen.



Wer eine halbwegs aktuelle Gasheizung betreibt, sollte sich dreimal überlegen, ob sich der Umstieg auf eine Wärmepumpe lohnt «

Das wäre ein Glückstreffer, eine so betriebene Gasheizung ist langfristig und im Einklang mit dem GEG zu betreiben. Aber auch ohne Gasleitung kann man an Biogas kommen: Inzwischen gibt es Lieferanten, die am Haus aufgestellte Gastanks mit dem (mehr oder minder) umweltfreundlichen Stoff befüllen. Ich habe mich nicht eingehend mit der Technik und ihren Kosten beschäftigt, aber ein befreundeter Klimaingenieur nannte mir für den Gasbezug, verglichen mit Erdgas, durchaus konkurrenzfähige Preise. Für diejenigen unter uns, die die unbestreitbaren Vorzüge einer Gasheizung zu schätzen wissen, eröffnet diese Variante jedenfalls eine bedenkenswerte Langfristperspektive.

Von seiner alten Öl- oder Gaszentralheizung kann man sich auch schrittweise verabschieden: Wer sagt denn, dass die viel gepriesene Wärmepumpe nur in Form einer aufwendigen Niedertemperatur-Zentralheizung zu haben ist, idealerweise im Paket mit einer größeren Solaranlage? Viele Besitzer von Altbauten, denen das Geld nicht so locker sitzt, tasten sich langsam an das Thema heran, starten mit einer kleinen, ausbaufähigen PV-Anlage und gehen Raum für Raum vor. Als „Einzelöfen“ werden dazu Split-Klimageräte „zweckentfremdet“. Eine ausführliche Diskussion

zu solchen Systemen findet sich in diesem YouTube-Video [19].

Dabei handelt es sich eigentlich um Raum-Klimageräte nach dem Prinzip eines Kompressor-Kühlschranks, die im Umkehrbetrieb nicht nur kühlen, sondern auch heizen können. Sie bestehen wie übliche Wärmepumpen aus zwei Komponenten. Im Innenraum befindet sich lediglich ein Lüfter mit dem Wärmetauscher; Kompressor, Gebläse und weitere Technik sitzen außen vor der Wand. Diese Zweiteilung (daher das „Split“ im Namen) besitzt den Vorteil einer höheren Effizienz, die Rohrverbindung zwischen den Komponenten muss allerdings von einem dafür zugelassenen Monteur hergestellt werden.

Diese Geräte sind preiswerte Massenware und können, abgesehen von zwei Rohrverbindungen für das Kältemittel, auch im Eigenbau montiert werden. Der große Haken an der Sache: Nicht jeder möchte sich Lüfter-Kompressor-Kästen vor die Fassade hängen, bei mir schläge der Denkmalschutz die Hände über dem Kopf zusammen. Unter einem ausladenden Balkon, in Mauernischen, hinter einem dichten Gebüsch oder einer Böschung lassen sich die Dinger eventuell kaschieren, aber offen angebracht sind die Kästen eine ästhetische Herausforderung. Es gibt zwar auch reine Innenraumgeräte [20], die lediglich auf die Zufuhr von Außenluft angewiesen sind, aber ohne den „Split“ sind sie deutlich weniger effizient.

Ein Ausweg könnten Multisplit-Anlagen sein, die für mehrere Innengeräte lediglich ein Außengerät benötigen. Anschaffung und Installation sind jedoch teurer als bei den gängigen Single-Split Klimageräten. Wenn Deele oder Dachstuhl ungeheizt und gut durchlüftet sind, könnte man vielleicht auch dort ein Split-Außengerät anbringen – dazu hatte ich bisher aber keine Fachmeinung eingeholt, auch im Internet bin ich nicht fündig geworden. Unter dem selben Vorbehalt steht die Idee, ob man eventuell eine Brauchwasser-Wärmepumpe für den Betrieb mit ein oder zwei Heizkörpern in zwei Kammern zweckentfremden könnte, als bescheidene Heizunterstützung eines zentralen Kachelofens. Bisher ist all dies ins Blaue gedacht ...

Verglichen mit allen Anlagen und Geräten nach dem Wärmepumpenprinzip sind elektrische Direktheizungen, Heizlüfter, Infrartheizungen etc. ausgesprochen ineffizient, aber wenn man sich für (Einzel-)Raumheizungen entscheidet, lassen sich solche Stromvernichter gelegentlich sinnvoll in selten genutzten Nebenräumen, etwa einem Bügelzimmer oder einem nur stundenweise belegtem Büro einsetzen – immer unter der Voraussetzung, dass die eigene Photovoltaik mitwächst. Sonst, ich sags immer wieder, kommt das Heizen mit Strom viel zu teuer.

Perspektivisch müssen wir uns mit der gesetzlich festgeschriebenen Auflage anfreunden, 65 % unseres Wärmebedarfs aus Erneuerbaren Energien zu decken. Diese 65 % werden „rechnerisch“ ermittelt, womit schon klar wird, dass die Wirklichkeit ganz anders aussehen kann. In einem sehenswerten Video [21] rechnet der „Energiesparkommissar“ in schönstem Südhessisch vor, dass es vollkommen genügt, 30-35 % der maximal erforderlichen Heizleistung durch „Erneuerbare“ zu ersetzen, nachweisbar durch den Einbau einer Wärmepumpe (oder Split-Klimageräten) entsprechender Leistung. Die Geräte gelten per Definition als „klimaneutral“. Die vorhandene Holz-, Gas- oder Ölheizung kann dann weiter betrieben werden.



Die Einstufung von Wärmepumpen als „klimaneutral“ ist beim heutigen Strommix wirklichkeitsfremd «

Das klingt „tricky“, schon die Einstufung von Wärmepumpen als „klimaneutral“ ist beim heutigen Strommix wirklichkeitsfremd, aber wenigstens lernen wir daraus, dass es sich bei den hehren Klimazielen vor allem um Schönsprech handelt. Ich bin echt gespannt, wieviel fossile Energie noch verheizt wird, wenn wir 2045 zu 100 Prozent klimaneutral sind – auf dem Papier. Und egal welche erneuerbaren Energieformen wir in Betracht ziehen: Abgesehen von kleinen Nischen für Biogas läuft es nach den seltsamen Rechenregeln des Gesetzgebers auf Stromheizungen nach dem Wärmepumpenprinzip hinaus.

Gäbe es nicht so hässliche Dinge wie Raubbau, Abgase und Feinstäube, wäre das Heizen mit Holz nicht die schlechteste Alternative. Ein großer Grund- oder Kachelofen gibt einen hohen Anteil von Strahlungswärme ab und passt obendrein sehr gut in das ursprüngliche Konzept unserer Fachwerkhäuser. Heutigen Komfortansprüchen wird solch ein zentraler Ofen oft nicht mehr gerecht, so dass zusätzliche Wärmequellen in Anspruch genommen werden müssen. Das kann z.B. eine unterstützende Wandheizung sein, aber auch preiswerte Split-Klimageräte können für die Gute Stube oder die Kinderzimmer eine sinnvolle Lösung darstellen.

Fazit

Der Erhalt unserer schönen alten Häuser erfordert einen immensen Aufwand, dessen Ergebnis – das Sparen grauer Energie – nicht honoriert wird. Stattdessen werden wir bei der bisher vernünftigsten Energiequelle – preiswertem Erdgas – auf kalten Entzug gesetzt und sollen für den Ersatz schleunigst hohe Beträge lockermachen. Wenn nicht, fressen uns die Energiekosten auf.

Wer meine reichlich „daumenlastigen“ Überschlagsrechnungen bis hierher verfolgt hat, ist sowieso schon um ein paar Illusionen ärmer: Es gibt keine genialen Lösungen, die meisten Heizkonzepte sind ähnlich teuer im Verbrauch – auch die viel gepriesene Wärmepumpe, wenn wir uns ihre Leistungszahl im alten Fachwerkhäuser nicht schönrechnen. Dass Stromdirektheizungen uns noch viel teurer zu stehen kommen, ist da nur ein schwacher Trost.

Die Investition in eine eigene Photovoltaik (PV) oder im Einzelfall auch in die Solarthermie halte ich allemal für sinnvoll – eine gelungene Umsetzung der thermischen Solarnutzung wird übrigens im Holznagel 1/2024 auf Seite 54 vorgestellt. Auf jeden Fall lassen sich damit die laufenden Energiekosten wirkungsvoll senken. Eine PV lohnt sich sogar, wenn man gar nicht mit Strom zu heizen gedenkt. Und man kann ganz klein damit anfangen, Stichwort: „Balkonsolar“. Aber Vorsicht, die Technik hat Suchtpotential!

Hohe Investitionen und aufwendige Technik allein genügen jedoch auf Dauer nicht, uns oder gar den Planeten zu retten. Das ist wie mit dem Autofahrer, der „für die Umwelt“ auf ein elektrisches SUV umsteigt. Dabei ist schon die Grundidee einigermaßen bescheuert, zweieinhalb Tonnen Stahl (und einen Haufen Plastik) in Bewegung zu setzen, nur um einen Menschen von A nach B zu bringen.

Ähnlich ist es mit unserem Anspruch, in allen Räumen immer und jederzeit durch einen kleinen Dreh am Thermostat 21 Grad abrufen zu können. Nach der bisher letzten „Zeitenwende“ ist es mit günstiger Heizenergie vorbei, wir müssen über neue Wege nachdenken, wie wir über den Winter kommen – oder uns daran erinnern, wie unsere Fachwerkhäuser und ihre Bewohner früher damit umgegangen sind: Engeres Zusammenrücken um die Wärmequelle(n), reduzierte Temperaturen in Schlafzimmern und peripheren Räumen, also unterschiedliche Heizzonen, vielleicht ein dicker Pullover statt des T-Shirts... klingt nach Frieren und Verzicht, ist von mir aber, ganz ohne Häme, als freundlicher Denkanstoß gemeint.

Apropos Pullover: Man kann auch seinem Haus einen überziehen. Ein Pelz aus Efeu gräbt sich leider rasch in die weichen Fugen, aber grundsätzlich ist die Idee nicht verkehrt, den kalten Wind zu bremsen, damit er nicht wie der Lüfter im PC die Wärme möglichst schnell wegschafft. Ich habe definitiv keinen „grünen Daumen“, weiß jedoch so viel, dass unsere Vorfahren gute Gründe hatten, Hecken, Berankungen und Baumpflanzungen als Teil ihrer Bauplanung anzusehen. Manchmal beschleicht mich der Verdacht, dass die schon wussten, was sie taten.

Eine realistische Sparmöglichkeit besteht auch darin, sein Heizverhalten zu ändern. Leuten, die mit Split-Klimageräten heizen, ist aufgefallen, dass sie die Wärme in einzelnen Räumen gezielt abrufen können. Da so eine Luftheizung nur ca. 10 Minuten zum Aufheizen benötigt, kann das Wohnzimmer bei Nichtgebrauch herunterge-regelt werden. Das ist im Prinzip wie die altbekannte Nachtab senkung, nur eben nicht pauschal, sondern raum- und nutzungsbezogen. Ob sowas funktionieren kann hängt allerdings stark vom Heizungskonzept ab: Wärmestrahler wie eine Wandheizung oder Kachelöfen reagie-

ren viel zu träge, um sie „spontan“ nutzen zu können.

Wenn es uns angesichts der Heizproblematik fröstelt oder kalt ums Herz wird, empfehle ich als Sofortmaßnahme einen steifen Grog. Am besten in Gesellschaft, jeder Mensch ist schließlich ein Heizkörper (mit einer Heizleistung von ca. 80 Wh, ohne Grog)... – Bevor die Fröhlichkeit überhand nimmt: Gerade lese ich, dass fünfeinhalb Millionen Menschen im vergangenen Jahr wegen finanzieller Überforderung nicht angemessen heizen konnten – doppelt so viele wie im Vorjahr. Nee, dagegen kann ich nicht antrinken... ❄️

Anhang

Wie versprochen soll hier auf einige YouTube-Kanäle verwiesen werden, die ich häufiger frequentiere. Für ein Printmedium wie den Holznagel sind Links nicht gemacht, man muss sie mühsam abtippen. Die Kanäle lassen sich aber auch über das Suchfeld von YouTube finden: Die YouTube-Seite im Browser öffnen, dann den Kanal- oder Betreiber-namen in das Suchfeld (von YouTube, nicht des Browsers) eingeben.

Literatur:

„Andreas Schmitz“

Themen: Photovoltaik, PV-Akkus, Split-Klimageräte, Balkonsolar, Selbstbau-Projekte
Webseite: <https://www.akkudoktor.net>

„Der Fachwerker“

Themen: Gebäudedämmung, Heizkonzepte, Altbauten, Fachwerkhäuser
Webseite: <https://www.der-fachwerker-saniert.de>

„Der Energiesparkommissar“
Themen: Bauphysik, Dämmung, Heizkonzepte, Altbauten
Webseite: <https://energiesparkommissar.de>

Links und Verweise:

[10] Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik – Wikipedia
https://de.wikipedia.org/wiki/Zweiter_Hauptsatz_der_Thermodynamik

[11] Wärmepumpe – Wikipedia
<https://de.wikipedia.org/wiki/Wärmepumpe>

[12] Leistungszahl – Wikipedia
<https://de.wikipedia.org/wiki/Leistungszahl>

[13] Wärmepumpe – Wikipedia (Abschnitt: Jahresarbeitszahl)
<https://de.wikipedia.org/wiki/Wärmepumpe#Jahresarbeitszahl>

[14] Jahresarbeitszahl und andere Leistungszahlen | Vaillant
<https://www.vaillant.de/heizung/heizung-verstehen/technologie-verstehen/waermepumpe/jahresarbeitszahl/>

[15] Biogas – Wikipedia
<https://de.wikipedia.org/wiki/Biogas>

[16] Heizen mit Holz: Was steht dazu in Habecks neuem Gesetz? | BR24
<https://www.br.de/nachrichten/wirtschaft/heizen-mit-holz-das-steht-dazu-in-robert-habecks-neuem-gesetz,Tc4kMD0>

[17] Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2021 | Umweltbundesamt
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energetraeger-2021>

[18] UBA-Studie: Wärmepumpen 10 x KLIMASCHÄDLICHER als Holzkessel! - YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=xymI-WYYW7uY>

[19] Ist Heizen mit Split-Klimaanlagen wirklich so günstig? - YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=Tt-DA4lmbjVU>

[20] Klimaanlage als DIY-Heizung: Neue R290 Luft/Luft-Wärmepumpe jetzt ohne störende Außeneinheit
<https://www.energie-experten.org/news/klimaanlage-als-diy-heizung-neue-r290-luft-luft-waermepumpe-jetzt-ohne-stoerende-ausseneinheit>

[21] GEG - Kostengünstige Lösung das GEG einzuhalten (65% EE) - YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=LZm-NvYpVv3c>