c't

ENERGIE TIPPS

So sparen Sie Energiekosten



Energiebedarf im Blick behalten

Wann sich smarte Stromzähler lohnen
Stromtarife vergleichen und wechseln

Selbst Strom erzeugen

Windrad privat betreiben
Photovoltaikanlagen fürs Dach

Energie und Kosten sparen

Stromverbrauch im Haushalt optimieren
Smarte Heizkörperthermostate im Vergleich



Kleinsolaranlagen für den Balkon

Im c't-Check: Wann sich Balkonkraftwerke lohnen, wie viel sie kosten und wie man sie installiert

€ 14,90
CH CHF 27.90
AT € 16,40
LUX € 17,10

4 196982 314900 03

Alles für Ihr Smart Home!



Smarte Beleuchtung

- Smartes Licht in Haus und Garten
- Smarte LED-Lampen für E14 und E27 im Test
- Auch im Set mit smarter Steckdose zum Sonderpreis
- Für Abonnenten portofrei

Heft+PDF für 19,90 €
Auch als einzelnes Heft erhältlich!

shop.heise.de/ho-beleuchtung



Einstieg ins Smart Home

- Fritzbox einrichten, steuern, erweitern
- Smart Home von Ikea
- Praxis- und Tuningtipps für Ihr System
- Auch im Set mit Heizkörperthermostat zum Sonderpreis

Heft+PDF für 19,90 €
Auch als einzelnes Heft erhältlich!

shop.heise.de/ho-smarthome21



Smart Gardening

- Das brauchen Sie, bevor Sie starten
- Bewässerungssysteme: Sechs im Vergleich
- Intelligente Mähroboter: Fünf smarte Rasenmäher im Test
- Auch im Set mit Gartenbewässerung WLAN Ventil zum Sonderpreis

Heft+PDF für 19,90 €
Auch als einzelnes Heft erhältlich!

shop.heise.de/ho-smartgardening22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €.
Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise Shop

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Entwicklungen an den Energiemärkten sind dramatisch: Im ersten Halbjahr 2022 hat sich der Gaspreis in Deutschland fast verdoppelt. Auch der Strompreis kletterte kräftig – von im Schnitt rund 32 auf über 37 Cent pro Kilowattstunde. Benzin und Diesel wurden ebenfalls teurer, der Tankrabatt der Bundesregierung verpuffte. Die steigenden Energiekosten treffen damit alle Haushalte.

Also Augen zu und durch? Das wäre fahrlässig. Allein fürs Heizen muss ein typischer Haushalt in diesem Jahr 1500 Euro mehr ausgeben – nach konservativen Schätzungen. Es könnten auch 2000 oder 3000 Euro werden. Selbst wenn man sich das leisten kann, sollte man mit der Energie sparsam umgehen. Denn es geht nicht nur ums Geld: Jede gesparte Kilowattstunde hilft der Umwelt und verringert die Abhängigkeit von Gas aus Russland.

Die gute Nachricht lautet, dass es viele Möglichkeiten gibt, Energie zu sparen. Auf jeden Fall bei der Heizung, aber auch bei Unterhaltungselektronik, PCs und Always-on-Geräten wie Router und NAS. Schon kleine Verhaltensänderungen bewirken viel – die wichtigsten Tipps lesen Sie im Artikel auf Seite 20. Obendrein können smarte Heizkörperthermostate (siehe S. 28) helfen, Gas zu sparen. Wer genau wissen will, welche Geräte wie viel Strom ziehen, findet das mit einem günstigen Energiekosten-Messgerät (siehe S. 62) heraus. Auch ein Smart Meter hilft bei der Suche nach Stromfressern (siehe S. 68).

Zusätzlich zum Sparen gibt es noch einen anderen Hebel: selbst Strom erzeugen. Wer einen Balkon hat, kann mit einer Mini-Solaranlage bis zu 600 Watt für den Eigenbedarf produzieren – unter Umständen auch als Mieter. Die Balkonkraftwerke spielen ihre Anschaffungskosten in sechs bis neun Jahren wieder herein (siehe S. 90). Große Dach-Solaranlagen sind teurer, rechnen sich aber ebenfalls (siehe S. 98).

Egal ob man seinen Verbrauch reduziert oder Strom selbst produziert: Am Ende spart man Geld, schont das Klima und hilft, die Abhängigkeit Europas von Kriegstreibern und Despoten zu beenden. Eine Win-win-win-Situation.

Viel Spaß beim Lesen!



Christian Wölbert

Inhalt

DIE ENERGIEKRISE MEISTERN

Bereitwillig hat Deutschland sich von russischem Gas abhängig gemacht. Nun muss die Politik schnell Alternativen finden. Experten diskutieren, welche Rolle Flüssiggas, Kohle, Atomkraft und die erneuerbaren Energien dabei spielen sollten – und was Sparmaßnahmen bringen.

6 Wo kommt die Energie in Zukunft her?

12 Zahlen, Daten, Fakten: Solarenergie

16 Zahlen, Daten, Fakten: Private Ökostrom-Anlagen

ENERGIE SPAREN

Die Gas- und Stromkosten sind schon in den vergangenen Monaten drastisch gestiegen. Und im Herbst dürfte vor allem Gas noch teurer werden. Wir erklären, mit welchen Maßnahmen Sie Energie sparen, und vergleichen smarte Thermostate.

20 Was tun gegen die steigenden Kosten?

22 Energiespartipps im digitalen Umfeld

28 Smarte Thermostate sparen beim Heizen

42 Geofences mit Node-Red & Traccar

46 Energieeffizienz von PC-Plattformen

52 Energie sparen mit Clock Tuner for Ryzen

58 Nutzloser Stromsparer



ENERGIEBEDARF IM BLICK BEHALTEN

Wer sparen will, profitiert von exakten Informationen über den Energieverbrauch. Dabei helfen Energiekosten-Messgeräte und Smart Meter. In vielen Wohnungen lassen sich sogar die Heizkostenverteiler über Funk auslesen.

62 Energiekosten-Messgeräte im Test

68 Smarte Stromzähler und neue Tarife

72 Heizkostenverteiler und Zähler auslesen

78 Tarifvergleiche für günstigen Strom



SELBST STROM ERZEUGEN

Solaranlagen sind nicht nur etwas für Hauseigentümer: Mini-Kraftwerke für den Balkon kosten nur um die 700 Euro und drücken die Stromrechnung spürbar. Auch Solaranlagen fürs Dach lohnen sich in aller Regel. Wir erklären die Details.

84 Strom erzeugen statt teuer einkaufen
90 Balkonkraftwerke senken Stromkosten
98 Photovoltaikanlagen installieren
106 Strom erzeugen mit Kleinwindanlagen
112 Günstig dezentral heizen und kühlen

ZUM HEFT

3 Editorial
89 Impressum

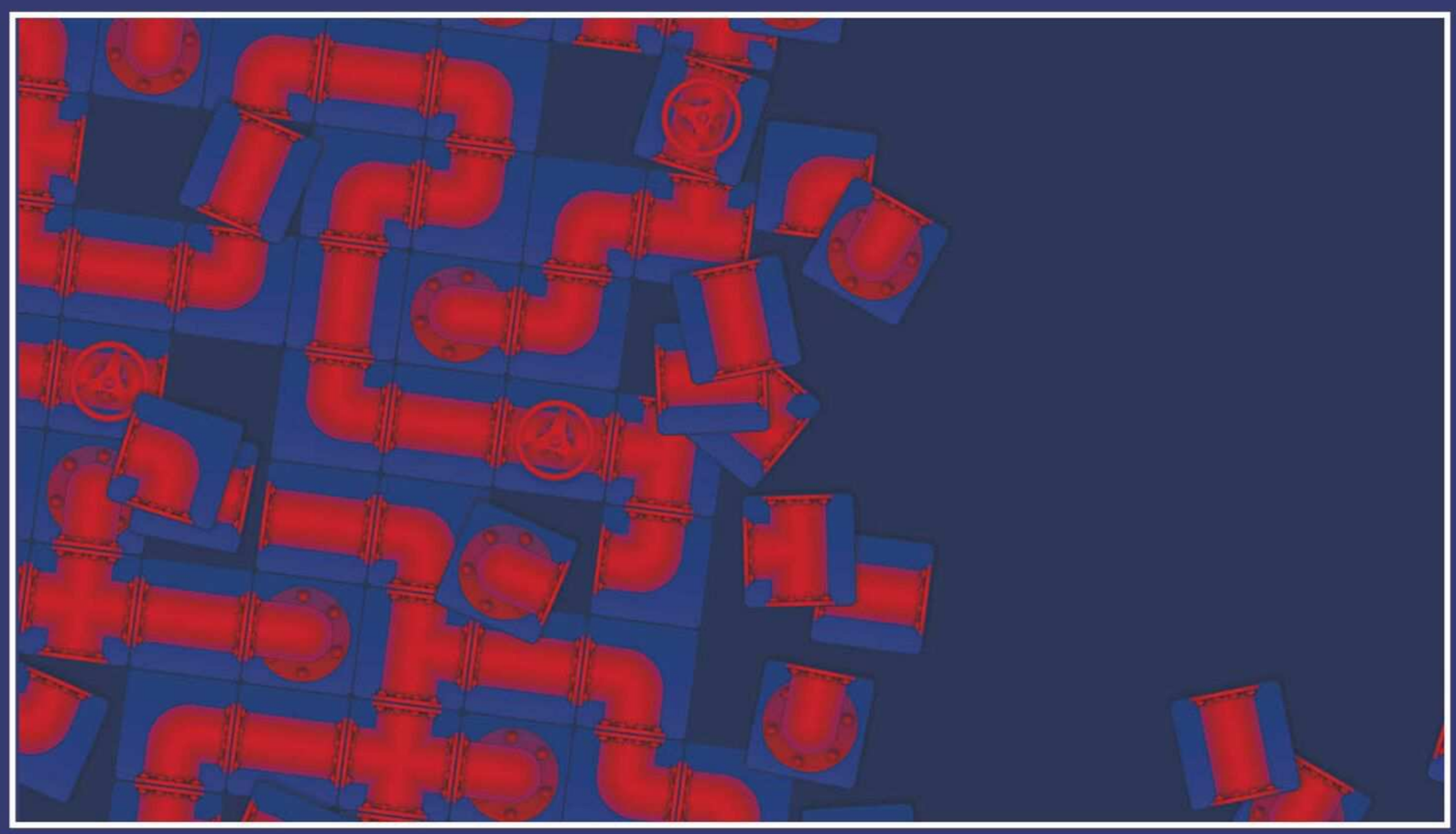


Wo kommt die Energie in Zukunft her?

MIT Technology Review

Der Ukraine-Krieg krempelt die Energiewende komplett um: Selbst Kompromisse, um die jahrelang gerungen wurde, stehen plötzlich wieder zur Debatte. Es bilden sich erstaunliche neue Koalitionen, und altbekannte Argumente erscheinen in anderem Licht.

Von **Gregor Honsel**



Wo kommt die Energie in Zukunft her?	6
Zahlen, Daten, Fakten: Solarenergie	12
Zahlen, Daten, Fakten: Private Ökostrom-Anlagen	16

Hätten wir mal die Erneuerbaren stärker ausgebaut. Hätten wir uns mal weniger von russischen Rohstoffen abhängig gemacht. Hätten wir mal die Laufzeiten der Atomkraftwerke verlängert. Hätten wir mal mehr in Wärmedämmung und Wärmepumpen investiert.

Hätte, hätte, Fahrradkette. Nach Putins Einmarsch in die Ukraine fallen Deutschland zahlreiche Versäumnisse auf die Füße. Erdgas war eine zentrale Stütze der Energiewende, und es kam zur Hälfte aus Russland. Nun gehen die Preise durch die Decke – und die Menschen fragen sich, ob sie demnächst in ihren Häusern frieren müssen. Damit bekommt das Thema Energie für viele eine existenzielle Dringlichkeit, die kein Klimabericht je vermitteln konnte.

Deutschland hat jetzt nur noch die Wahl zwischen Pest und Cholera: Jeder weiterhin importierte Kubikmeter trägt dazu bei, den blutigen Krieg in der Ukraine zu finanzieren. Aber alle kurzfristigen Alternativen sind teuer und gefährden die Klimaziele. Wie soll es nun weitergehen?

Die Sache mit dem Erdgas

Die gute Nachricht: Das Aus für die Pipeline Nord Stream 2 kurz nach Kriegsbeginn spielt für die Versorgungssicherheit keine große Rolle. Wichtiger ist nun verflüssigtes Erdgas (LNG), das tiefgekühlt mit großen Tankern verschifft wird. Dadurch ist der LNG-Markt besonders flexibel: Anders als eine feste Pipeline können Tanker das Gas dorthin bringen, wo es gerade die höchsten Preise erzielt. Wer es sich leisten kann, ist also in der Lage, sich LNG auf dem Weltmarkt zusammenzukaufen.

Die schlechte Nachricht: Bleibt russisches Erdgas weiterhin aus, wird es eng. Bis November wollte die Bundesregierung eigentlich die Gasspeicher zu 90 Prozent gefüllt haben. Im Moment liegen die Füllstände bei gut 60 Prozent. Aber seit Mitte Juni stocken die Lieferungen aus Russland – und bleiben möglicherweise bald ganz aus.

Es dürfte nicht einfach werden, ausbleibendes russisches Gas zu ersetzen. Erdgas-Förderländer wie Norwegen und die Niederlande können ihre Lieferungen kaum noch steigern. Die Einspeisung von Biogas ließe sich zwar noch erhöhen, aber nicht in ausreichendem Maße. Und ob die bestehenden LNG-Terminals in Europa genug Kapazität haben, auch Deutschland mitzuversorgen, ist unsicher.

Deutschland selbst hat den Bau von eigenen LNG-Terminals jahrelang für überflüssig gehalten – es gab ja dicke Pipelines nach Osten. Wenige Tage nach Kriegsbeginn kündigte Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck nun an, den Bau deutscher Terminals mit Bundesmitteln zu unterstützen. Die plötzliche Kehrtwende ist umstritten: „Stand jetzt sind deutsche LNG-Terminals nicht nötig, um die Versorgungssicherheit aufrechtzuerhalten“, schreibt die Deutsche Umwelthilfe (DUH). „Sie würden uns vielmehr über Jahrzehnte an fossile Energien binden.“

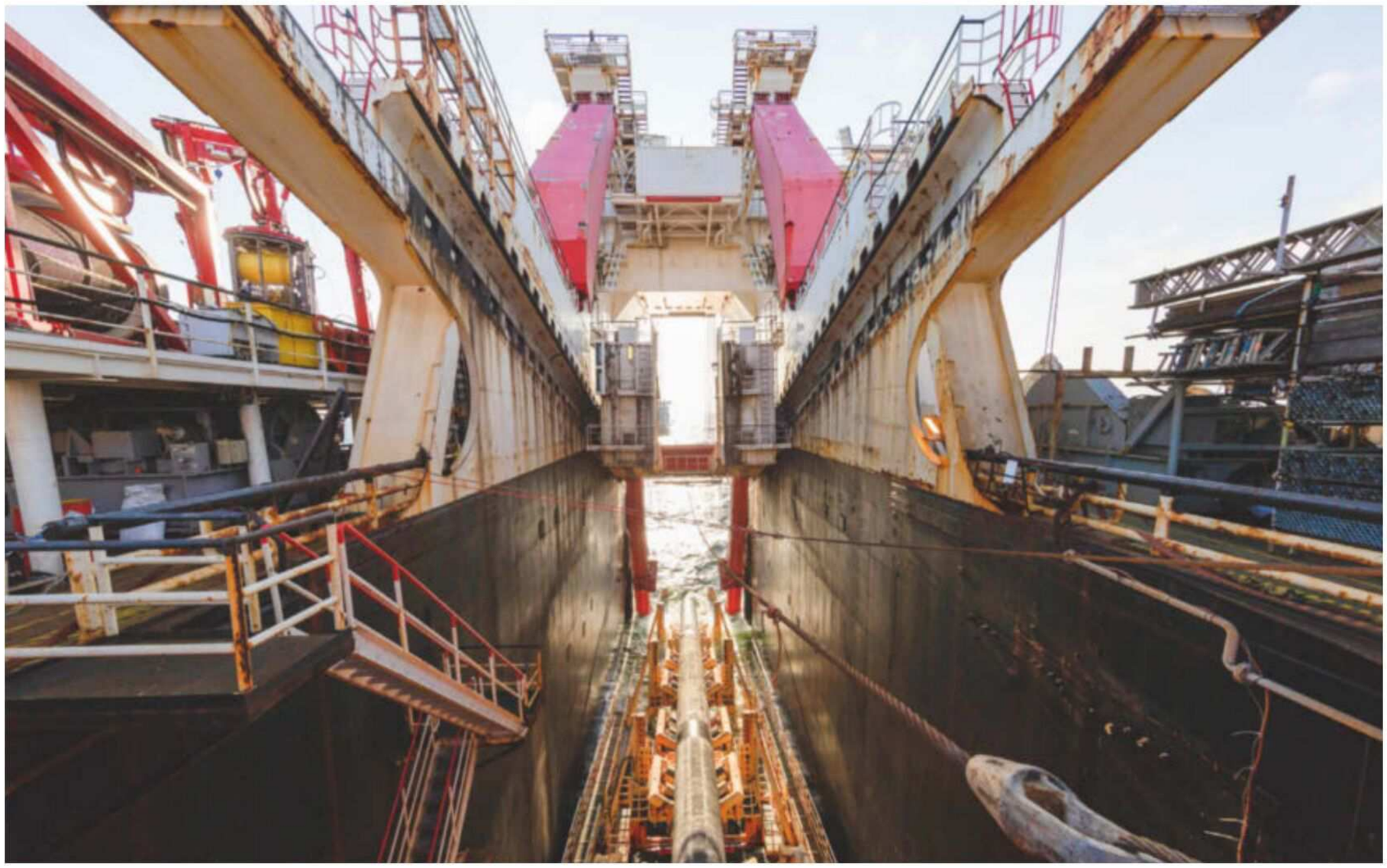
Dass sich ein Politiker der Grünen für LNG einsetzt, zeigt auch, wie schnell der Krieg Prioritäten verändert.

Energieexperten aus dem Umfeld der Beratungsgesellschaft Neon Neue Energieökonomik und der Hertie School halten dagegen: Weitere LNG-Terminals „öffnen Flexibilitätsoptionen, die wertvoll sind, auch wenn sie über ihre Lebenszeit kaum genutzt würden“, schreiben sie in einem offenen Brief im Tagesspiegel. „Ihre bloße Existenz mindert das Erpressungspotenzial. Sie sind also eine Versicherung.“

Dass sich nun ausgerechnet ein Grünen-Politiker für LNG einsetzt, zeigt auch, wie schnell der Krieg die Prioritäten auf den Kopf stellen kann. Denn für das Klima ist LNG tendenziell ein Schritt in die falsche Richtung: Verflüssigung und Transport von LNG kosten viel Energie; stammt es zudem auch noch aus amerikanischem Fracking-Gas, kommen hohe Treibhausgasemissionen bei der Förderung hinzu. Doch die damit verbundenen Umweltschäden seien unter diesen Umständen „das geringere Übel“, so Energie-Ökonomin Claudia Kemfert in einer Kolumne für das Redaktionsnetzwerk Deutschland (RND).

Kohle für die Reserve

Als Lückenbüßer kommt nun die Kohle wieder ins Spiel. Selbst ausgewiesene Klimaschützer können sich offenbar damit anfreunden. So sprach sich sogar Ottmar Edenhofer, Direktor des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung, gegenüber dem Handelsblatt für den verstärkten Einsatz von LNG und Kohle aus. Unterstützt wird er dabei von Bruno Burger vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme. „Aktuelle Zahlen zum hohen Methanschlupf in Amerika und Russland legen nahe, dass die CO_2-Äquivalente von Steinkohle und Methan ähnlich sind. Deshalb ist es für das Klima fast egal, ob wir Steinkohle oder



Nord Stream / Thomas Eugster

Die hier vom Verlegeschiff Solitaire verlegte Pipeline Nord Stream 2 ist nur noch ein Symbol für das Ende des billigen Gases.

Erdgas verbrennen. Nur Braunkohle hat noch mal deutlich höhere Emissionen."

In ihrem offenen Brief im Tagesspiegel ergänzen die Experten: „Alle Kohlekraftwerke sind im europäischen Emissionshandel reguliert. Damit ist die Gesamtmenge der Emissionen über die Zeit gedeckelt." Solange die EU nicht wegen der Krise die Obergrenze der erlaubten Emissionen anhebt – was bis Redaktionsschluss nicht ernsthaft zur Debatte stand –, würden die klimapolitischen Ziele auch nicht kompromittiert. Daraus folge allerdings nicht, den für 2030 angepeilten Kohleausstieg wieder infrage zu stellen: „Es besteht keine Notwendigkeit, jetzt über das Jahr 2030 zu diskutieren."

Und immer wieder Kernkraft

„Kurzfristig gibt es nur Kohle und Kernkraft", meint auch Svetlana Ikonnikova von der TU München. „Ich kann die Entscheidung zum Atomausstieg verstehen. Aber die deutsche Regierung sollte sie noch einmal überdenken."

Genau das haben Bundeswirtschafts- und Bundesumweltministerium Anfang März auch getan. Allerdings kamen sie zu dem Ergebnis, dass eine Laufzeitverlängerung „nur einen sehr begrenzten Beitrag zur Lösung des Problems leisten könnte, und dies zu sehr hohen wirtschaftlichen Kosten, verfassungsrechtlichen und sicherheitstechnischen Risiken". Die hohe Abhängigkeit von Gas aus Russland bestehe vor allem im Bereich der Wärmeerzeugung und der Industrie. „Hier spielen Atomkraftwerke aber keine Rolle", so die Ministerien. Und im Stromsektor tragen die verbleibenden drei Kernkraftwerke auch nur zu rund fünf Prozent der deutschen Stromproduktion bei.

Ein weiteres Problem: Europa ist nicht nur beim Gas von Russland abhängig. Auch 50 Prozent der importierten Steinkohle, 35 Prozent des Öls und 20 Prozent des Urans stammen von dort.

Erneuerbare Energien

Dieses Problem haben Erneuerbare Energien – zumindest vordergründig – nicht. „Sie sind unabhängig von politischen Spannungen in jedem Land verfügbar", schreibt der Bundesverband Erneuerbare Energie. Das bringt auch einen ganz neuen, ungewohn-

ten Tonfall in die Energiedebatte. „Erneuerbare Energien sind Freiheitsenergien“, verkünden DUH-Geschäftsführer Sascha Müller-Kraenner, Energie-Ökonomin Claudia Kemfert und FDP-Chef Christian Lindner wortgleich in seltener Einmütigkeit.

Die Ampel-Koalition will nun beim Ausbau Tempo machen. Ein zentraler Hemmschuh war bislang der Mindestabstand von Windrädern zur Wohnbebauung. Diesen konnten die Länder selbst festlegen. Mit einem Gesetzentwurf will Habeck die Länder nun verpflichten, zwei Prozent ihrer Fläche für Windkraft auszuweisen. Damit greift er die Abstandsregelung zwar nicht direkt an, macht sie aber indirekt hinfällig.

„Das ist wahrscheinlich für die Länder am gesichtswahrendsten“, erläutert Thorsten Müller, Vorsitzender der Stiftung Umweltenergierecht dieses Spiel über Bande. „Und den Weg über die Festlegung der Flächenmengen müssen wir ohnehin gehen. Bisher wussten die Länder, die regionalen Planungsträger oder die Kommunen nicht genau, wie viel Fläche ausgewiesen werden muss. Mit der Festlegung konkreter Mengenziele sagt man ihnen nun, welcher Umfang notwendig ist. Die Planungsträger können aber weiterhin darüber entscheiden, wo die Windenergie genutzt werden soll. Zudem sollen die gesetzlichen Mindestabstände ihren Charakter ändern: Bisher sind diese Flächen für die Planungsträger tabu. Das müssen die Länder ändern, dort kann also in Zukunft geplant werden.“

Neue Abhängigkeiten

Doch selbst ein solch rigoroses Durchregieren könnte nicht alle Hindernisse für die Erneuerbaren beseitigen. „Mit dem Aufbau neuer Wind- und Solaranlagen steigt auch der Bedarf an (Edel-)Metallen oder seltenen Erden“, warnt Kurt Wagemann, Projektmanager bei der Fachgesellschaft Dechema. Und auch davon stammt ein erheblicher Anteil aus Russland.

Wie man es auch dreht und wendet – überall lauern also neue Abhängigkeiten. Und als sei das alles nicht schon kompliziert genug, gibt es solche schwer zu lösenden Verknüpfungen auch noch innerhalb des eigenen Landes. So liefern viele Gaskraftwerke auch die Wärme für Fernwärmenetze. Entsprechend schwer lassen sie sich ersetzen. „Bis auf Null kriegen wir den Gasverbrauch [im Stromsystem] nicht, wir sind schon fast beim Minimum angelangt“, meint Bruno Burger vom Fraunhofer ISE.

Sparen beim Heizen

Ohnehin ist die Stromerzeugung eines der kleineren Probleme, sollte das Gas knapp werden. Nur 14 Prozent des Erdgases werden hierzulande überhaupt verstromt. Und für Ersatzbrennstoffe wie Kohle gibt es einen liquiden internationalen Markt. Viele Experten fordern deshalb, Gas vor allem für Anwendungen zu reservieren, in denen es sich schlechter ersetzen lässt – nämlich in der Industrie (36 Prozent des Erdgasbedarfs), bei Hausheizungen (30 Prozent), im Gewerbe (12 Prozent) sowie bei der Fernwärme (7 Prozent).

10 Milliarden Kubikmeter Gas ließen sich europaweit sparen, wenn die Menschen ihre Thermostate um ein Grad herunterdrehen würden.

Auch hier rächt es sich nun, dass die sogenannte „Energiewende“ von vornherein viel zu stark auf die Stromerzeugung fixiert war und zu wenig auf Wärme, Verkehr und Energiesparen. Hätte, hätte, Fahrradkette.

„Wir können in einem Jahr nicht aufholen, was wir in den letzten zehn Jahren versäumt haben“, meint Michael Sterner von der OTH Regensburg. „Kurzfristig hilft nur Energie sparen, ein Tempolimit oder weniger heizen. Wir müssen jetzt ein ganzes Feuerwerk an Sparideen zünden.“

Möglicherweise werden viele Menschen durch die Gaskrise aber noch deutlich rabiater aus ihrer Komfortzone gerissen als durch Corona – im übertragenen wie im wörtlichen Sinne. „Wir sollten der Bevölkerung klar sagen, dass Öl- und Gasheizungen keine Zukunft haben“, fordert Bruno Burger vom Fraunhofer ISE. „Und jeder, der sich heute noch ein Auto mit Verbrenner kauft, sollte sich darüber im Klaren sein, dass dieses Auto in ein paar Jahren keinen Wiederverkaufswert mehr hat.“

In ihrem offenen Brief im Tagesspiegel warnen die Energieexperten bereits: „Signifikante Komfort-Einschränkungen im nächsten Winter sind denkbar und gegebenenfalls notwendig.“ Eine Reduktion der Raumtemperatur sei die mit Abstand wirksamste Option für die beiden kommenden Winter, den Verbrauch zu reduzieren. Dafür müsse allerdings die Garantie einer Mindest-Raumtemperatur von 20 bis 22 Grad im Mietrecht geändert werden. Auch für Bürogebäude seien „rechtliche Anforderungen an die maximale Raumtemperatur in Erwägung zu ziehen“.

Eine solche Empfehlung taucht auch in einem Szenario der Internationalen Energieagentur (IEA) auf: 10 Milliarden Kubikmeter Gas ließen sich europaweit sparen, wenn die Menschen ihre Thermostate um ein Grad herunterdrehen würden. Die EU-Kommission nennt in ihrem REPowerEU-Programm gar ein Sparpotenzial von 14 Milliarden Kubikmetern. Damit wären kühlere Wohnungen einer der größten Posten nach einem verstärkten LNG-Import.

Selbst wenn sich alle Bürger zuhause brav wärmere Pullover überziehen und die Politik alle übrigen Sparpotenziale zusammenkratzt: Es würde vorne und hinten nicht reichen. Einschließlich Photovoltaik-Ausbau, Wärmepumpen und Biogas kommt die EU bis Ende 2022 auf eine Senkung von 81,5 Milliarden Kubikmetern – etwas mehr als die Hälfte der jährlich aus Russland importierten Menge. (Die IEA kommt mit einem ähnlichen Maßnahmenmix nur auf gut 60 Milliarden Kubikmeter Einsparung.)

Weitere 100 Milliarden Kubikmeter ließen sich, so die EU-Kommission, durch eine vollständige Umsetzung ihres „Fit-for-55"-Programms einsparen – dies allerdings erst bis 2030.

Sparen in der Industrie

Eine für Deutschland geplante Gegenmaßnahme ist eine Art Gas-Auktion. In der Prosa der Bundesnetzagentur klingt das so: Entwickelt werde ein „Gas-Regelenergieprodukt, mit dem Industriekunden gemeinsam mit ihren Lieferanten gegen eine rein arbeitspreisbasierte Vergütung ihren Verbrauch in Engpasssituationen reduzieren und Gas dem Markt zur Verfügung stellen können (Demand-Side Management). Damit wird – einer Auktion gleich – ein Mechanismus geschaffen, der industriellen Gasverbrauchern einen Anreiz gibt, Gas einzusparen, das dann wiederum zum Einspeichern genutzt werden kann." Mit anderen Worten: Wer weniger verbraucht, kann damit Geld verdienen. Das Verfahren soll „noch im Sommer" an den Start gehen.

Reicht das Gas im Winter trotz Auktion und Sparappellen immer noch nicht, muss die Bundesnetzagentur entscheiden, wer Gas zugeteilt bekommt. Private Haushalte, soziale Einrichtungen wie Krankenhäuser oder Pflegeheime sowie Heizkraftwerke sind besonders geschützt. Sie bekommen auf jeden Fall Gas, solange etwas übrig ist.

Sparen muss demzufolge die Industrie. Doch nach welchen Gesichtspunkten genau? Die Bundesnetzagentur will sich da nicht festlegen: „Alle Entscheidungen sind Einzelfall-Entscheidungen. Daher bereitet die Bundesnetzagentur keine abstrakten Abschalte-Reihenfolgen vor. Der wiederholt vorgetragene Wunsch hiernach ist aus Gründen der Planungssicherheit für die potentiell betroffenen Akteure natürlich sehr nachvollziehbar. Gleichwohl ist der Entscheidungsprozess derart komplex, dass eine abstrakte Regelung ihm nicht gerecht wird."

In der Tat könnte ein Gas-Entzug Verwerfungen nach sich ziehen, die weit über die jeweilige Branche hinausgehen. In der chemischen Industrie etwa wird ein großer Teil des Erdgases nicht „energetisch", sondern „stofflich" verwendet – etwa zur Herstellung von Ammoniak, einem Vorprodukt für Mineraldünger. Die Folge: steigende Lebensmittelpreise.

Theoretisch ließen sich Basischemikalien wie Ammoniak und Methanol auch importieren – idealerweise aus Ländern, in denen reichlich Sonnen- oder Windenergie zu ihrer Herstellung zur Verfügung stehen. „Ja, aber leider nicht rasch", dämpft Kurt Wagemann von der Dechema die Hoffnung. Es würde mehrere Jahre dauern, die nötigen Wind- und Solarparks, die Elektrolyseure, die Anlagen zur Chemieproduktion und die Transportwege zu finanzieren, zu planen und zu bauen – selbst wenn man eine Beschleunigung wie in einer Kriegswirtschaft hinbekäme, verbunden mit entsprechenden Beschleunigungskosten.

Welche Szenarien auch immer eintreten – eines ist jedenfalls absehbar: Es wird und bleibt teuer. Die Autoren des offenen Briefs warnen aber davor, den



Weniger heizen könnte im nächsten Winter ein wichtiger Baustein der Energieversorgung werden

Die Energiekrise beschleunigt den Umstieg auf Erneuerbare Energien nicht nur bei den großen Anlagen sondern auch in Privathaushalten spürbar.



Preis künstlich zu deckeln: „Ein hoher Gaspreis ist notwendig, um leichter ersetzbare Nachfrage aus dem Markt zu drängen, damit genügend Gas für die schwerer zu ersetzenden Produkte und Anwendungen bleibt. Eine Deckelung von Preisen würde den wichtigsten Anpassungsmechanismus beschädigen, den wir haben."

Folgen für die Energiewende

Was das Ganze langfristig für die Energiewende bedeutet, ist schwer abzusehen. Einerseits kommen klimafeindliche Brennstoffe wie Kohle und LNG wieder zu neuen Ehren, die aus guten Gründen längst abgeschrieben waren. Andererseits machen sich Investitionen in Erneuerbare durch die teuren fossilen Brennstoffe eher bezahlt. Welcher Effekt größer ist, darüber gehen die Meinungen auseinander.

„Haushalte und Kleingewerbe werden durch hohe Preise vermutlich eher zu Erneuerbaren wechseln", meint Svetlana Ikonnikova von der TU München. „Bei der Industrie wäre das aber sehr viel teurer, denn sie müssen ihre ganzen Lieferketten ändern, haben weniger Geld für Investitionen und brauchen mehr Hilfe. Die Regierung muss entscheiden, wie sie das organisieren will."

„Langfristig wird sich die Energiekrise positiv auf die Erreichung der Klimaziele auswirken, da die Anreize für Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien steigen", glaubt auch Karen Pittel vom ifo-Zentrum. „Das erfordert aber auch, dass diese Signale nicht an anderer Stelle zunichtegemacht werden. So wird immer wieder gefordert, klimapolitische Maßnahmen in der aktuellen Situation abzuschwächen. Dies würde aber genau das falsche Signal senden."

Eine brauchbare Richtschnur, sich durch all diese Unsicherheiten durchzuhangeln, sind sogenannte „No-regret"-Maßnahmen. Also alles, was man später auf keinen Fall bereuen würde, egal wie es kommt. Und eine Diversifizierung der internationalen Abhängigkeiten kann ebenfalls nicht schaden. Insofern zeigen einige Dinge in die richtige Richtung.

„Das Manhattan-Projekt des letzten Weltkrieges brachte uns die Atombombe. Das Manhattan-Projekt dieses Krieges könnte ein grünes sein", sagte der israelische Historiker Yuval Noah Harari gegenüber dem Spiegel. „Die grüne Energierevolution muss ohnehin kommen, und Putins Krieg könnte sie beschleunigen."

Ähnlich sieht das auch Michael Sterner von der OTH Regensburg: „Vielleicht beschleunigt der Krieg die Energiewende wesentlich schneller als 30 Jahre Klimakonferenzen und zunehmende Wetterkatastrophen", twitterte er Anfang März. „Sad but true."

(anm) c't

Dieser Artikel ist ursprünglich in Technology Review 3/2022 erschienen und wurde für dieses c't-Sonderheft aktualisiert.

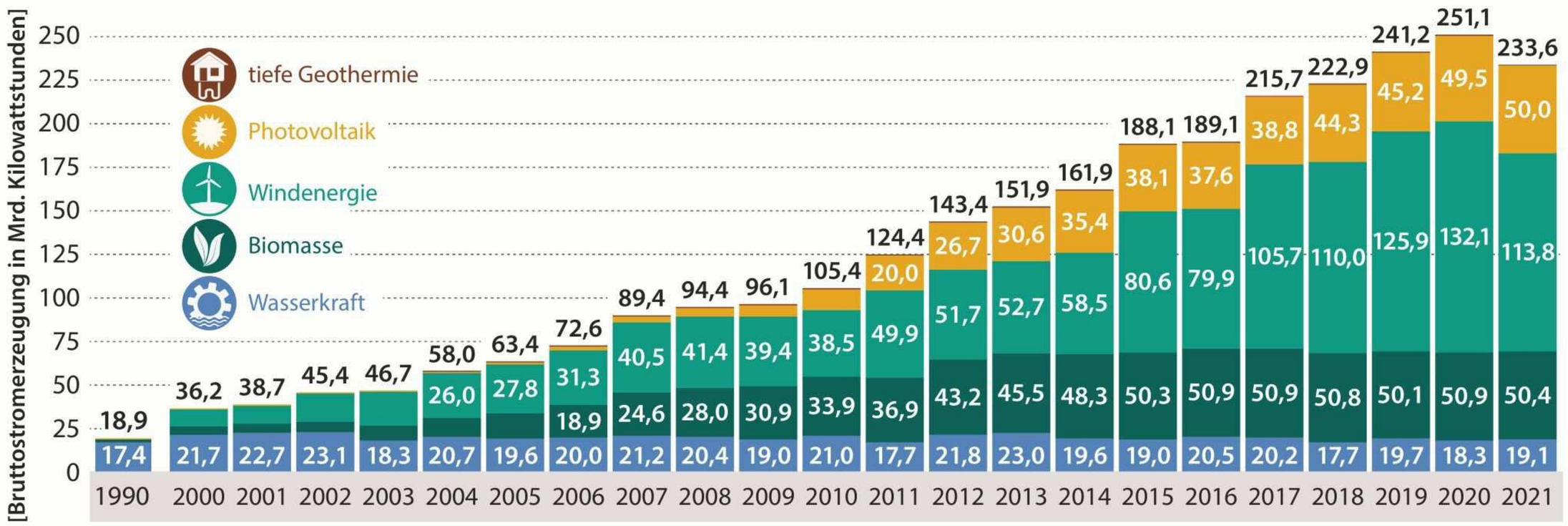
Zahlen, Daten, Fakten: Solarenergie

Mit stark gestiegenen Strompreisen entdecken viele wieder die Sonne als preiswerten Energielieferanten. Das geht prima sogar in Deutschland, das nicht gerade als ein Mekka für Sonnenanbeter bekannt ist. Lockten vor Jahren noch hohe Einspeisevergütungen, reicht heute schon die Aussicht auf weiter steigende Tarife als Anreiz zum Ausbau. Balkonkraftwerke entlasten die eigene Stromrechnung auch ohne Einspeisung ins Netz und kommen ohne Genehmigung und Elektriker-Abnahme aus.

In der Masse stellt allerdings die Windenergie einen größeren Anteil erneuerbarer Energien bereit. Im kleineren Maßstab, also bei Privatleuten, sind Solarkollektoren auf dem Dach praktikabler umzusetzen. (mil) c't

Erneuerbare Energieträger

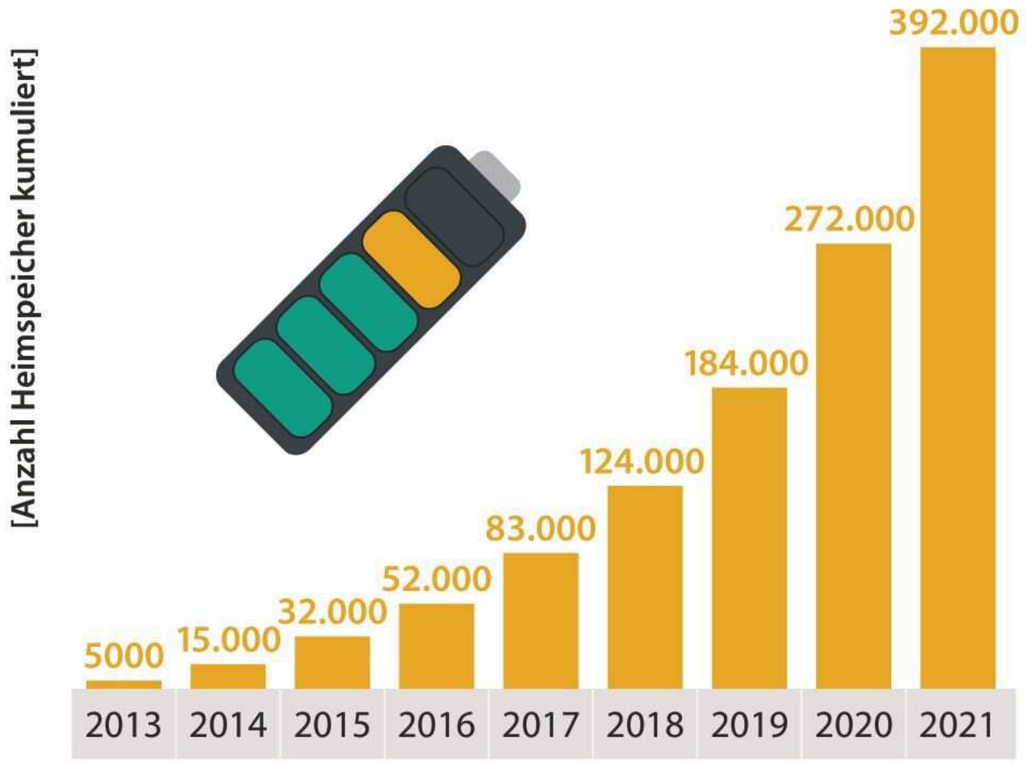
Strom aus erneuerbaren Energien kommt in Deutschland überwiegend aus Windkraft, gefolgt von Solar- und Biogas-Anlagen.[2]



[2] BMWK (AG Erneuerbare Energien-Statistik (Februar 2022))

Solarspeicher

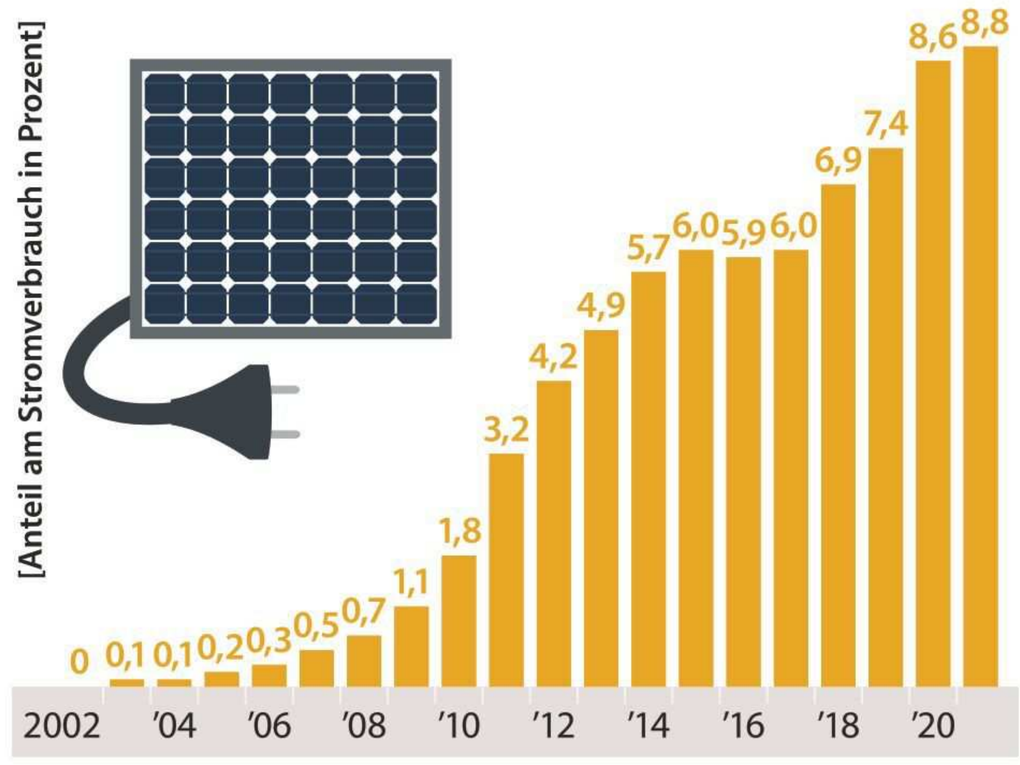
Bedarf und Erzeugung laufen bei der Energieerzeugung nicht synchron, auch bei Photovoltaik sind Energiespeicher nötig.[4]



[4] BSW-Solar e. V.

Solaranteil

Das Wachstum des Solarstromanteils stagniert in Deutschland öfter: Mal lohnt es zu wenig, mal fehlt es an Installationskapazität.[3]

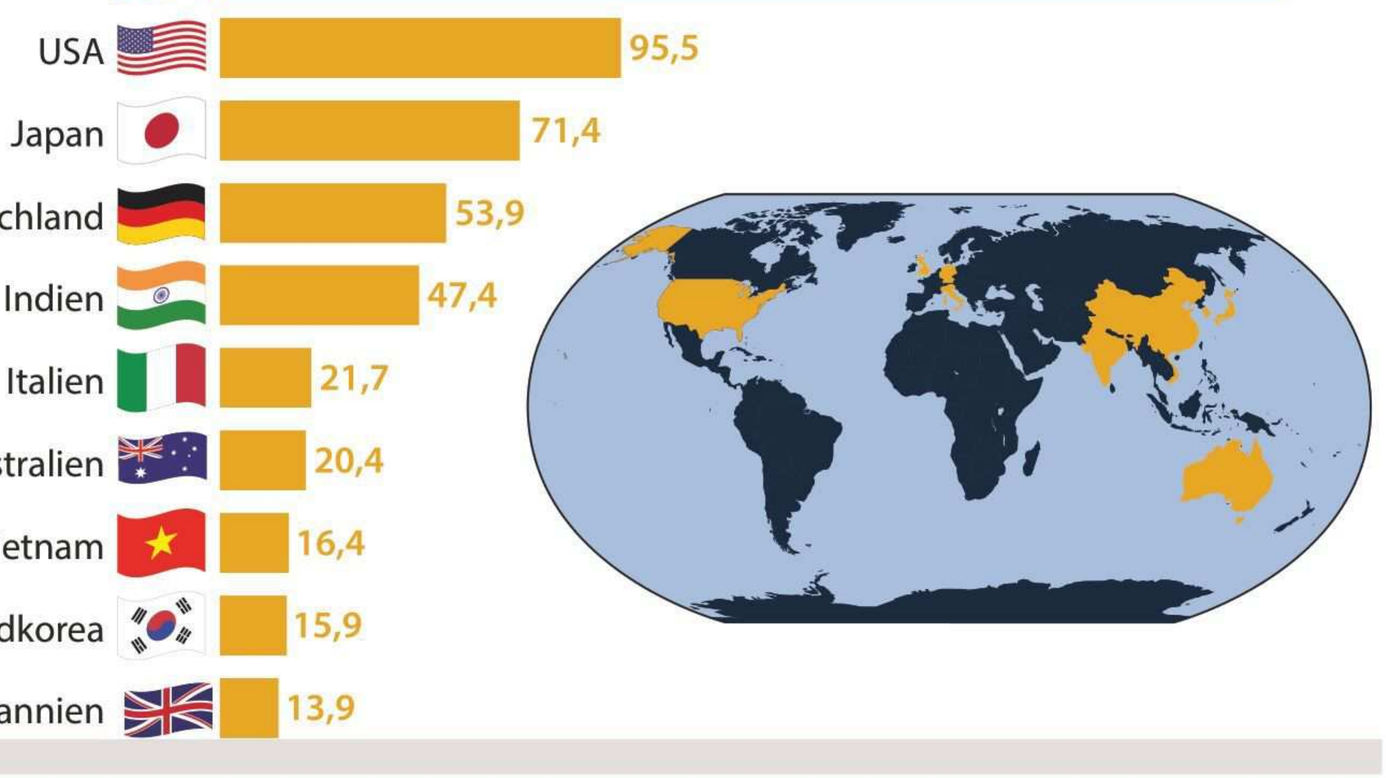


[3] Bund der Energiewirtschaft, Destatis-Daten

Länderranking

Deutschland erzeugte 2020 mehr Solarstrom als größere Länder, aber da geht noch mehr.[1]





[1] Renewables Status Report 2021, Tabelle R15

Einspeisevergütung nicht mehr Hauptanreiz

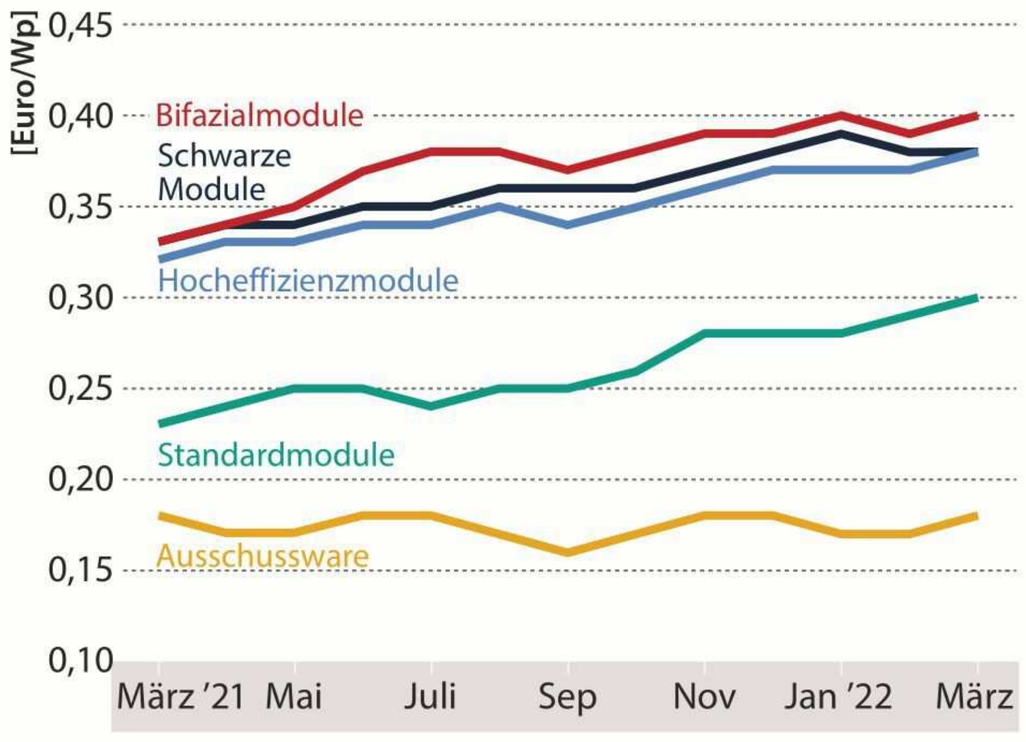
Die Höhe der Einspeisevergütung gibt zwar Anreize für den Ausbau, doch auch Balkonkraftwerke ohne Vergütung sind wegen hoher Stromkosten attraktiv.[2]



[2] BMWK (AG Erneuerbare Energien-Statistik (Februar 2022))

Preisentwicklung Solarmodule

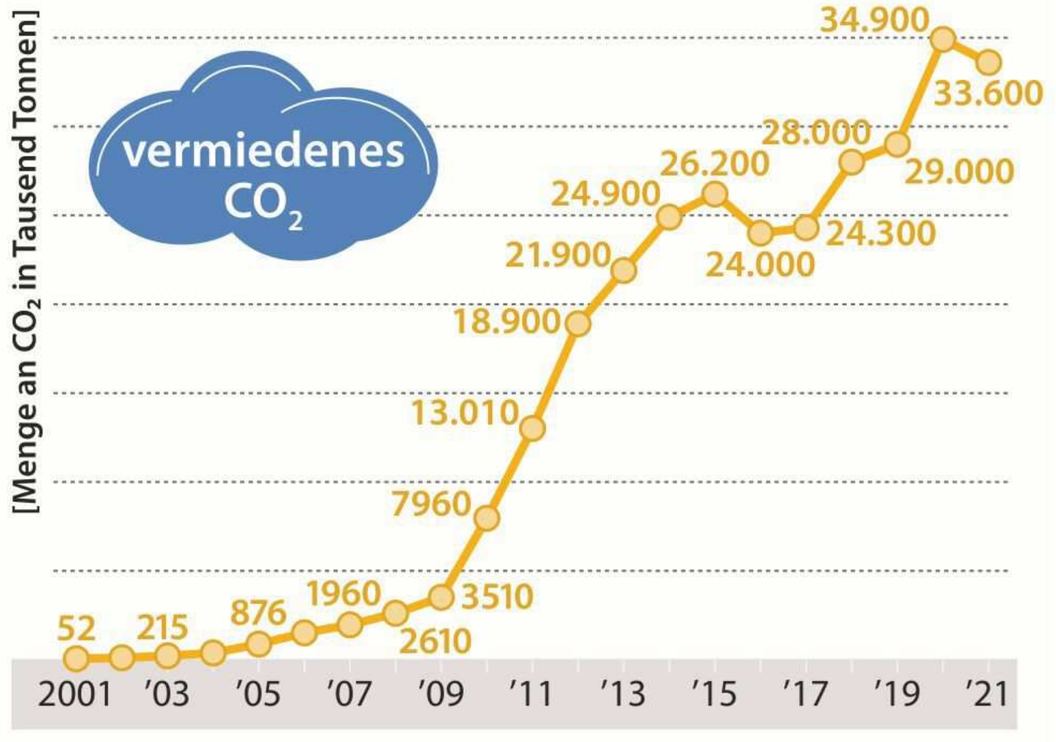
Die Kosten für Solarmodule steigen auf dem Spotmarkt für Solarmodule langsam an.[5]



[5] www.pvxchange.com (März 2022)

CO_2-Vermeidung

Das Umweltbundesamt nennt für 2021 760 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente. Ohne Solarstrom wären es 794 Mio. Tonnen.[6]



[6] Bund der Solarwirtschaft, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Umweltbundesamt (2021)

Anzeige

Durch smartes Heizen der Energiekrise trotzen

Zwischen Klimawandel und Energiekrise wird immer klarer: Wir können nicht weitermachen wie bisher. Zum Glück sind erschwingliche und effektive Energiesparmaßnahmen schon heute verfügbar.

Die smarte Heizungssteuerung setzt genau da an, wo am meisten Energie verbraucht wird: Allein das Heizen ist für 70 % des gesamten Energieverbrauchs im Haus verantwortlich. Wie viel Energie sich hier sparen lässt, hat eQ-3, der deutsche Hersteller des Smart-Home-Systems Homematic IP, untersucht.

Dazu wurden die Heizenergieverbräuche zwei vergleichbarer Gebäudeteile einer Berufsschule in Leer gemessen. Ein Schultrakt wurde konventionell beheizt, der andere Teil mit einer smarten Einzelraumsteuerung von Homematic IP ausgestattet: Homematic IP Heizkörperthermostate sorgen für eine automatische Temperatursteuerung. Fensterkontakte erkennen und melden geöffnete Fenster, damit während des Lüftens nicht unnötig geheizt wird.

Die intelligente Einzelraumregelung durch Homematic IP reduzierte den Energieverbrauch des smart beheizten Gebäudeteils um 31 %. Durch das einfache Nachrüsten smarter Heizkörperthermostate und Fensterkontakte konnte der Energieverbrauch also um fast ein Drittel reduziert werden. Eine smarte Heizungssteuerung kann also einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, Energiekosten zu sparen und unsere Klimabilanz kurz- und mittelfristig deutlich zu verbessern.

Mehr Informationen zum smarten Energiesparen unter **homematic-ip.com.**



Zahlen, Daten, Fakten: Private Ökostrom-Anlagen

Von **Dorothee Wiegand**

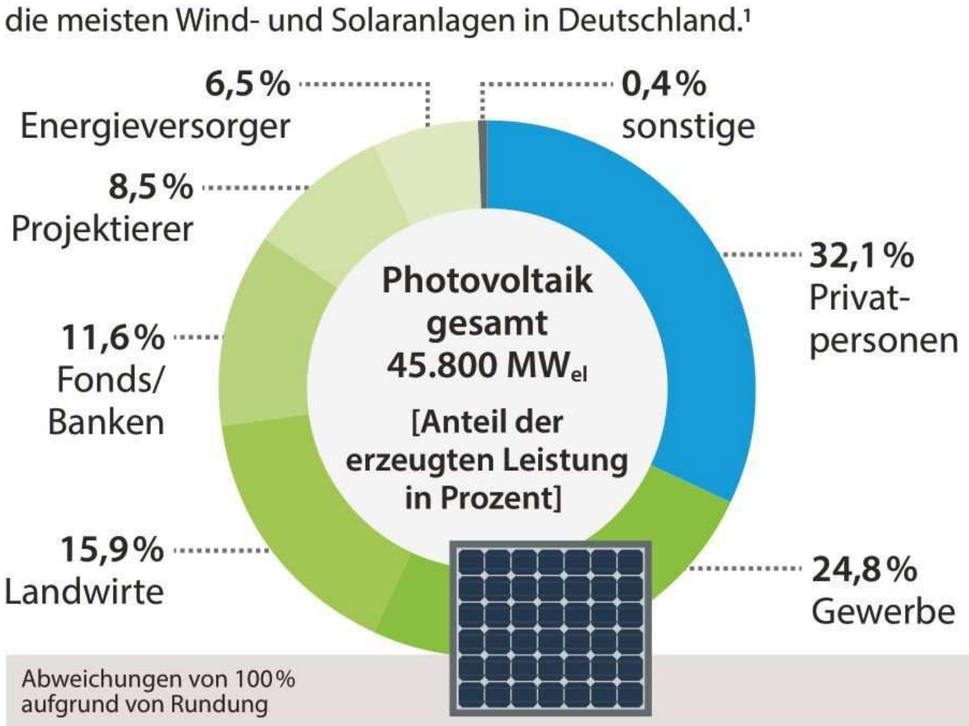
Bei den großen, kommerziell betriebenen Anlagen rangiert die Windkraft vor der Sonnenenergie. Bei der privaten Stromerzeugung ist es anders herum: Die sogenannten Kleinwindanlagen blieben bisher eine Randerscheinung, während Photovoltaik auf Dach und Balkon boomt.

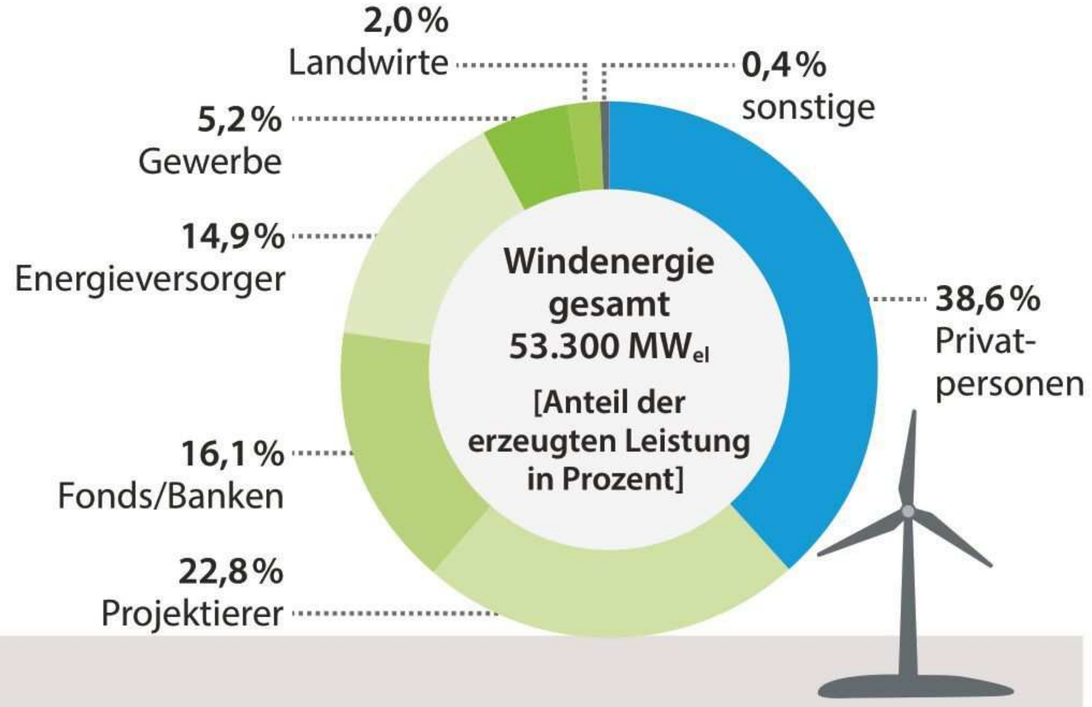
Das hat mehrere Gründe: Aktuell steigern die stark steigenden Energiepreise das Interesse an Solaranlagen. In der Vergangenheit stellte die Einspeisevergütung ebenfalls einen erheblichen Anreiz dar. Weil der Staat deren Betrag für 20 Jahre garantiert, erhalten Besitzer bestehender PV-Anlagen im Schnitt noch über 20 Cent pro eingespeister Kilowattstunde; neu errichtete Anlagen fördert der Staat aber nur noch mit knapp 7 Cent pro Kilowattstunde. Inzwischen steht ohnehin der Eigenverbrauch im Vordergrund. 45 Prozent der Solaranlagenbesitzer haben oder planen eine Anlage mit Stromspeicher, 23 Prozent nutzen den Solarstrom auch fürs E-Auto oder haben dies vor.

Zu privat betriebenen Kleinwindanlagen liegen nur wenig exakte Daten vor. Wegen technisch bedingter Verluste bei der Energieumwandlung lohnt sich eine Windanlage längst nicht auf jedem Privatgrundstück. Zudem gab es für Strom aus solchen Anlagen in der Vergangenheit nie mehr als 9 Cent pro Kilowattstunde als Einspeisevergütung – neben den aufwendigen Genehmigungsverfahren vermutlich ein weiterer Grund dafür, dass die Zahl der neu gebauten Anlagen seit Jahren sinkt. (dwi) c't

Viele Anlagen in Privatbesitz

Nicht Energieversorger oder Gewerbetreibende, sondern Privatpersonen besitzen die meisten Wind- und Solaranlagen in Deutschland.[1]

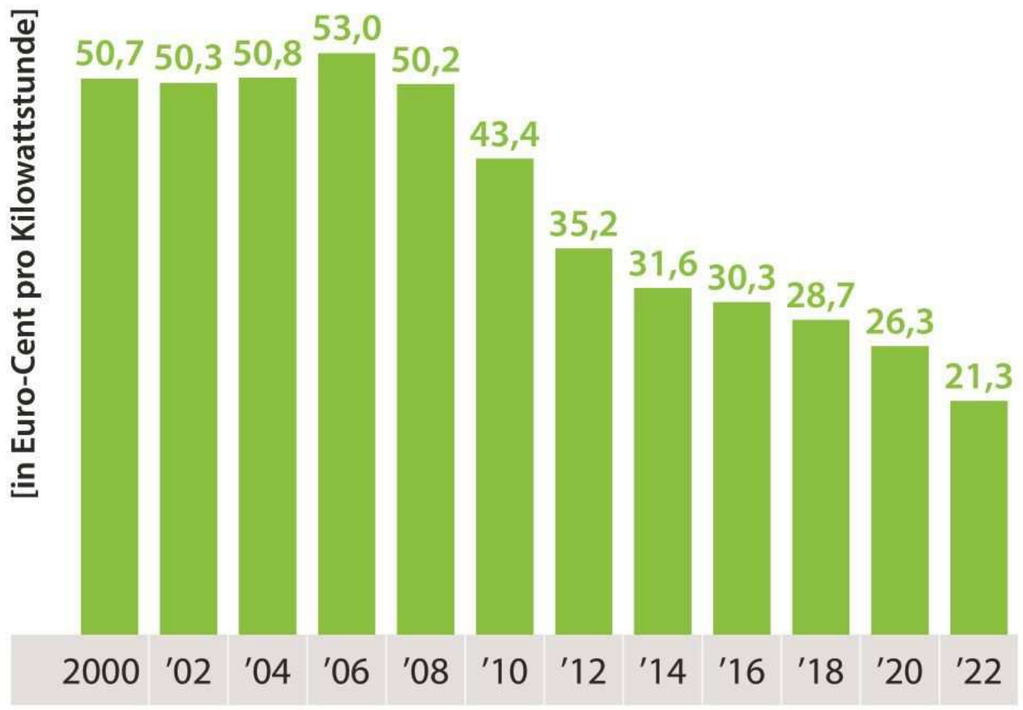




Abweichungen von 100 % aufgrund von Rundung

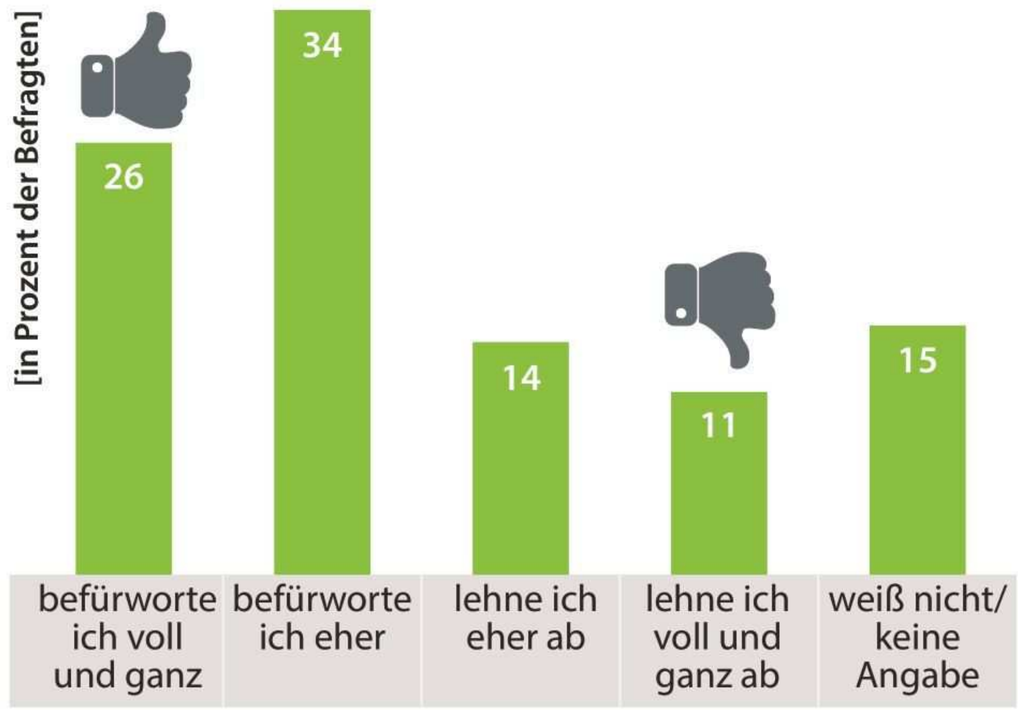
Durchschnittliche Vergütung

Die Einspeisevergütung für PV-Strom sinkt stetig. Die Grafik zeigt die durchschnittlich gezahlten Vergütungen seit dem Jahr 2000.[2]



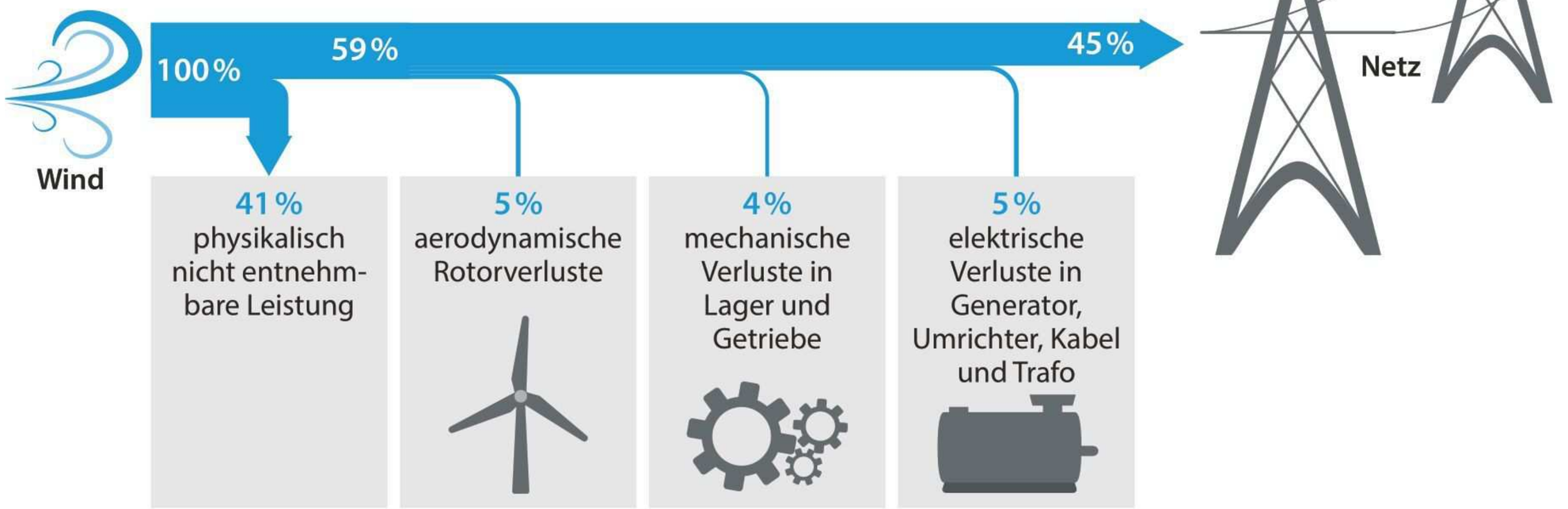
Ja zur Installationspflicht

In einer Umfrage im April 2022 ging es um die Pflicht zur Installation einer Photovoltaik-Anlage bei Neubauten.[3]



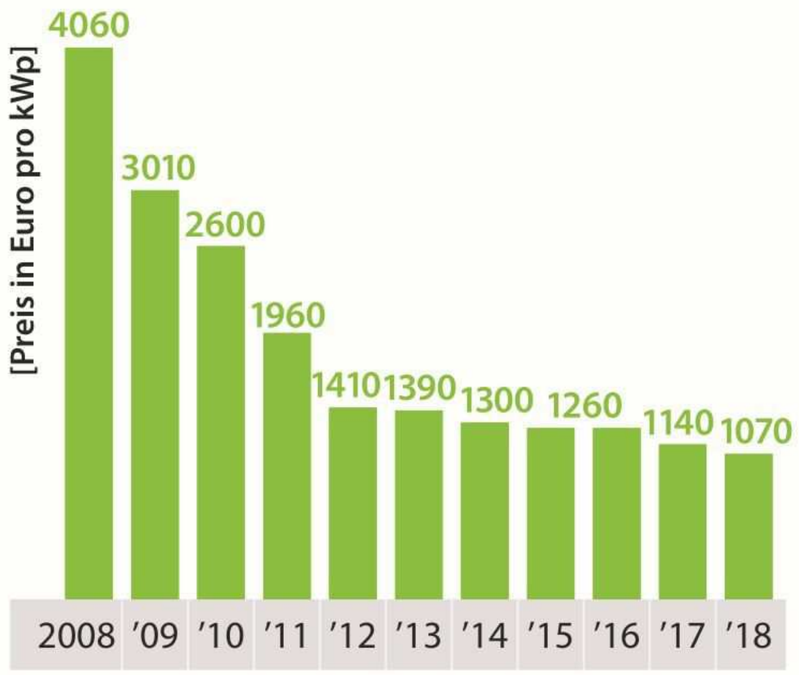
Energieumwandlung an Windanlagen

Selbst bei technisch einwandfreien Windanlagen lässt sich nur ein Teil der Windenergie in Strom umwandeln. Das gilt auch für private betriebene Kleinwindanlagen.[4]



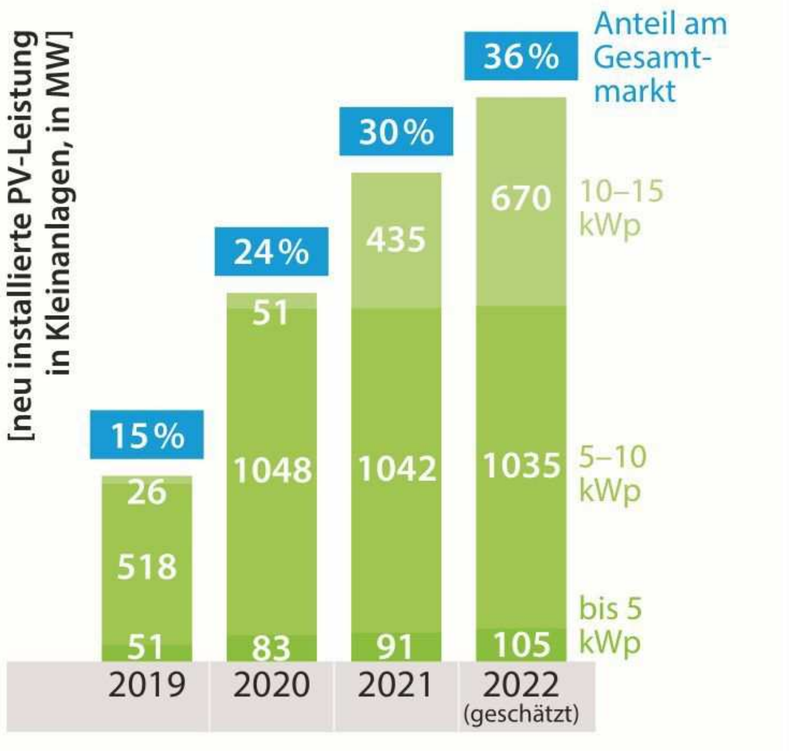
Die Preise fallen

Der Nettosystempreis für eine Aufdachanlage von 10 bis 100 kWp ist seit 2008 kontinuierlich gefallen.[5]



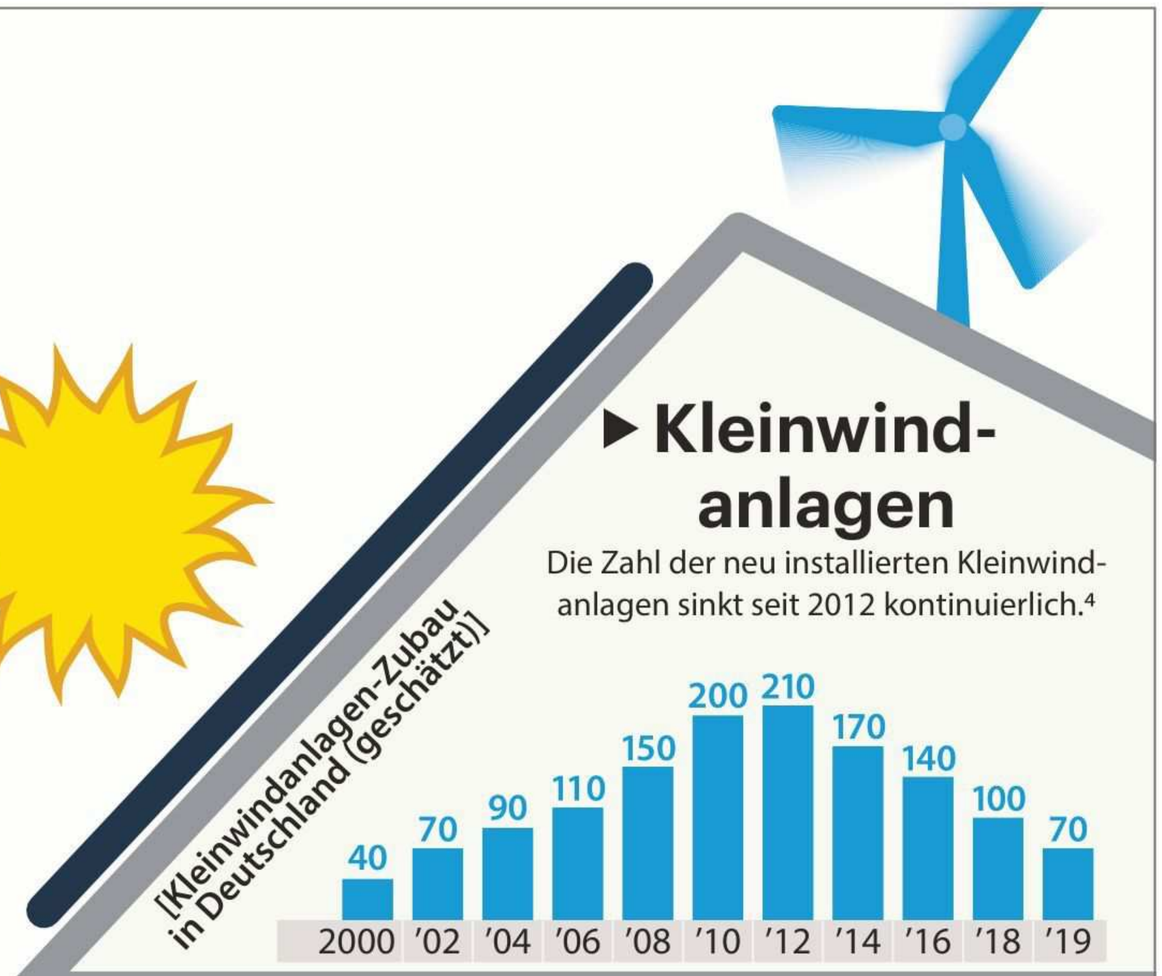
Viele neue Anlagen

Die Zahl der neu installierten PV-Kleinanlagen bis 15 kWp steigt von Jahr zu Jahr.[6]



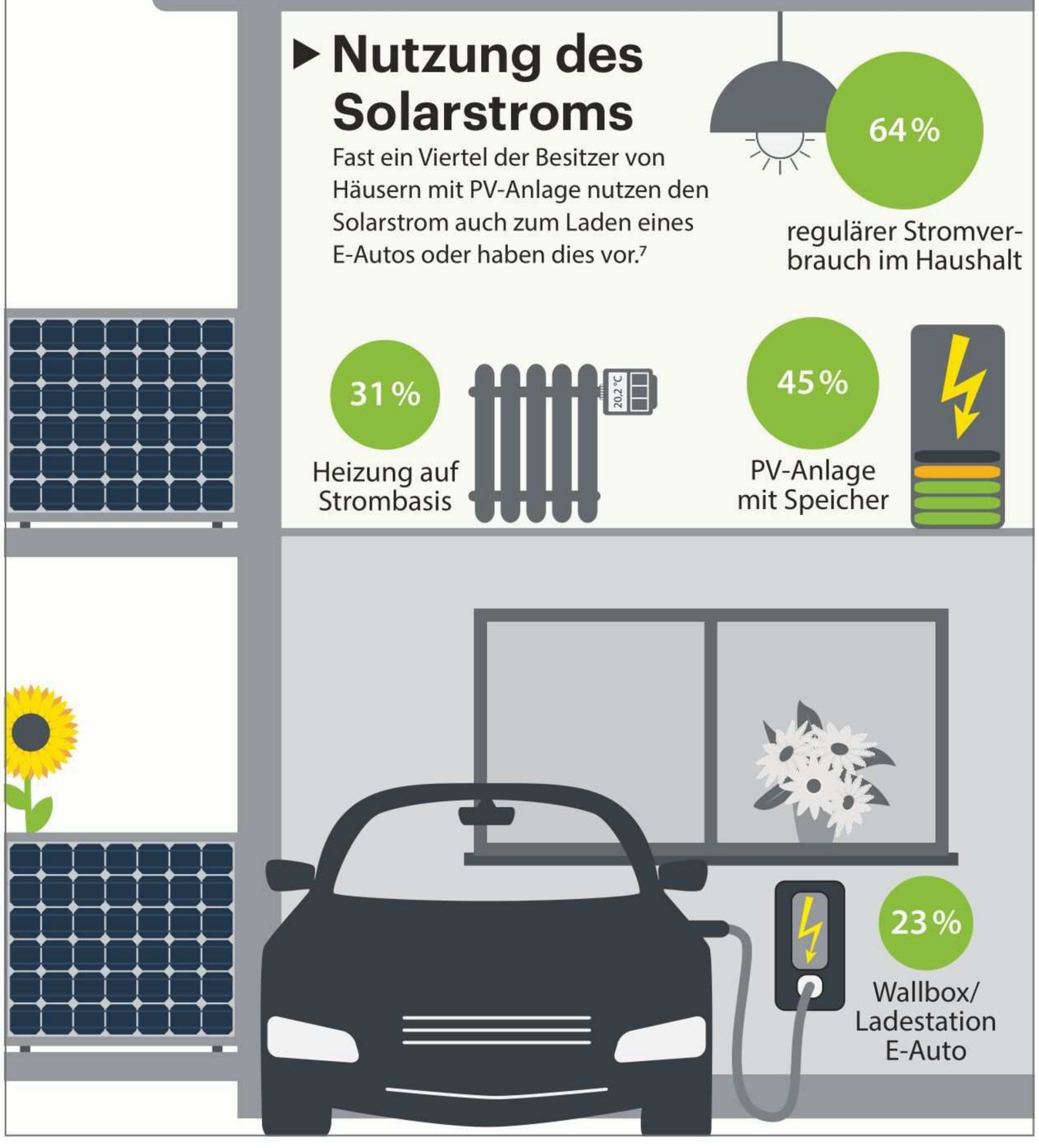
Kleinwind-anlagen

Die Zahl der neu installierten Kleinwindanlagen sinkt seit 2012 kontinuierlich.[4]



Nutzung des Solarstroms

Fast ein Viertel der Besitzer von Häusern mit PV-Anlage nutzen den Solarstrom auch zum Laden eines E-Autos oder haben dies vor.[7]



Wir schreiben Zukunft.



35 % Rabatt

2 Ausgaben MIT Technology Review
als Heft oder digital
inklusive Prämie nach Wahl

mit-tr.de/testen

mit-tr.de/testen leserservice@heise.de +49 541/80 009 120

Was tun gegen die steigenden Kosten?

Seit geraumer Zeit kennen die Preise für Strom, Gas und andere Energieträger nur eine Richtung: aufwärts. Als Verbraucher haben Sie aber durchaus Möglichkeiten, den ständig steigenden Kosten auszuweichen.

Von **Georg Schnurer**



Bild: Andreas Martini

Was tun gegen die steigenden Kosten?	20
Energiespartipps im digitalen Umfeld	22
Smarte Thermostate sparen beim Heizen	28
Geofences mit Node-Red & Traccar	42
Energieeffizienz von PC-Plattformen	46
Energie sparen mit Clock Tuner for Ryzen	52
Nutzloser Stromsparer	58

Erst teilt der Gasversorger mit, dass er gern doppelt so viel für das gelieferte Erdgas hätte, dann verlangt der Stromlieferant zehn Prozent mehr. Neben der CO_2-Bepreisung seien auch die gestiegenen Kosten am Energiemarkt schuld an den höheren Preisen.

Wenn Gas und Strom teurer werden, ist das eine gute Gelegenheit, nach Energiefressern zu suchen. Egal wie groß der Haushalt, Energiesparpotenzial ist immer da. Jede eingesparte Kilowattstunde schont nicht nur den Geldbeutel, sondern verringert auch den eigenen CO_2-Fußabdruck.

Doch wo fängt man an? Gute Tipps liefert unser Artikel mit Energiespartipps im digitalen Umfeld ab Seite 22. Er hilft, Stromschlucker zu entlarven und zeigt, wo sich durch bessere Konfiguration oder gezielten Neukauf Kosten sparen lassen. Daneben räumt er mit so manchem Energiesparmythos auf.

Ob ein smarter Stromzähler beim bewussteren Umgang mit Energie hilft und was diese neuen mitteilsamen Kästchen sonst noch alles drauf haben, verrät der Beitrag ab Seite 68.

Preiserhöhungen sind auch eine gute Gelegenheit, sich mal nach günstigeren Lieferanten umzusehen. Was es bei der Nutzung von Preisvergleichs- und Wechselportalen zu beachten gilt, beschreibt der Beitrag auf Seite 78.

Einen vermeintlichen Energiesparer, die sogenannte „Voltbox“, haben wir uns für den Beitrag ab Seite 58 näher angesehen. Das kleine Kästchen soll „bis zu 90 Prozent“ der Stromrechnung sparen. So ein Wunderding für 59 Euro kann doch eigentlich nur nutzloser Nepp sein, oder?

Strom und Heizenergie so sparsam wie möglich nutzen, den Versorger wechseln, das sind die Stellschrauben, an denen eigentlich jeder drehen kann. Schwieriger wird es bei den übrigen Energiekosten, denn auch Benzin und Diesel werden stetig teurer. Nicht alle, die täglich zur Arbeit pendeln, können aufs Fahrrad umsteigen. Ob der öffentliche Personennahverkehr eine sinnvolle und kostengünstige Alternative ist, hängt vor allem vom Arbeits- und Wohnort ab. Mitunter sind Fahrgemeinschaft die einzige Sparmöglichkeit. Oder Sie vereinbaren Homeoffice: Jeder feste Heimarbeitstag pro Woche spart Pendelkosten.

Der Wechsel vom Verbrenner zum E-Auto will ebenfalls gut durchdacht sein. Zum einen ist so ein E-Mobil trotz Förderung immer noch ein teurer Spaß. Zum anderen müssen auch die Rahmenbedingungen stimmen. Ideal wäre ein Ladepunkt vorm eigenen Haus, der über die auf dem Dach befindliche Photovoltaikanlage gespeist wird. Dieser Luxus bleibt zumeist den besser betuchten Eigenheimbesitzern vorbehalten.

(gs) c't

Energiekosten privater Haushalte

Die Zahlen des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) zeigen, wie stark die Energiekosten privater Haushalte in Deutschland gestiegen sind. Der durchschnittliche Gaspreis hat sich 2022 (Stand: Juni) im Vergleich zum Vorjahr fast verdoppelt, der Strompreis stieg um 16 Prozent.

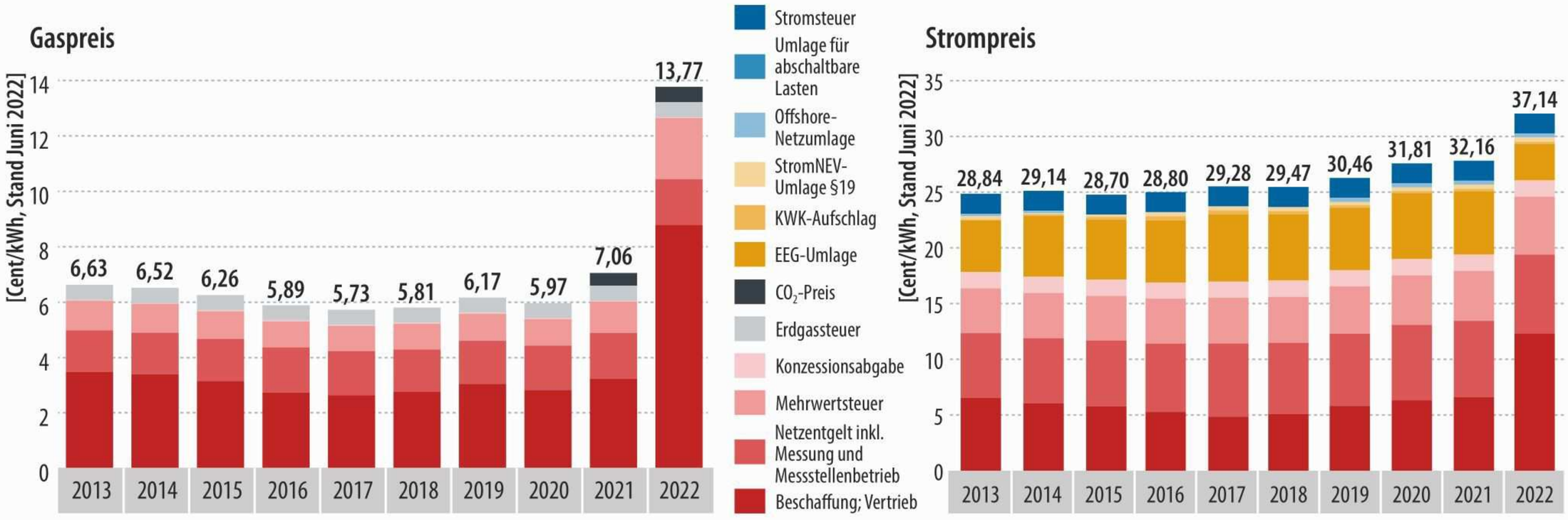




Bild: Andreas Martini

Energiespartipps im digitalen Umfeld

Ein paar Mausklicks hier und da, schon sinkt die Stromrechnung – leider nur um wenige Euro. Stärker wirken sich kleine Verhaltensänderungen, smarte Thermostate und flexible Stromtarife aus. Doch auch weil Energiesparen und Nachhaltigkeit meist Hand in Hand gehen, lohnen sich die folgenden Überlegungen.

Von **Jörg Wirtgen**

Die großen Brocken der privaten Energieausgaben lauten üblicherweise Fahrtkosten fürs Pendeln sowie Kosten für Heizung und Warmwasser, gefolgt vom Strom für Kochen, Kühlen und Waschen. Der IT-Gerätepark kommt ziemlich zum Schluss.

Selbst wenn man Unterhaltungselektronik dazu zählt, verursacht Digitaltechnik im Schnitt knappe 30 Prozent der Stromrechnung. Das Einsparpotenzial dürfte davon höchstens ein Viertel betragen – 10 bis 50 Euro pro Monat vielleicht. Doch jede gesparte Kilowattstunde nutzt. Die Kästen auf der folgenden Seite geben Tipps, wie Sie den Strombedarf von PC, Router und vielem mehr reduzieren.

Um die Heizkosten zu verringern, ohne an der Dämmung oder der Heizung selbst etwas ändern

Literatur

[1] Stefan Porteck, Nico Jurran, Helfende Hände, Fünf smarte Heizkörperthermostate zum Nachrüsten, c't 3/2019, S. 86

[2] Sven Hansen, Smarter laden und sparen, E-Autos laden mit go-eCharger und stundengenauem Tarif, c't 12/2020, S. 94

[3] Ernst Ahlers, Effizientes Netzwerk, Tipps fürs energieoptimierte (W)LAN, c't 13/2019, S. 78

[4] Nico Jurran, Ulrike Kuhlmann, Sparen im Wohnzimmer, Wie sich der Energieverbrauch von Unterhaltungselektronik mindern lässt, c't 13/2019, S. 82

[5] Christof Windeck, Christian Wölbert, Streamen ohne Schuldgefühle, c't 6/2020, S. 66

zu können, bieten sich smarte Thermostate an. Einen ersten Anhaltspunkt, ob sie sich lohnen, liefert Ihnen die Nebenkostenabrechnung: Bei einem Jahresverbrauch von unter 8 Euro pro Quadratmeter für Warmwasser und Heizung dürften Sie nur geringe Spareffekte erzielen. Doch ab 12 oder spätestens 15 Euro sollten Sie genauer nach den Ursachen forschen – und auch, falls Sie anhand der Nebenkostenabrechnung feststellen, dass Sie weit teurer heizen als der Schnitt des Wohngebäudes.

Durchschnittliche Verbrauchswerte aufgeschlüsselt nach Energieträger und Gebäudegröße stehen beispielsweise auf heizspiegel.de. Dort finden Sie auch weitere IT-unabhängige Tipps, wie Sie die Heizkosten senken. Stellt sich heraus, dass sie überdurchschnittlich teuer heizen, können smarte Thermostate Sie dabei unterstützen, einige dieser Tipps umzusetzen.

Ihr konkretes Sparpotenzial hängt stark vom individuellen Umfeld ab: Je nachlässiger Sie und Ihre Familienmitglieder daran denken, die Heizung nachts, bei geöffneten Fenstern, bei Abwesenheit oder in ungenutzten Räumen herunterzudrehen, desto mehr sparen sie. Die Spanne reicht von jährlich wenigen Euro im kleinen Passivhaus-Appartement bis zu einigen Hundert Euro im schlecht gedämmten Altbau.

Ein smartes Thermostat kostet zwischen 35 und 80 Euro, typischerweise kommen alle ein bis drei Jahre zwei AA-Batterien hinzu. Zudem benötigt man eine Steuerzentrale; sie kostet üblicherweise um 100 Euro und benötigt jährlich um 10 Euro Strom. Einige Zentralen benötigen darüber hinaus ein Abo beim Hersteller, etwa bei Tado sind für bestimmte Komfortfunktionen jährlich 25 Euro fällig.

Günstiger kommen Sie weg, wenn Sie schon eine Smart-Home-Zentrale betreiben. Beispielsweise funken Devolo-Thermostate per Z-Wave; die von AVM verbinden sich per DECT ULE mit vielen Fritzboxen. Die Zentralen von beispielsweise Devolo und eQ-3 wiederum lassen sich zu kompletten Smart-Home-Ökosystemen erweitern. Mehr dazu auf Seite 28 und im c't-Test [1].

Alternativ oder zusätzlich kann man an die Heizung selbst heran – jedenfalls im eigenen Haus, oder wenn man etwa eine Gastherme in der Wohnung hat; überraschend viele Thermen haben einen Steuerzugang. Dort lassen sich eine Absenkung in der Nacht oder während des Urlaubs mit geringerem Aufwand als an individuellen Thermostaten einstellen. Sie müssen sich aber damit beschäftigen, unter welchen Umständen bei Ihrem Heizungsmodell reduzierte Vorlauftemperaturen oder ein Abschalten sinnvoll oder kontraproduktiv sind.

Wer den ganzen smarten Aufwand scheut, mag über programmierbare Thermostate ohne Vernetzung nachdenken. Sie kosten weniger, man muss aber eine feste Nachtabsenkung einzeln eingeben.



Smarte Thermostate lassen sich an praktisch jeden Heizkörper montieren und dann zentral ansteuern. Je schlechter die Dämmung und je nachlässiger die Bewohner, desto mehr Heizkosten sparen sie.

Variabler Strompreis

Ein interessanter Ansatz zum Reduzieren der Stromkosten sind Tarife mit stundenaktuellen Kilowattstunden-Preisen, etwa von Awattar und Tibber. Die Anbieter geben die Preise der Strombörse EPEX an die Kunden weiter, die über den Tag um bis zu 20 ct/kWh variieren. Günstige Preise entstehen durch Strom-Überangebote beispielsweise, wenn Windräder und PV-Anlagen bei passendem Wetter viel liefern oder wenn im Winter viel Strom aus bullernden Fernheizkraftwerken übrig ist.

Die Idee hinter den Preisschwankungen ist, dass die Kunden den Betrieb ihrer Großverbraucher auf die billigen Stunden verschieben. Dazu zählen vor allem Elektroautos und Wärmepumpen, aber auch Waschmaschinen, Trockner und Geschirrspüler. Somit sind Ersparnisse von vielleicht im Schnitt 15 ct/kWh bei den verschobenen Verbrauchern realisierbar. Bei E-Fahrzeugen wären das 6 bis 12 Euro pro Ladung, mal mehr, mal weniger [2].

Trockner, Waschmaschine und Geschirrspüler sparen pro Lauf grob geschätzt einige wenige bis maximal vielleicht 50 Cent. Soll das automatisch statt

Typische Stromaufnahme gängiger Haushaltsgeräte

Gerätetyp	Zeiteinheit	kWh	Cent[1]
Haushalt			
Geschirrspüler	pro Lauf	0,75 bis 1,3	30 bis 52
Waschmaschine 40 °C	pro Lauf	0,5 bis 0,8	20 bis 32
Gefrierschrank	pro Tag	0,25 bis 1,0	10 bis 40
Kühlschrank	pro Tag	0,2 bis 1,0	8 bis 40
Wasserkocher	pro Liter 20 auf 100 °C	0,08	3,2
Backofen (Aufheizzeit)	pro Stunde	2,0 bis 3,0	80 bis 120
Mikrowelle	pro Minute	0,02	0,8
Mobiles Klimagerät	pro Stunde	0,8	32
Glühbirne (700 Lumen)	pro Stunde	0,06	2,4
LED-Lampe (700 Lumen)	pro Stunde	0,007	0,28
Staubsauger, Neugerät	pro Stunde	0,9	36
Staubsauger, Altgerät	pro Stunde	1,6	64
Radio, Wecker, …	pro Tag	0,01 bis 0,02	0,4 bis 0,8
Handrasenmäher	pro Stunde	1 bis 1,8	40 bis 72
PC			
PC im Leerlauf	pro Stunde	0,01 bis 0,05	0,4 bis 2
PC bei Volllast (Gaming, Grafikkarten-Berechnungen)	pro Stunde	0,05 bis 0,2	2 bis 8
Monitor	pro Stunde	0,01 bis 0,08	0,4 bis 3,2
Monitor im Standby	pro Tag	0,02	0,8
Router			
Router pro Tag	pro Tag	0,24	9,6
Repeater pro Tag	pro Tag	0,012 bis 0,12	0,48 bis 4,8
Smart Home			
Alexa (auf Amazon Echo Plus)	pro Tag	0,07	2,8
WLAN-Lautsprecher im Standby	pro Tag	0,05 bis 0,15	2 bis 6
4.1-System mit Sonos im Standby	pro Tag	0,4	16
4.1-System bei Musik/Film	pro Stunde	0,05 bis 0,1	2 bis 4
Smart-Light im Standby	pro Tag	0,012 bis 0,024	0,48 bis 0,8
Smart-Home-Zentrale im Standby	pro Tag	0,05 bis 0,11	2 bis 4,4
Unterhaltungselektronik			
Fernseher	pro Stunde	0,017 bis 0,25	0,68 bis 10
Fernseher im Standby	pro Tag	0,024 bis 0,1	0,96 bis 4
Settop-Box im Standby	pro Tag	0,002 bis 0,12	0,8 bis 4,8
AV-Receiver im Leerlauf	pro Stunde	0,05 bis 0,15	2 bis 6
AV-Receiver im Betrieb (zusätzlich)	pro Stunde	0 bis 0,15	0 bis 6
Smartphone und Tablet			
Ladegerät	pro Tag	0,005	0,2
Smartphone pro Ladung	pro Ladung	0,02	0,8

[1] 40 Cent/kWh

per jedes Mal manuell gestelltem Timer passieren, müssen Sie die Technik gegenrechnen, die den verschobenen Start ermöglicht: entweder Smart-Home-gesteuerte Schaltsteckdosen für diejenigen Geräte, die bei aktivierter Stromzufuhr anspringen können, oder neue Geräte mit Smart-Interfaces wie Miele SmartStart oder Bosch/Siemens Home Connect.

Bei Wärmepumpen ist die Ersparnis schwer einzuschätzen; zudem ist es nicht trivial, Heizung, Stromanschluss und Tarif unter einen Hut zu bekommen.



Strom messen

Wo genau in Ihrem elektrischen Gerätepark die Großverbraucher sitzen, messen Sie am besten selbst nach. Messgeräte in Form von Zwischensteckern kosten unter 20 Euro und messen im kostenrelevanten Rahmen genau genug, siehe Seite 62. Besitzen Sie schon eine Smart-Home-Zentrale, schauen Sie in die Zubehörliste: Beispielsweise ist der AVM FritzDECT 200 für 50 Euro gleichzeitig fernsteuerbare Steckdose und Stromzähler mit digital auslesbarer Statistik. Komfortabler messen Sie mit den auf Seite 68 vorgestellten Smart Metern.

Spitzenlasten von Geräten wie Staubsauger oder Bügeleisen sind zwar interessant, aber nur bei längerem Betrieb beispielsweise von Kaffeewarmhalteplatte, TV und Hifi-Anlage kostenrelevant. Deutlicher machen sich die Lasten von Kühlschrank und Router sowie Standby-Lasten von Ladegeräten oder WLAN-Lautsprechern bemerkbar. Manche unschöne Standby-Überraschung werden Ihnen vielleicht Stehlampen oder uralte Radiowecker bereiten.

Ein paar Richtwerte für moderne Geräte: Backofen und Herdplatten ziehen 0,5 bis 1,5 kW, Staubsauger, Klimageräte und Elektrorasenmäher um 1 kW. Pro Lauf brauchen Wäschetrockner 1 bis 2 kWh, Waschmaschinen 0,5 bis 1 kWh, Geschirrspüler 0,5 bis 1,5 kWh. Kühl- und Gefrierschränke genehmigen sich pro Tag 0,2 bis 1 kWh.

Viele alte Geräte schlucken das Doppelte oder noch mehr: Messen Sie nach und rechnen Sie, ob eine Neuanschaffung lohnt. Im Allgemeinen ist es allerdings günstiger und nachhaltiger, das alte Geraffel zu betreiben, bis es auseinanderfällt.

Ob Sie hierbei die Kilowattstunde mit dem konkreten Arbeitspreis Ihres Stromanbieters (schließlich bleibt die Grundgebühr gleich) oder mit hoffentlich dystopischen 50 ct berechnen, bleibt Ihnen überlassen. Ein 24 Stunden durchlaufendes Standby-Watt kostet pro Jahr grob das Zehnfache (genauer ×8,765, oder ×8, wenn Sie das Gerät im Urlaub ausschalten).



Leuchten und Smart Home

Ein Smart Home kostet erst mal, statt zu sparen. 100 Euro jährliche Stromkosten sind da schnell beisammen: Die vernetzten Sprachassistenten von Amazon, Apple oder Google benötigen rund 1 bis 5 Watt im Standby. Vernetzte Lampen ziehen permanent etwa 0,2 Watt. Typische Zentralen benötigen 2 bis 6 Watt, sofern sie nicht in den Internetrouter integriert sind, wie bei AVM/Fritzbox und Telekom möglich.

Als Sparfunktion galt anfangs, dass das Smart Home hinter einem das Licht ausschaltet, wenn man den Raum verlässt. Doch das war nur in Zeiten von 300-Watt-Deckenflutern oder birnenreichen Kronleuchtern wichtig, dort amortisieren sich Funksteckdosen oder Funkschalter für den Einbau in die Schalterdose schnell.

Inzwischen lautet die dringende Empfehlung, auf LED-Licht umzusteigen und auch funktionierende Glühbirnen und Halogenlampen auszutauschen – das spart über 80 Prozent ihrer Stromkosten. Seinen Vorrat an ehemals Sparbirnen genannten Leuchtmitteln kann man hingegen noch aufbrauchen. Bei LED-beleuchteten Räumen lohnt sich das automatische Abschalten dann kaum noch [3].

Zudem sollten Sie sich nicht darauf verlassen, dass das Smart Home zuverlässig leere Räume erkennt, um Heizung und Licht auszuschalten. Entweder müssten alle Bewohner ständig Smartphone, Smartwatch oder ein Bluetooth-Beacon bei sich tragen, oder Sie müssten weitere Sensoren wie Bewegungsmelder anschaffen. Komfort und Sparen sehen anders aus.

Den Stromhunger des einen oder anderen Großverbrauchers mag man durch vernetzte Schaltsteckdosen verringern – aber die Steckdosen brauchen selbst auch wieder Strom. Die klassische Mehrfachsteckdose mit Schalter ist die billigere und manchmal sogar intuitivere Lösung.

Der Pferdefuß der variablen Stromtarife: Sie erfordern ein Smart Meter, das den Stromverbrauch stundengenau an den Anbieter meldet und monatlich zwischen 5 und 12,50 Euro Messstellengebühr kostet. Siehe dazu auch ab Seite 68.

Fazit

Mit steigender Verbreitung von Smart Metern dürften solche Stromtarife an Attraktivität gewinnen, und dann dürften auch andere Anwendungen entstehen,



Router, WLAN, NAS

Internetrouter, WLAN-Repeater, Switches, Powerline-Adapter – alle diese Gerätchen ziehen typischerweise zwischen 5 und 20 Watt, kosten also jeweils einige Dutzend Euro Strom pro Jahr. Es lohnt sich, auszumisten und zu optimieren. Kleine Ausgaben für LAN-Kabel zum Erreichen eines günstigeren Aufstellorts oder für eine RJ45-Kupplung anstatt eines Switches für nur ein Gerät rentieren sich schnell.

An der Routerkonfiguration selbst können Sie wenig optimieren. Das Abschalten des DECT-Moduls in einer Fritzbox sparte in unserem Test nur 0,2 Watt. Die WLAN-Sendeleistung zu reduzieren und die LAN-Ports von Giga- auf Fast Ethernet zurückzuschalten erwies sich sogar als kontraproduktiv, weil Datenübertragungen länger dauern und die übertragenden Geräte dadurch mehr Strom ziehen. Das Zurückschalten bringt zudem nur ein bis zwei Euro im Jahr [4].

Den Router nachts ganz abzuschalten spart ein paar Euro im Jahr, zieht aber möglicherweise unangenehme Konsequenzen nach sich: Smart-Home-Automatiken könnten versagen, einige Geräte könnten bei stundenlang erfolglosen Internet-Verbindungsversuchen mehr Strom ziehen, Handys verbraten Mobilfunk-Traffic – da gibt es stressfreiere Sparmethoden.

Kleine Netzwerkspeicher (NAS) geben sich bei ausgeschalteten Platten mit 5 bis 10 Watt zufrieden. Wenn Sie per Strommessgerät feststellen, dass Ihr Exemplar stromhungriger ist, schauen Sie in seiner Konfiguration, ob sich die Platten wirklich ausschalten und ob Sie eine Option zum zeitgesteuerten Herunter- und Hochfahren des NAS finden. Ein paar Watt sparen Sie, indem Sie alte Platten gegen SSDs tauschen, aber das lohnt nur, wenn Sie auch spürbar vom Zuwachs an Geschwindigkeit oder Speicherplatz profitieren.



PC und Notebook

Moderne PCs benötigen eingeschaltet im Leerlauf unter 20 Watt, viele Mini-PCs und Notebooks unter 10 Watt. Da kann man sie auch in Arbeitspausen durchlaufen lassen und als Zeitspanne fürs automatische Herunterfahren 60 Minuten oder länger wählen.

Mehr ziehen die Monitore: Moderne mit LED-Hintergrundbeleuchtung kommen bis 27 Zoll mit unter 20 Watt aus, größere benötigen um 30 Watt oder mehr, wenn sie sehr hell eingestellt sind. Ältere Flachschirme mit Kaltkathodenlampen genehmigten sich um 50 Watt, die hoffentlich langsam verschwundenen Röhrenmonitore auch mal über 100 Watt. Den Monitor nach 15 bis 30 Minuten Nichtstun auszuschalten, spart also bei älteren Modellen in langen Arbeitspausen ein paar Cent pro Stunde, sie brauchen nach dem Einschalten allerdings einige Sekunden, bis sie ihre volle Helligkeit erreichen. Bei LED-Hintergrundbeleuchtungen spart man zwar weniger Geld, sie sind aber sofort hell.

Komplett herunterfahren braucht man PC und Notebook zumindest aus Stromspargründen nicht, da sie im Ruhezustand so gut wie nichts verbrauchen. Messen Sie aber zur Sicherheit nach und überprüfen Sie bei zu hohem Standby-Verbrauch die BIOS-Einstellungen.

Unangenehme Überraschungen drohen eher bei der Peripherie: Manche Dockingstationen, Drucker, alte Festplattengehäuse oder liebgewonnene Aktivlautsprecher benötigen mehr Strom als der moderne PC. Hier lohnt, unbenutzte Geräte per Schaltsteckdose vom Netz zu trennen. Falls Sie auch den PC über die Schaltsteckdose betreiben, sollten Sie ihn aber doch herunterfahren. Den Tintendrucker sollten Sie am Strom lassen oder am Gerät ausschalten, damit er seine Druckköpfe austrocknungssicher parken kann.

vielleicht ein Kühlschrank, der sich während der teuersten Stunden abschaltet. Aktuell sind Stromtarife direkt von der Börse aber nur bedingt empfehlenswert, auch weil man gegenüber Altverträgen mit garantierten Arbeitspreisen um 30 ct/kWh draufzahlt. Auch deswegen hat Awattar gerade einen Aufnahmestopp für Neukunden verhängt.

Die Tipps in den Kästen in diesem Artikel entlasten Ihren Geldbeutel und die Umwelt hingegen sofort. Zudem können Sie anhand der Überlegungen bes-



Unterhaltungselektronik

Wie hoch der Standby-Verbrauch Ihrer Unterhaltungselektronik ist, hängt stark von Alter und Konfiguration der Geräte ab – messen Sie nach! Moderne Modelle dürfen laut EU-Richtlinie zwar maximal 1 Watt ziehen, doch einige schaffen das nur mit einem speziellen Standby-Modus, aus dem sie ausschließlich per Einschaltknopf auf der Fernbedienung aufwachen und dann langwierig hochfahren. Der praktikablere Schnellstartmodus benötigt bei den meisten Geräten um 5 Watt, bei einigen wenigen allerdings auch praktisch genauso viel wie der normale Betrieb. Dann ist die längere Wartezeit das kleinere Übel.

Die meisten WLAN-Lautsprecher ziehen um 5 Watt, wenn sie auf Musik per Spotify Connect, AirPlay, Chromecast und Ähnlichem horchen. Es lohnt sich, sie bei mehrtägigen Musikpausen auszuschalten.

Bei einigen AV-Receivern droht eine Falle: Liegt kein Eingangssignal an, gehen sie nicht in den Standby, sondern verbrauchen wie im Betrieb 50 bis 150 Watt. Suchen Sie also nach dem „Auto Standby“ in der Konfiguration. Sinnvoll mag es auch sein, die gesamte AV-Anlage per Schaltsteckdose nur für Sendungen mit ordentlichem Audiospektakel einzuschalten.

Bei modernen Fernsehern hingegen ist von der Schaltsteckdose abzuraten: Nach dem Ausschalten führen insbesondere OLEDs sogenannte Kompensationszyklen durch, um eingebrannte Stellen zu vermeiden. Viele andere Modelle suchen dann nach EPG- und Firmware-Updates [4].

Im Betrieb kommen für Fernseher und AV-Anlage einige Hundert Watt zusammen, aber für diesen Spaß hat man sie sich ja gekauft. Einige AV-Anlagen kennen einen Eco-Modus, indem sie für normale Zimmerlautstärke genug Dampf haben. Auch die Stromsparfunktionen der Fernseher kann man ausprobieren oder manuell die Helligkeit reduzieren.



Streaming und Mobilgeräte

Wenn Sie Filme oder Serien streamen, hängt Ihr privater Stromverbrauch hauptsächlich vom Endgerät ab: Smartphones benötigen 1 bis 3 Watt, Tablets 3 bis 5 Watt und Notebooks 6 bis 20 Watt. Fernseher benötigen je nach Größe und Modell 30 bis über 200 Watt zuzüglich 20 bis 200 Watt für etwaige AV-Anlagen, Soundbars, Zuspielboxen oder DVD-Player. Die Stromaufnahme des Routers spielt hierbei kaum eine Rolle, auch weil Sie ihn ja nicht ausschalten würden, wenn Sie stattdessen ein Buch lesen; ob er nichts tut, SD, HD oder 4K streamt, macht keinen relevanten Unterschied [5].

Am meisten sparen Sie also, wenn Sie möglichst oft auf möglichst kleinen Geräten gucken, und: Beim Neukauf eines Fernsehers tragen Sie den alten lieber nicht in Schlaf- oder Kinderzimmer, sondern verkaufen ihn und bringen die Familie dazu, abseits des Wohnzimmers auf Tablets oder Smartphones zu gucken – falls vorhanden.

Auch beim Arbeiten am Tablet oder Smartphone, statt den PC hochzufahren, spart man ein paar Cent pro Stunde. Falls Sie sich dafür eine Tastatur wünschen, gibt es zwar portable Bluetooth-Tastaturen und für einige Tablets schicke Tastaturhüllen. Doch rein mit Blick auf die gesparten Stromkosten lohnt sich die Anschaffung kaum, sondern Sie sollten das mobile Arbeiten schon als Bereicherung empfinden.

Smartphones und Tablets verbrauchen pro Jahr bei typischer Nutzung keine 10 Euro Strom, viel genutzte 12-Zöller kommen vielleicht auf 15 Euro. Daher lohnt sich die Mühe kaum, sie jede Nacht komplett herunterzufahren.

Die Ladegeräte können Sie inzwischen eingestöpselt lassen, da sie seit 2010 maximal 0,3 Watt im Leerlauf ziehen dürfen – steinalte Ladegeräte sollten Sie allerdings diesbezüglich einmal durchmessen. Ein bisschen ineffizienter lädt man drahtlos.

ser abschätzen, wann Sie alte Geräte ersetzen, was Verhaltensänderungen bringen oder wie geschickte Smart-Home-Anwendungen helfen können. Doch um die dicken Brocken grundlegend zu reduzieren, nämlich Ihre Pendelstrecke und Ihre Heizkosten, müssen Sie umziehen, den Job wechseln, Ihr Haus sanieren oder zumindest mehr im Homeoffice arbeiten – Lebensentscheidungen, bei denen die heimische IT und dieser Artikel nicht helfen können.

(jow) c't



Bild: Berti Kolbow-Lehradt

Smarte Thermostate sparen beim Heizen

Kosten sparen mit smarten Heizkörperthermostaten: Wir vergleichen 13 Modelle, die automatisch die passende Temperatur je nach Tageszeit einstellen.

Von **Patrick Bellmer, Berti Kolbow-Lehradt und Dirk Weyel**

Das kalte Badezimmer am Morgen ist ebenso unangenehm wie der aufgedrehte Heizkörper bei offenem Fenster. Mit smarten Heizkörperthermostaten können Sie beides verhindern – und zusätzlich im Idealfall auch noch Geld sparen. Denn mit Sensoren und einmalig zu erstellenden Regeln steuern sich die Thermostate von selbst. Spontane Eingriffe – ob direkt am Gerät, per Sprache oder App – sind dennoch möglich.

Bei 13 smarten Thermostaten wollten wir wissen, welche Funktionen sie bieten, wie groß der Komfortgewinn ausfällt und wie schnell sie sich amortisieren. Für unseren Mix haben wir Budget- und Premium-Modelle ausgewählt. Mit dabei sind Eve Thermo, Bosch, Meross, Homematic IP, AVM, Eurotronic, Gigaset, Netatmo, Revolt, Tado, Telekom und Wiser.

Einfache Montage

Die Montage am Heizkörper ist überall relativ einfach: Das alte Thermostat los-, das neue festdrehen. Mitunter brauchen Sie eine Rohrzange, meist reicht aber händischer Einsatz. Fast alle Geräte passen direkt zum Ventil. Ist dies nicht der Fall, helfen die

oftmals zum Lieferumfang gehörenden Adapter weiter. Bei Netatmo müssen Sie einen solchen zwingend einsetzen.

Die Regeltechnik dann ins WLAN einzubinden, ist unterschiedlich aufwendig. Etwas länger dauert es grundsätzlich, wenn Sie für den Betrieb des Thermostats eine Hardware-Schaltzentrale vom Hersteller benötigen. Verzichten können Sie darauf bei AVM sowie Eurotronic, sofern eine Fritzbox mit DECT-Einheit vorliegt. Können Sie auf den Fernzugriff verzichten, kommt auch Eve ohne Zentrale aus. Andernfalls ist ein HomeKit-Hub erforderlich – in Form eines Apple TV der vierten Generation oder eines HomePod Mini.

Alle anderen getesteten Modelle benötigen eine Zentrale. Das gilt sogar für das HomeKit-kompatible Meross-Thermostat; schließlich ermöglicht erst die „Smart Hub“ genannte Zentrale die Verbindung mit dem WLAN und somit die Kommunikation mit dem Smartphone oder einem anderen Gerät, dass Sie für die Bedienung einsetzen wollen.

Für die Schaltzentralen von Bosch, Gigaset und Revolt brauchen Sie einen freien LAN-Steckplatz am WLAN-Router. Die kabellosen Zentralen von Netatmo, Telekom Magenta und Wiser sind mit einem beliebigen Steckdosenplatz zufrieden, sodass Sie nicht zwingend für Stellplatz neben dem Router sorgen müssen. Bei Homematic IP kommt es darauf an: Verwenden Sie die Zentrale CCU3, erfolgt die Verbindung zum Router per LAN-Kabel – die Zentrale „Access Point“ gibt es hingegen in einer LAN- und einer WLAN-Ausführung.

Bedienung, Funktionen, Amortisierung

Wie einfach Sie den Heizbetrieb planen und Betriebseinstellungen ändern können, variiert stark. Bei den meisten Modellen legen Sie einen Wochenplan mit einer Smartphone-App fest. Besonders angenehm gelingt das bei Tado und Homematic IP. Viel Mühe verlangen Ihnen dagegen die umständlichen Editoren von Gigaset, Meross und Revolts Elesion-App ab. Auf jeden Fall bequemer als am kleinen Smartphone- oder Tablet-Display erstellen Sie Heizpläne, wenn Sie bei AVM, Eurotronic, Netatmo und Tado zu Maus und Desktop-Browser oder Computer-App greifen.

Die aktuelle Temperatur können Sie mit Sprachbefehlen ändern. Nahezu alle sprechen mit Alexa, dem Google Assistant und Siri – AVM allerdings nur durch Drittanbieter-Software. Einzig die Thermostate



Bild: Berti Kolbow-Lehradt

Zum Starter-Kit des Fibaro Heat Controllers gehört ein externer Temperatursensor, der im Idealfall eine präzisere Messung als der interne Fühler ermöglicht.

von Gigaset und Eve arbeiten nicht mit Google zusammen. Letzteres verweigert auch die Zusammenarbeit mit Alexa.

Abgesehen von Gigaset und Revolt lassen sich die Thermostate auch via Geofencing automatisch starten und stoppen. Dann fährt die Heizung von allein hoch oder runter, wenn sich Ihr Smartphone dem Haus nähert oder davon entfernt. AVM und Eurotronic benötigen dafür eine kostenpflichtige iPhone-App. Mit Eve und Meross ist das über HomeKit möglich, mit Wiser über IFTTT, mit Homematic IP über Conrad Connect. Tado verlangt dafür ein kostenpflichtiges Abo, das jedoch auch die Geofencing-Funktion beinhaltet. Programmieraffine Smart-Home-Besitzer können sich mit der Anleitung ab Seite 42 auch ihr eigenes Geofencing einrichten.

Bei fast allen Modellen lesen Sie die eingestellte Temperatur auf einem Display ab. Bei AVM, Eve und dem Homematic IP Heizkörperthermostat Evo können Sie die Anzeige drehen, um sie besser zu lesen. Nur Wiser bietet kein Display.

Ist es in der Raummitte kälter als beim Heizkörper, ist eine Offset-Anpassung ratsam, mit der Sie die Zieltemperatur der Thermostate gemäß der Differenz erhöhen. Manuell in der App stellen Sie das bei AVM, Bosch, Eurotronic, Eve, Homematic IP, Meross, Netatmo und Tado ein. Durch das Zusammenspiel mit externen Raumklimasensoren lässt sich das bei AVM und Gigaset automatisieren. Mit dem Eurotronic-Modell geht das nicht. Keine Offset-Funktion bieten Revolt, Telekom Magenta und Wiser.

Offene Fenster erkennen

Alle Vergleichsmodelle erkennen den mit einem offenen Fenster verbundenen typischen Temperatursturz. Dann schließen sie das Ventil automatisch und öffnen es erst wieder, wenn sie das Fenster als geschlossen erkennen. Bei den Modellen von Bosch und Gigaset müssen Sie dafür zwingend einen Kontaktsensor dazu kaufen, weil keine entsprechende Technik in den Reglergehäusen respektive deren Software enthalten ist. Ein externer Sensor ist allerdings immer effektiver, weil er auch gekippte Fenster erkennt und ohne Vorlauf reagiert.

Bild: Berti Kolbow-Lehradt



Das Thermostat von Tado kann viel, ist aber ein Negativbeispiel für den Offline-Betrieb. Ohne Internet lässt es sich nur noch am Gehäuse regeln.

Heizkörperthermostate im Vergleich

Marke	Eurotronic	AVM	Homematic IP	Homematic IP	Gigaset	Meross
Modell	Comet DECT	FritzDECT 302	Heizkörperthermostat HmIP-eTRV-2	Heizkörperthermostat Evo (HmIP-eTRV-E)	Thermostat	Smart Thermostat MTS150
Maße	55 mm x 65 mm x 85 mm	51 mm x 51 mm x 93 mm	122 mm x 112 mm x 97 mm	97 mm x 71 mm x 58 mm	56 mm x 68 mm x 89 mm	50 mm x 50 mm x 82 mm
Batterienanzahl	2 AA	3 AA	3 AA	2 AA	2 AA	2 AA
Display vorhanden	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bridge nötig	Fritzbox mit DECT	Fritzbox mit DECT	Access Point / CCU3	Access Point / CCU3	Gigaset Base	Smart Hub
Funkstandard	DECT-ULE	DECT-ULE	886 MHz (proprietär)	886 MHz (proprietär)	DECT-ULE	433 MHz (proprietär)
Alternative zu App- und Gerätebedienung	✓ (Fritzbox-Weboberfläche)	✓ (Web)	✓ (Web, setzt CCU3 voraus)	✓ (Web, setzt CCU3 voraus)	–	–
Geofencing-Automatik	–	✓ (kostenpflichtige Drittanbieter-App)	✓ (Conrad Connect)	✓ (Conrad Connect)	–	✓ (HomeKit)
Fenster-Offen-Erkennung	✓ (manuell in App und am Thermostat)	✓ (manuell in App und am Thermostat)	✓	✓	✓ (mit optionalem Zusatzsensor)	✓
Offset-Anpassung	✓ (manuell)	✓ (manuell oder per optionalen Zusatzsensor)	✓ (manuell)	✓ (manuell)	✓ (nur mit optionalem Zusatzsensor)	✓ (manuell)
Boost-Modus	✓ (App)	✓ (App und Taste)	✓ (App und Taste)	✓ (App und Taste)	✓ (App und Taste)	–
Andere Sensoren	–	–	–	–	–	–
Alexa	✓ (Drittanbieter-Skill)	✓ (Drittanbieter-Skill)	✓	✓	✓	✓
Google Assistant / Home	✓ (Drittanbieter-Skill)	✓ (Drittanbieter-Skill)	✓	✓	–	✓
Siri (HomeKit)	–	–	–	–	–	✓
Preis	45 €	70 €	50 €	80€	50 €	45 €
Kosten Cloud-Service	inkludiert	inkludiert	inkludiert	inkludiert	inkludiert	inkludiert
Amortisierung 70-qm-Wohnung (5 Thermostate)[1]	1,3 bis 3,8 Jahre	2,1 bis 5,9 Jahre	1,5 bis 4,2 Jahre	2,3 bis 6,8 Jahre	1,5 bis 4,2 Jahre	1,3 bis 3,8 Jahre
Amortisierung 110-qm-Einfamilienhaus (12 Thermostate)[1]	1,8 bis 5,2 Jahre	2,8 bis 8,1 Jahre	2,0 bis 5,8 Jahre	3,2 bis 9,2 Jahre	2,0 bis 5,8 Jahre	1,8 bis 5,2 Jahre

✓ vorhanden – nicht vorhanden

[1] Berechnung basiert auf der angenommenen jährlichen Heizkostenersparnis von 9 Prozent bis 26 Prozent gemäß co2online.de, was laut Heizspiegel für 2021 bei einer 70-qm-Wohnung 59 Euro bzw. 170 Euro und bei einem 110-qm-Einfamilienhaus 104 Euro bzw. 299 Euro entspricht. Extras wie externe Sensoren, Batteriewechsel und kostenpflichtige Cloud-Abo sind nicht berücksichtigt. Grundlage ist der günstigste, unverbindlich empfohlene Herstellerpreis, sofern ein Mehrfachpack verfügbar ist, oder der übliche Straßenpreis.

Die Thermostate mit Sensoren und weiteren Smart-Home-Komponenten zu vernetzen, ist bei fast allen Modellen möglich. Dies erleichtert Ihnen die Wohlfühltemperatur etwa mit der passenden Lichtstimmung oder Musikuntermalung zu kombinieren. Neben dem eigenen Zubehörsortiment kommen mitunter auch Geräte anderer Hersteller infrage. Homematic IP, Netatmo und Tado unterstützen zu diesem Zweck Conrad Connect. Mit IFTTT harmonieren Netatmo, Tado und Wiser. Zu Apples HomeKit-Plattform sind die Modelle von Eve, Meross, Netatmo und Tado kompatibel. Telekom Magenta schafft sein eigenes Ökosystem und bindet Geräte mit ZigBee, von Homematic IP und diversen Marken mit Cloud-Schnittstellen ein.

Ist das Smart Home offline, soll ihr Heim nicht auskühlen. Fast alle Vergleichsmodelle sind für diesen Fall gewappnet. Manche sind weiterhin im Heimnetz manuell bedienbar, können neue Automationen lernen und ausführen. Das trifft etwa auf AVM, Eurotronic, Eve und Meross zu. Bei Homematic IP gilt das nur dann, wenn Sie die Schaltzentrale CCU3 verwenden. Verwenden Sie den Access Point, bleiben aber noch die Schaltpläne aktiv. Auch bei fast allen anderen Herstellern schalten die Thermostate weiterhin automatisch von Heizphase zu Heizphase,

	Eve	Bosch	Tado	Eberle	Netatmo	Telekom Magenta	Revolt
	Eve Thermo (4. Generation)	Smartes Heizkörper-Thermostat	Smartes Thermostat V3+	Wiser Heizkörperthermostat	Smartes Heizkörperthermostat	SmartHome Heizkörperthermostat	Smartes Heizkörperthermostat
	85 mm x 67 mm x 54 mm	48 mm x 57 mm x 103 mm	78 mm x 52 mm x 52 mm	93 mm x 51 mm x 51 mm	80 mm x 58 mm x 58 mm	69 mm x 52 mm x 83 mm	55 mm x 55 mm x 73 mm
	2 AA	2 AA	2 AA	2 AA	2AA	2 AA	2 AA
	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓
	Apple HomePod / Apple TV / iPad (nur für Automation und Fernsteuerung)	Smart Home Controller	Internet Bridge	Heat Hub	Relais	Home Base 2 / Speedport Smart	7Links RC-290.zigbee
	Bluetooth Low Energy, Thread	868 MHz (proprietär)	868 MHz (proprietär)	2,4 GHz (proprietär)	868 MHz (proprietär)	DECT-ULE, ZigBee, Homematic IP	ZigBee
	✓ (eingeschränkt über macOS-App Apple Home)	–	✓ (Web)	–	✓ (Web)	–	–
	✓ (HomeKit)	✓	✓ (kostenpflichtig)	✓ (IFTTT)	✓ (HomeKit)	✓	–
	✓ (integriert oder mit optionalem Zusatzsensor)	✓ (mit optionalem Zusatzsensor)	✓ (kostenpflichtig)	✓	✓	✓ (integriert oder mit optionalem Zusatzsensor)	✓
	✓ (manuell)	✓	✓ (manuell)	–	✓ (manuell)	–	–
	–	✓ (App)	✓ (App)	✓ (App)	✓ (App)	–	–
	–	–	Raumluftfeuchtigkeit	–	–	–	–
	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	–	✓	–	–
	80 €	65 €	85 €	68 €	75 €	50 €	47 €
	inkludiert	inkludiert	optional: 3 Euro Monat für Auto-Assist (Geofencing, Fenster-Offen-Erkennung)	inkludiert	inkludiert	inkludiert	inkludiert
	2,3 bis 6,8 Jahre	1,9 bis 5,5 Jahre	2,5 bis 7,2 Jahre	2,0 bis 5,7 Jahre	2,2 bis 6,3 Jahre	1,5 bis 4,2 Jahre	1,4 bis 3,9 Jahre
	3,2 bis 9,2 Jahre	2,6 bis 7,5 Jahre	3,4 bis 9,8 Jahre	2,7 bis 7,8 Jahre	3,0 bis 8,7 Jahre	2,0 bis 5,8 Jahre	1,9 bis 5,4 Jahre

weil die Regeln dafür im lokalen Speicher des Geräts abgelegt sind. Bei Meross können jedoch bis zu drei Minuten vergehen, bis per App vorgenommene Eingaben an das Thermostat weitergeleitet werden. Nur bei Tado geht gar nichts mehr, außer das Thermostat manuell am mechanischen Ring einzustellen. Die Fernsteuerung von unterwegs und Sprachbefehle sind allerdings immer an das Internet gebunden.

Wann sich die Anschaffung rechnet

Zwischen rund 45 Euro und 85 Euro kosten die smarten Thermostate aus unserem Vergleich. Hinzu kommen je nach Modell der Preis für eine Schaltzentrale und externe Hilfssensoren. Tado bietet optional noch ein Cloud-Abo mit zusätzlichen Funktionen an, die Telekom hat ihr einst kostenpflichtiges Abo für alle Nutzer gratis gemacht.

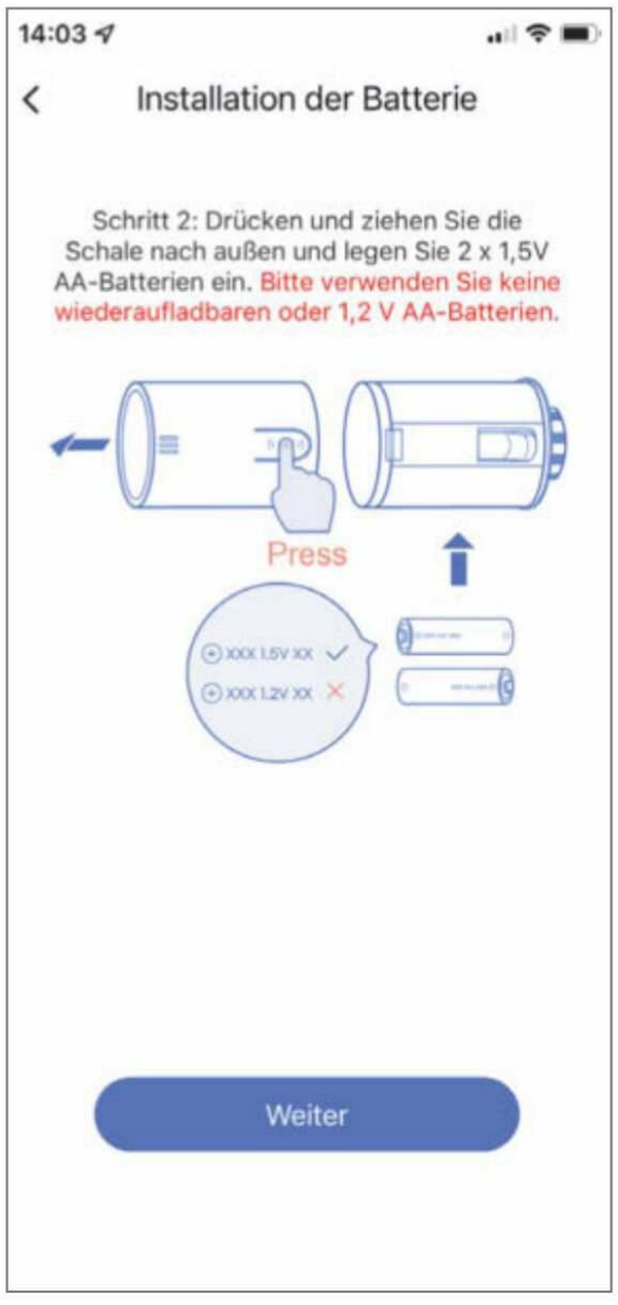
Außerdem wird bei allen Geräten spätestens nach zwei Jahren ein Tausch der benötigten AA-Batterien nötig. Je nach Software-Güte und Schalthäufigkeit auch früher – bei Tado mussten wir im Langzeiteinsatz mitunter auch schon nach neun Monaten die Energiespeicher wechseln. Akkus sind in der Regel keine Alternative, weil die geringere Spannung die Restladestandschätzung verwirrt. Entsprechend raten fast alle Hersteller davon ab – mit Ausnahme von Tado. Das Thermostat „V3+“ der Hardware-Revision „DVA02…“ unterstützt Akkus des Typs Panasonic Eneloop AA 1900 mAh NiMH. Unabhängig davon, ob Sie Akkus oder Batterien verwenden: Diese Investition müssen Sie berücksichtigen, wenn Sie sich von den smarten Heizkörperreglern eine Kostenersparnis durch verminderten Energieverbrauch erhoffen.

Wie viel Energie sich in jedem Einzelfall mit der Technik sparen lässt, hängt von vielen weiteren Faktoren ab. Dämmung und Sonnenlage etwa, oder wie diszipliniert Bewohner die Heizung selbst abdrehen. Wer sowieso aus eigener Initiative immer daran denkt, den Regler zu- und aufzudrehen, holt mit der smarten Unterstützung nicht viel weitere Ersparnis raus.

Realistisch sind laut dem Beratungsportal co2online.de zwischen 9 und 26 Prozent Ersparnis bei den Heizkosten pro Jahr im Vergleich zu nicht-smarten Lösungen. Gemäß dem Heizspiegel für das Abrechnungsjahr 2021 entspricht das einem Geldwert von 59 Euro bis 170 Euro bei einer 70-Quadratmeter-Wohnung und 104 Euro bis 299 Euro bei einem 110-Quadratmeter Einfamilienhaus. Nimmt man dann eine Vollausstattung von fünf smarten Thermostaten in einer Wohnung und zwölf smarten Thermostaten in einem Einfamilienhaus an, kann es zwischen einem Jahr und über neun Jahre dauern, bis sich der Kauf amortisiert. Die Kosten für Akkus und Batterien sowie der Strombedarf einer Steuerzentrale sind dabei aber noch nicht berücksichtigt.

Fazit

Die Auswahl an smarten Heizkörperthermostaten ist inzwischen groß. Verwenden Sie bereits ein Hersteller-System, entfällt die Qual der Wahl, weil meist nur ein Modell infrage kommt. Homematic IP und Telekom Magenta sind zu empfehlen, wenn Sie um die Thermostate herum ein größeres Geräteensemble aufbauen wollen. Als eigenständige Lösung sind



Meross und nahezu alle anderen Hersteller im Vergleich raten vom Einsatz wiederaufladbarer Akkus ab. Lediglich Tado unterstützt diese offiziell.

die Modelle von Tado und Netatmo schicke, intuiive und funktionsstarke Lösungen. Mit Tados Zusatzkosten und Abhängigkeit von der Cloud müssen Sie aber leben wie mit Netatmos mechanischer Empfindlichkeit.

HomeKit-Nutzer finden mit dem Meross Smart Thermostat Valve eine perfekt in Apples Ökosystem integrierte und überzeugende Heizsteuerung. Gleiches gilt für Eves Heizkörperthermostat Eve Thermo, das mit seiner Thread-Unterstützung ein Alleinstellungsmerkmal im Vergleich bietet. Geht es Ihnen um jeden Euro, kommt für Fritzbox-Nutzer das Eurotronic Comet DECT in Betracht. Das Revolt-Modell ist noch günstiger und reicht für einfache Einsatzfälle, wenn Sie bereit sind, etwas Zeit in die initiale Heizplanung zu investieren. (anm) c't

Apps und weitere Infos

ct.de/wfsu

AVMs Fritz!DECT 302 (70 Euro)

Die vernetzten Heizungsthermostate aus AVMs Fritz!DECT-Serie erfreuen sich besonders bei Besitzern der Fritzbox großer Beliebtheit. Die Einrichtung des jüngsten Modells Fritz!DECT 302 klappt genauso leicht wie beim Vorgänger Fritz!DECT 301: Menü-Taste am Thermostat drücken und anschließend an der Fritzbox für einige Sekunden die Connect-Taste beziehungsweise die DECT-Taste an älteren Modellen halten – fertig. Wer mag, fügt einen neuen Thermostat alternativ im Browser in der Bedienoberfläche der Fritzbox hinzu.

Für die Funkverbindung kommt das Funkprotokoll DECT ULE zum Einsatz. Um Strom zu sparen, bauten die vorherigen Modelle nur alle 15 Minuten eine Verbindung zur Fritzbox auf, weshalb Änderungen der Temperatur übers Smartphone oder den Browser nur mit Verzögerung umgesetzt wurden. Der Fritz!DECT 302 funkt nun alle 5 Minuten. Damit er trotzdem die versprochene Laufzeit von mehreren Heizperioden durchhält, stecken nun drei statt zwei AA-Batterien drin. Vom Einsatz von Akkus rät AVM wegen deren geringerer Spannung weiterhin ab.

Das Gehäuse ist eckig, was die Bedienung erleichtert: Statt von fummelig kleinen Tasten wird das 3 × 3 Zentimeter große E-Paper-Display von vier großen Tasten eingefasst. Über die oberen zwei wählt man den Frostschutz und die Boost-Funktion aus.

Die unteren Tasten verringern und erhöhen die voreingestellte Temperatur in Schritten zu je 0,5 °C. Praktisch: Hält man sie länger gedrückt, springt der Thermostat direkt zur hinterlegten Absenk- oder Komforttemperatur. Beide Werte legt man im Smart-Home-Bereich der Fritzbox-Oberfläche fest. Über eine grafische Wochenansicht bestimmt man komfortabel, an welchen Tagen und zu welcher Uhrzeit die Nachtabsenkung einsetzt. Auch den Temperatur-Offset des eingebauten Thermometers, die Heizperiode und Urlaubsperioden definiert man dort.



AVMs Fritz!DECT 302 stellt die gewünschte Temperatur automatisch ein – leiser als der Vorgänger.

Auf M30-Standardgewinde passt der Thermostat problemlos. Für Danfoss-RA-Ventile legt AVM einen Adapter in die Packung, weitere Adapter für andere Maße bekommt man als Zubehör. Das Motorengeräusch beim Öffnen und Schließen des Ventils ist deutlich leiser als beim Vorgänger und störte während des Tests auch nachts im Schlafzimmer nicht.

Beim Stoßlüften erkennt das Gerät den plötzlichen starken Temperaturabfall und dreht die Heizung für eine einstellbare Zeit komplett zu. Die Empfindlichkeit dieser „Fenster-auf-Erkennung“ lässt sich einstellen. Wirklich zuverlässig arbeitet die Funktion aber nur, wenn der Heizkörper unter der Fensterbank steht.

Eurotronic Comet DECT (45 Euro)

Das smarte Thermostat Eurotronic Comet DECT ist für das Zusammenspiel mit den DECT-Modulen in Fritzbox-Routern konstruiert und ähnelt technisch dem Modell AVM Fritz!DECT 301, das Eurotronic im Auftrag fertigt. Installation und Steuerung per Web-Oberfläche, FritzApp Smart Home und Fritzfon-Telefon sowie die magere Integration in Sprachdienste und Automatisierungsplattformen sind nahezu identisch. Allerdings arbeitet das Eurotronic-Modell nicht mit den Temperatursensoren in den Steckdosen und Tastern von AVM zusammen. Daher können Sie keine automatische Offset-Anpassung der Temperatur vornehmen lassen. Die Option ist in der Web-Oberfläche ausgegraut.

Obwohl der Comet DECT auf der Oberseite genauso viele Bedienelemente wie das AVM-Modell besitzt, lässt sich keine Boost-Funktion am Gerät aktivieren. Das geht nur per App. Statt eines E-Paper-Displays kommt ein LCD zum Einsatz, das sich nur im Hellen ablesen lässt. Und auch nur, wenn Sie es mit einer Taste aufwecken. Sonst schaltet es sich nach drei Sekunden in einen Ruhezustand, um Strom zu sparen. Die Anzeigeausrichtung lässt sich nicht ändern.

Bild: Berti Kolbow-Lehradt



Technisch ist das Modell Eurotronic Comet DECT fast baugleich mit dem AVM FritzDECT 301. Es kann etwas weniger, ist dafür aber auch günstiger.

Gigaset Thermostat (50 Euro)

Gigasets Smart-Home-Sortiment ist auf das Alarmsystem fokussiert. Das Heizkörperthermostat spielt eine Nebenrolle. Davon zeugen die komplizierten und lückenhaften Steuerfunktionen. In der App (Gigaset Elements für Android und Gigaset Elements für iOS, siehe ct.de/wfsu) programmieren Sie den Heizbetrieb mit kleinteiligen Regeln statt eines Wochenplans. Das ist umständlich, weil dann immer eine Gegenregel nötig ist. Um die Temperatur manuell zu ändern, müssen Sie sich durch drei Untermenüs klicken. Die Funkschaltzeit ist mit über zwei Minuten recht lang. Die Browser-Ansicht von Gigaset Smart Home scheidet grundsätzlich als Alternative zur mobilen App aus, weil ihr das Menü für die Heizungssteuerung fehlt. Per Sprache lässt sich die Temperatur mit Alexa ändern, nicht aber mit Google Assistant und Conrad Connect – die Plattformen harmonieren vorerst nur mit anderen smarten Gigaset-Komponenten.

Die Bedienung des Gigaset Thermostat direkt am Gehäuse überzeugt, ist in der der App aber ziemlich umständlich.

Bild: Berti Kolbow-Lehradt



Die Fenster-Offen-Erkennung und Offset-Temperaturanpassungen setzen zusätzliche Sensoren voraus. Im Gegensatz zur Software überzeugt die Hardware. Dank des beleuchteten Displays und drei gut fühlbarer Tasten ist das gradgenaue Temperieren sehr bequem.

Meross Smart Thermostat Valve (MTS150) (45 Euro)

Mit dem Smart Thermostat Valve MTS150 richtet sich Meross an Apple-Nutzer. Um es in Betrieb zu nehmen, braucht man ein iPhone oder iPad, auf dem mindestens Version 13 von iOS beziehungsweise iPad OS läuft. Nach der Einrichtung, die ein Nutzerkonto bei Meross voraussetzt, sieht es anders aus. Die Meross-App (Meross für Android und Meross für iOS, siehe ct.de/wfsu) steht für beide großen Plattformen zur Verfügung. Zusätzlich können Sie die Thermostate auch mit Amazon Alexa, Google Home respektive Google Assistant sowie Samsung Smartthings verknüpfen – in Apple Home wird das Thermostat nach der Einrichtung automatisch hinzugefügt.

Die entsprechenden Verknüpfungen sowie alle weiteren Einstellungen lassen sich in der eher holprig ins Deutsche übersetzten Meross-App vornehmen. Dazu gehören das Festlegen eines Offset-Werts für die Temperatur sowie des Standorts für die Geofencing-Funktion, aber auch das Anlegen und Anpassen von zeitbasierten Heizplänen. Das entsprechende Menü ist übersichtlich gestaltet, bietet aber nur fünf Zeitpunkte pro Tag für Temperaturanpassungen. Ein Design-Fehler: Wollen Sie einen der Zeitpunkte verschieben, verdeckt Ihr Finger die ausgewählte, direkt unter dem Schieberegler eingeblendete Uhrzeit.

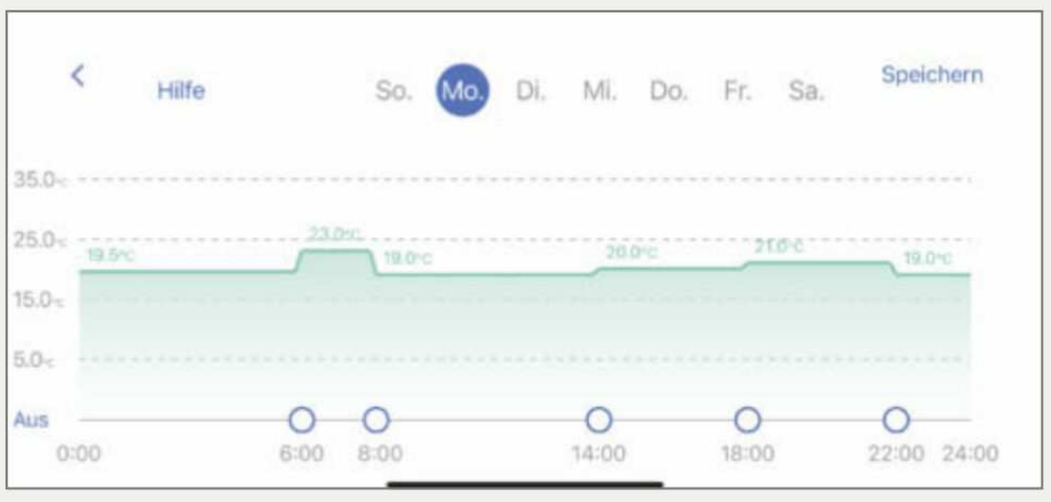
Zwischen den unterschiedlichen Temperaturprogrammen mit jeweils eigenen Vorgaben – Economy, Abkühlen, Aufwärmen, Automatik entsprechend dem Heizplan – können Sie in der App, per Sprache oder direkt am Thermostat wechseln. Dort erfolgt die Bedienung über das ausreichend hoch auflösende Display, das außerhalb von Eingaben aus Gründen des Stromsparens abgeschaltet bleibt. Im Test wurden Eingaben mehrfach nicht oder aber gleich doppelt erkannt – Thermostate mit physischen Tasten oder Drehreglern sind hier im Vorteil. Weitere Nachteile sind die fehlende Boost-Funktion sowie die nicht anpassbare – 2 °C innerhalb von 15 Minuten – Fenster-auf-Erkennung.

Optisch wirkt das Thermostat unauffällig und ist aufgrund des im Regelbetrieb abgeschalteten Displays kaum von einem analogen Modell zu unterscheiden. Da Meross das Display auf der Stirnseite untergebracht hat, lässt es sich beispielsweise an manchen Bad-Heizkörpern nur schwer ablesen und erreichen. Qualitativ wirkt das MTS150 ausreichend, aber nicht hochwertig – gleiches gilt für das Smart Hub.

Bild: Patrick Bellmer / heise online



Meross' smartes Heizkörperthermostat ist optisch unauffällig und eines der günstigsten Modelle für Apple HomeKit. Die Bedienung am Gerät erfolgt ausschließlich über das Display.



Wollen Sie die Temperatur über Zeitschaltpläne regulieren, müssen in der Meross-App fünf frei verschiebbare Zeitpunkte genügen. Mehr Flexibilität bietet die Apple-Home-App über den Punkt „Automation" – allerdings zulasten einer umständlicheren Einrichtung.

Eve Thermo (4. Generation) (80 Euro)

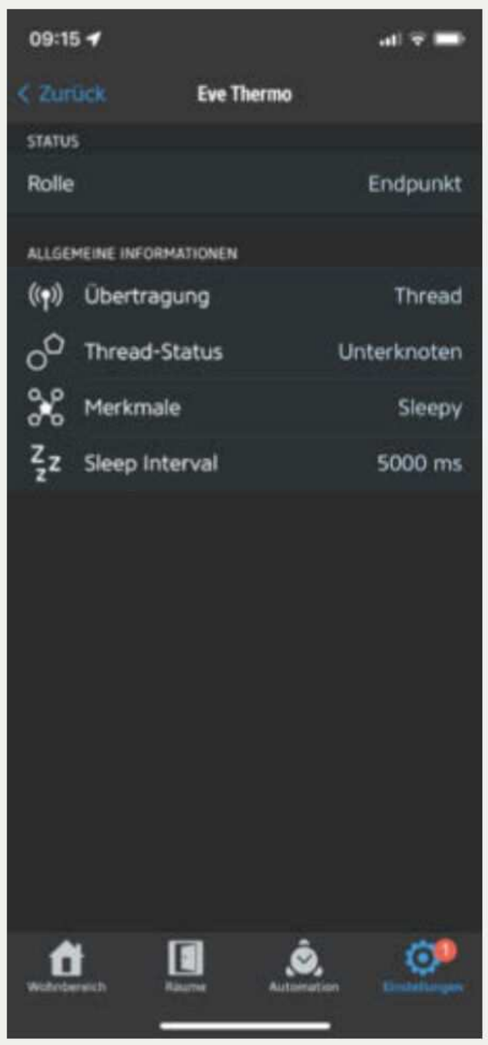
Während Meross für die Einrichtung ein iPad oder iPhone voraussetzt und anschließend auch per Android-App steuerbar ist, beschränkt Eve sich vollständig auf Apples Plattform HomeKit. Android-Nutzer bleiben somit außen vor. Für einfache Bluetooth-Befehle reicht daher ein iPhone. Automationen und die Fernsteuerung außer Haus erfordern aber den HomePod, Apple TV oder ein iPad als Funkbrücke. Dank iCloud entfällt der Zwang zu einem extra Online-Konto.

Bild: Patrick Bellmer / heise online



Optisch gleicht die vierte Generation des Eve Thermo der vorherigen. Mit der Unterstützung von Thread bietet das aktuelle Modell jedoch eine wichtige technische Neuerung.

Weil Eve Thermo keine herstellereigene Bridge benötigt, fällt die Hardware-Montage einfach und kurz aus. Die seit Herbst 2020 erhältliche vierte Generation gleicht in weiten Teilen der vorherigen. Das weiße Gehäuse wirkt klobig, ist aber eines der kompaktesten im Vergleich. Die Sensortasten reagieren schneller als bei den Vorgängern und quittieren einen Eingriff nun hörbar per Klick. Wie warm es ist, zeigt das dezente und um 180 Grad drehbare LED-Display gut lesbar an. Weitere Informationen stellt es jedoch nicht dar. Mit direkt am Thermostat gemessenen 51,1 dB(A) ist das Eve Thermo eines der lauteren Thermostate. Für den Einsatz im Schlafzimmer ist es somit ungeeignet, falls Sie geräuschempfindlich sind.



Gegenüber früheren Versionen unterstützt die vierte Generation den Funkstandard Thread. Dieser bietet gegenüber Bluetooth eine weitaus höhere Reichweite und ist von Grund auf als Mesh-Netzwerk konzipiert. Entsprechend können Thread-kompatible Komponenten, die mit einer Steckdose verbunden sind (Full Thread Devices, FTD), als Router fungieren und Daten an andere Geräte im Netzwerk weiterleiten. Mit Batterien versorgte Geräte wie das Eve Thermo sind hingegen lediglich Minimal Thread Devices (MTD). Sie nehmen lediglich die für sie bestimmten Daten entgegen. Damit das Eve Thermo der vierten Generation parallel zu Bluetooth auch Thread nutzen kann, ist ein HomePod Mini oder Apple TV 4K erforderlich. Ist diese Voraussetzung erfüllt, bindet die Eve-App das Thermostat automatisch im Zuge der Installation ins Thread-Netzwerk ein.

Einmal in die App Eve für iOS eingearbeitet, sind Heizpläne, Urlaubs- und Sommerpause einfach einzustellen. Ferner zeigt eine Statistik den Temperaturverlauf, gegliedert nach Stunde, Tag, Woche und Monat. Eine Web-Anwendung gibt es nicht. Einige Steuerfunktionen sind aber auch über die Mac-App von Apple Home zugänglich.

Offene Fenster erkennt Eve Thermo zwar ab Werk auch so, mit einem zusätzlichen Kontaktsensor Eve Door und Window für 40 Euro aber viel besser, weil die Heizung dann auch bei lediglich gekippten Fenstern herunterfährt. Für eine Offset-Anpassung der Temperatur lassen sich keine Sensoren von Eve verwenden. Stattdessen müssen Sie selbst die Differenz zwischen Raummitte und Heizkörper messen und in der Eve-App eingeben. Fällt das Internet aus, lässt sich Eve Thermo immer noch per Bluetooth oder – sofern Sie sich im lokalen Netz befinden – Thread bedienen, kann neue Schaltpläne lernen und diese ausführen. Nur HomeKit-Automationen erfordern Cloud-Kontakt.

Homematic IP Heizkörperthermostat (HmIP-eTRV-2) (50 Euro)

Mit Homematic IP können Sie datensparsam ins smarte Heizen einsteigen. Das 122 mm x 112 mm x 97 mm große Thermostat HmIP-eTRV-2 richten Einsteiger sehr schnell mit einem QR-Code ein. Private Daten geben sie dabei nicht preis. Selbst die Fernsteuerung per Cloud lässt sich anonymisiert nutzen. Heizpläne und Urlaubspausen sind in der stringenten und schnörkellosen App (Homematic IP für Android und Homematic IP für iOS) nach kurzer Lernphase leicht angelegt.

Die Bedienung am wuchtigen Thermostat gefällt durch das große, beleuchtete Display, und den halbwegs leisen Motor. Im Flüstermodus ist er noch leiser, saugt aber die Batterien schneller aus. Neben manueller Temperierung ermöglicht das Thermostat per Tastendruck auch einen Boost-Modus.

Alternativ ändern Sie die Temperatur per Alexa- oder Google-Sprachbefehl. Geofencing erlaubt die Software nur über den Automationsdienst Conrad Connect. Offene Fenster erkennt dieses Modell mithilfe eines extra Kontaktsensors ab 30 Euro. Eine Offset-Temperaturanpassung für die Raummitte können Sie manuell in der App vornehmen.

Bild: Berti Kolbow-Lehradt



Bullige Optik, aber starke Funktionen und einfache App-Steuerung: das Modell HmIP-eTRV-2 von Homematic IP.

Homematic IP Heizkörperthermostat Evo (HmIP-eTRV-E) (80 Euro)

Mit 97 mm x 71 mm x 58 mm fällt das Heizkörperthermostat Evo deutlich kompakter als das HmIP-eTRV-2 aus. Damit bietet es sich hauptsächlich für Heizkörper an, neben denen nur wenig Platz für ein Thermostat zur Verfügung steht. Die Einrichtung erfolgt ebenso schnell und datensparsam wie beim Modell HmIP-eTRV-2 – auch die Funktionen innerhalb der App sind beinahe identisch. Einzig Optionen zur Display-Helligkeit und Ausrichtung sind neu hinzugekommen – dafür fehlt die Möglichkeit, den Flüstermodus einzuschalten. Grund dafür: das neue Homematic-IP-Thermostat verfügt über einen leiseren Motor. Der Unterschied ist jedoch gering. Direkt am Thermostat gemessen erreichte das Modell HmIP-eTRV-2 in der Spitze 47,7 dB(A), das Evo 45,8 dB(A).

Bestandteil des überarbeiteten Designs ist ein neues Display, das nur noch über die gewählte Temperatur informiert. Temperaturänderungen nehmen Sie entweder über die App oder direkt am Gerät vor. Hierfür drehen Sie das Thermostat leicht entlang der Gewindeachse. Die Boost-Funktion aktivieren Sie mit einer normalen Taste.

Bild: Patrick Bellmer / heise online



Das Homematic IP Heizkörperthermostat Evo fällt deutlich kleiner als der Vorgänger aus und ist optisch zurückhaltender. Zudem arbeitet es leiser.

Bosch Smartes Heizkörperthermostat (65 Euro)

Mit 103 mm x 57 mm x 48 mm ist das smarte Thermostat von Bosch eines der längsten im Vergleich. Steht zwischen Heizkörper und Wand nur wenig Platz zur Verfügung, ist eine Montage unter Umständen nicht möglich. Eine kürzeres, zum Smart-Home-System von Bosch kompatibles Modell, gibt es nicht.

Über die Smart-Home-App (Bosch Smart Home für Android und Bosch Smart Home für iOS) benennen Sie das Thermostat und weisen es einem Raum zu. Ebenso können Sie zeit- oder standortbasierte (Geofencing) Regeln sowie komplexe Routinen erstellen. Für eine Fenster-offen-Erkennung brauchen Sie einen separaten Sensor, das Thermostat erkennt diesen Fall nicht allein.

Haben Sie das Thermostat im Schlafzimmer platziert, hilft der einschaltbare Flüstermodus. Der Stellmotor arbeitet dann langsamer und leiser, benötigt aber auch mehr Energie. Auf Wunsch verhindert eine Kindersicherung das Ändern der Temperatur – praktisch, wenn das smarte Thermostat den Heizkörper im Kinderzimmer regeln soll. Aktivieren lässt sich die Kindersicherung in der App.



Bild: Dirk Weyel / heise online

Das smarte Thermostat von Bosch bietet sich mit einem Flüstermodus und einer Kindersicherung vor allem für Heizkörper in Schlaf- und Kinderzimmern an.

Das auf der Oberseite verbaute, gut ablesbare Display zeigt die aktuelle Temperatur und den Betriebsmodus an. Am Thermostat selbst können Sie nur die Temperatur regeln und zwischen den Modi Kalt- und Warmphase wechseln. Das Aktivieren der Boost-Funktion oder der Aufruf von vorgefertigten Szenen ist nur über die App möglich.

Netatmo Smartes Heizkörperthermostat (75 Euro)

Der Plexiglas-Zylinder des smarten Thermostats von Netatmo mit dem transparenten Drehring und dem stromsparenden E-Ink-Display ist ein Hingucker. Anders als praktisch jedes andere Thermostat sollte man das Netatmo-Modell jedoch nicht mit der Zange, sondern nur mit der Hand am Heizkörper befestigen. Sonst verkratzt die weiche Metallmutter schnell. Der zwingend notwendige Adapter verkantet leicht, ebenso wie der Batteriefachdeckel. Die unbeleuchtete Anzeige ist im Dunkeln kaum zu lesen. Immerhin: Die Schaltzentrale funkt kabellos und braucht nicht beim WLAN-Router zu stehen.

Die inneren Werte gefallen: Heizpläne und aktuelle Temperatur lassen sich mit der übersichtlichen Smartphone-App (Netatmo Energy für Android und Netatmo Energy für iOS) leicht regeln. Eine Offset-Anpassung lässt sich mit der Funktion „True Temperature“ vornehmen. Sprachbefehle akzeptiert das Thermostat von Google Assistant, Alexa und Siri. Die smarte Technik drosselt die Heizung selbsttätig, wenn sie offene Fenster erkennt und ein Webdienst Sonnenschein ankündigt. Weitere Automationen wie Geofencing lassen sich mit HomeKit programmieren.

Das Thermostat von Netatmo weicht optisch von den Mitbewerbern ab, unter der Haube bietet es sehr viele und solide Funktionen.



Berti Kolbow-Lehradt

Revolt Smartes Heizkörperthermostat (47 Euro)

Unter der Handelsmarke Revolt bietet Elektronikhändler Pearl eine sehr einfache und günstige Ausführung eines smarten ZigBee-Thermostats an. Der Niedrigpreis macht sich überall bemerkbar. Die Installationsanleitung müssen Sie sich erst herunterladen, das Schnellstart-Faltblatt im Karton ist unbrauchbar. Die Überwurfmutter greift schwammig, das Thermostatgehäuse überdreht leicht den Schnappverschluss und ist dann nur schwer wieder zu entfernen. Die schlanke Röhrenform mit integriertem mechanischem Drehring und Display auf der Deckelfront sieht an sich schick aus. Die Anzeige ist aber höchst unergonomisch platziert und lässt sich nicht ohne Bücken ablesen, wenn das Thermostat – wie üblich – waagerecht montiert ist.

Für sein einfach gestricktes Thermostat der Marke Revolt verlangt Pearl nicht viel Geld. Aber ein Display, dass sich nicht nur beim Bücken ablesen lässt, hätte trotzdem ruhig drin sein dürfen.



Bild: Berti Kolbow-Lehradt

Für die Steuerung mit Pearls Smart-Home-App (Elesion für Android und Elesion für iOS) müssen Sie das Thermostat mit einem ZigBee-Gateway verbinden. Der Händler empfiehlt das Modell 7Links RC-290.zigbee für etwa 30 Euro. Die Software bietet nur das Nötigste für die Heizungssteuerung.

Statt mit einem komfortablen Heizphasen-Editor müssen Sie jede automatische Schaltphase wie einen Kalendereintrag setzen. Eine Fenster-Offen-Erkennung lässt sich in der App aktivieren. Offset-Anpassung, Boost-Funktion und Geofencing sucht man auch vergebens. Per Sprache bedienen Sie das Revolt-Thermostat mit Alexa oder Google Assistant. Beim Internetausfall müssen Sie auf Sprach- und App-Bedienung verzichten. Die Schaltpläne sind aber auf dem Gerät gespeichert und benötigen keinen Cloud-Kontakt.



Heft + PDF
mit 32 % Rabatt

So bringen Sie Ihr Linux auf die Straße

Bei Linux bekommen Sie kein starres Komplettpaket. Dieser c't Linux-Guide erklärt, wie Sie das für Sie optimale Linux bekommen. Die Profis unter Ihnen erfahren, wie Sie Ihr Wunschsystem im Griff behalten.

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-linuxguide22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €.
Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise Shop

Tado Smartes Heizkörperthermostat V3+ (85 Euro)

Tados schlanker Thermostat-Zylinder mit halbtransparentem LED-Display sieht sehr elegant aus. Die Lippenstift-kleine Schaltzentrale ist beispiellos kompakt. Die durchdachte Menüführung der Smartphone-App (Tado für Android und Tado für iOS) ist vorbildlich. Weil die Web-App alle Funktionen dupliziert, überzeugt auch die Bedienung per Browser. Damit lassen sich Heizpläne besonders bequem erstellen. Berichte zu Energieverbrauch und per Sensor gemessene Luftqualität für jeden Raum sowie eine Web-gestützte Pollenvorhersage für die Umgebung sind nette Boni. Das Zusammenspiel mit diversen Cloud-Plattformen macht eingefleischte Smart-Home-Fans glücklich.

Beim Geofencing und bei der Fenster-Offen-Erkennung regelt die Software die Heizung nur dann automatisch (Auto-Assist Skill), wenn Sie dafür 3 Euro im Monat zahlen. Die Software lässt sich auch ohne das kostenpflichtige Abo nutzen. Dann erhalten Sie bei jedem Anlass jedoch nur eine Push-Nachricht und müssen selbst handeln. Neuer Teil des Abos ist die Funktion „Care & Protect“. Maschinell trainierte Algorithmen sollen Störungen des Heizsystems erkennen, bevor sie sich in ungemütlichen Raumtemperaturen niederschlagen. Schlägt die App Alarm, will Tado mit Tipps zur Selbsthilfe helfen oder weiter oder Installateure vermitteln. Den „Reparaturservice“ soll man direkt aus der App heraus anfragen können.

Wie sehr Tado auf Cloud-Services setzt, zeigt sich auch daran, dass im Offline-Betrieb praktisch nichts mehr geht. Fällt das Internet aus, lassen sich die Thermostate nur noch am mechanischen Drehring steuern.

Das halbtransparente LED-Display sieht sehr elegant aus.



Bild: Tado

Telekom Magenta SmartHome Heizkörperthermostat (50 Euro)

Das sperrige und laute DECT-ULE-Thermostat von Telekom Magenta bedienen Sie manuell bequem per Drehwalze, Sprache und Smartphone-App (Magenta SmartHome für Android und Magenta SmartHome für iOS). Der dafür nötige Cloud-Zugang ist inzwischen kostenlos. Seit App-Version 6 ist die Bedienung einfacher, weil sich die Heizungssteuerung nun direkt auf der Startseite als Kachel verankern lässt. Dennoch sind Heizpläne, Geofencing und Fenster-Offen-Erkennung weiterhin in mehreren Menüs versteckt.

Ist Ihnen die integrierte Fenster-Offen-Erkennung zu ungenau, können Sie sie mit zusätzlichen Kontaktsensoren (40 Euro) präzisieren. Eine Offset-Temperaturanpassung ist weder manuell noch automatisch mit externen Sensoren möglich.

In puncto Heimautomation bleiben kaum Wünsche offen. Neben Thermostaten von Homematic IP lassen sich viele andere Smart-Home-Geräte mit ZigBee oder von Herstellern mit Cloud-Schnittstelle in Regeln und Szenen bündeln. Per Sprache bedienen Sie das Thermostat mit Alexa, Google Assistant oder Hallo Magenta. Streikt das Internet, fallen Sprachbefehle und Fernsteuerung von unterwegs weg, im Heimnetz bleiben die Zentrale namens Home Base 2 und die Thermostate aber uneingeschränkt erreichbar und führen weiterhin Schaltpläne aus.

Das Thermostat der Telekom erkennt offene Fenster von allein, mit Fensterkontaktsensor klappt das aber prinzipbedingt besser. Die Home Base 2 übermittelt die Sensordaten.



Bild: Berti Kolbow-Lehradt

Wiser Heizkörperthermostat (68 Euro)

Das Heizkörperthermostat der Marke Wiser von Hersteller Eberle ist zwar sehr schlank und elegant, hat aber kein Display. Stattdessen bestätigen eine rote und blaue Leuchtdiode, ob Sie mit dem Drehring die Temperatur gerade um ein Grad ändern.

Der genaue Temperaturwert lässt sich nur in der App (Wiser Heat für Android und Wiser Heat für iOS) ablesen. Sie ist auch für Heizpläne zuständig. Soll es schnell mollig warm werden, lässt sich in der App die Boost-Funktion scharfschalten. Aktivieren Sie den „Eco Mode“, lernt die Software aus dem Betrieb und berücksichtigt die Wetterprognose. Ferner erkennt die App offene Fenster anhand eines Temperatursturzes und schließt dann vorübergehend das Ventil. Es gibt von Wiser keine Kontaktsensoren, mit denen sich die Fenster-Offen-Erkennung präzisieren ließe. Die geschätzte Energieersparnis sowie den historischen Temperaturverlauf stellt der sogenannte Heat Report dar.

Das Navigieren durch den an sich guten Funktionsumfang leidet unter der verwirrenden Menüführung der App. Die Schaltelemente verteilen sich nämlich neben klassischen Untermenüs auch auf einen leicht übersehbaren Bereich am unteren Fensterrand, den man mit einem Dach-Symbol hochwischt.

Wisers Thermostat ist schick, bietet aber statt eines Displays nur ein vages Feedback per LED.



Berti Kolbow-Lehradt

Für den Betrieb der Heizkörperthermostate ist der Wiser Heat Hub nötig, der das proprietäre Funksystem ins WLAN einbindet. Fällt das Internet mal aus, bleiben App-Bedienung und Schaltpläne davon unberührt. Nur Alexa- und Google-Sprachbefehle sowie Geofencing mit IFTTT erfordern zwingend Internet.

Es gibt 10 Arten von Menschen. iX-Leser und die anderen.



Jetzt Mini-Abo testen:
3 Hefte + Bluetooth-Tastatur nur **19,35 €**

www.iX.de/testen

www.iX.de/testen | 49 (0)541 800 09 120 | leserservice@heise.de

iX MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE INFORMATIONSTECHNIK

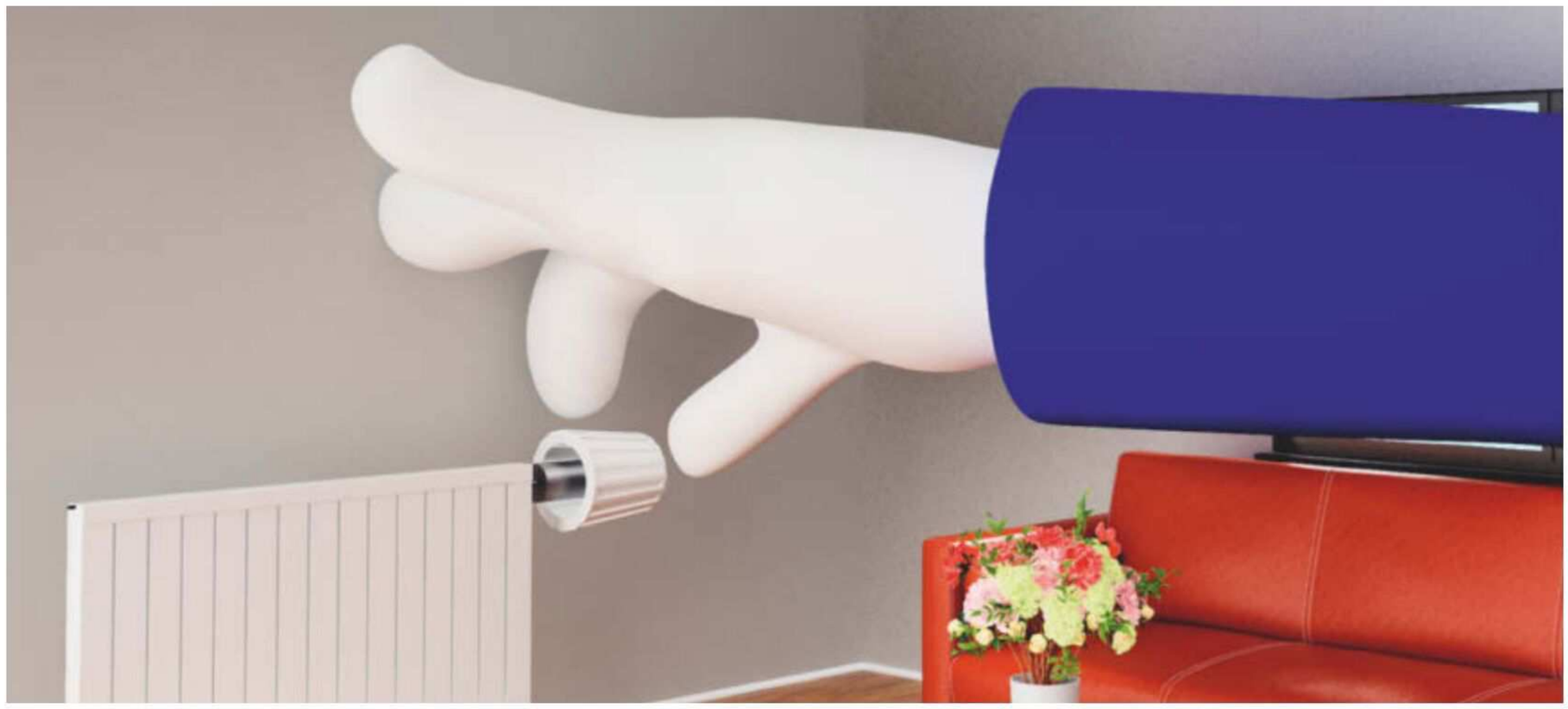


Bild: Andreas Martini

Geofences mit Node-Red & Traccar

„Alle weg? Gut, dann fahre ich jetzt die Heizung runter und schalte das Licht aus.“ So kann das Smart Home denken, wenn Sie Geofences eingerichtet haben. Wir zeigen, wie das mit Node-Red und dem Trackerserver Traccar geht.

Von **Andrijan Möcker**

Wenn man Haus oder Wohnung verlässt, muss die Heizung nicht unnötig viel feuern und das vergessene smarte Licht darf auch ausgehen – insbesondere jetzt, wo unabhängig vom Energieträger jede verschwendete Kilowattstunde den Geldbeutel stärker als je zuvor belastet.

Die Magie zur Automatisierung der Energiesparmaßnahmen heißt Geofencing. Dafür zieht man virtuelle Zäune auf Landkarten und nutzt dann den Standort eines oder mehrerer Geräte, um festzustellen, ob und in welche Richtung die Zäune überschritten wurden. Daraus leitet man dann Entscheidungen über das Verhalten des Smart Home ab. Verlässt ein Gerät und damit auch der Nutzer etwa den Heimbereich, befehligt man das Smart Home beispielsweise dazu, die Temperatur zu senken und die Medienwelt im Wohnzimmer abzuschalten. Manche Hersteller bieten die Funktion aber gar nicht erst an oder verlangen Geld dafür und unterstützen dann nur Smartphones – hinzu kommt eine App pro Hersteller, die ständig den Standort abfragt und in die große weite Wolke schickt.

Schlauer gehts mit dem Trackerserver „Traccar“ und einer Smart-Home-Zentrale wie Node-Red. Traccar kennt über 100 Protokolle unterschiedlicher GNSS-Tracker (umgangssprachlich GPS-Tracker), wie sie etwa in Autos verwendet werden. Er läuft sparsam auf Minirechnern wie dem Raspberry Pi, speichert die Daten lokal und bietet ein komfortables Webinterface, auf dem man Geofences leicht ein-

richten kann. Dank Web-Weiterleitung kann Traccar Betreten und Verlassen der Zäune an beliebige andere Webschnittstellen weitermelden. So wird etwa der GPS-Tracker im Auto oder im Rucksack in Node-Red oder anderen Smart-Home-Zentralen zum Aktionsauslöser. Auch Smartphones können Sie mit dem Traccar Client als Tracker einsetzen (ct.de/w3sq).

Konfiguration

Wenn Sie Traccar noch nicht kennen, finden Sie in c't 6/2018 eine Einführung ins Thema [1]. Bitte beachten Sie, dass dieser Artikel nicht das Installieren per Docker und das Einrichten einer TLS-geschützten Verbindung abdeckt; Links zu entsprechenden Dokumentationen haben wir unter ct.de/w3sq zusammengetragen. Wie Sie mit Node-Red loslegen, lesen Sie in c't 15/2018 [2].

Die für Traccar-Meldungen notwendige Webschnittstelle erstellen Sie in Node-Red mit wenigen Klicks: Suchen Sie in der Node-Liste nach „HTTP“ und ziehen Sie einen „http in“- und ein „http response“-Node in den Flow – ob in einen neuen oder einen existierenden spielt keine Rolle. Öffnen Sie die Einstellungen des HTTP-In-Nodes (Doppelklick) und vergeben Sie eine URL, etwa „/traccar-events“; die Methode ist „POST“; einen sprechenden Namen können Sie selbst vergeben. Damit Traccar auch eine Antwort erhält, verbinden Sie das HTTP-In-Node mit dem HTTP-Response-Node und setzen in dessen Einstellungen den Status-Code „200“, stellvertretend für „OK“. Zuletzt ziehen Sie ein neues Debug-Node in den Flow und verbinden es mit dem HTTP-In-Node. Bestätigen Sie mit „Deploy“.

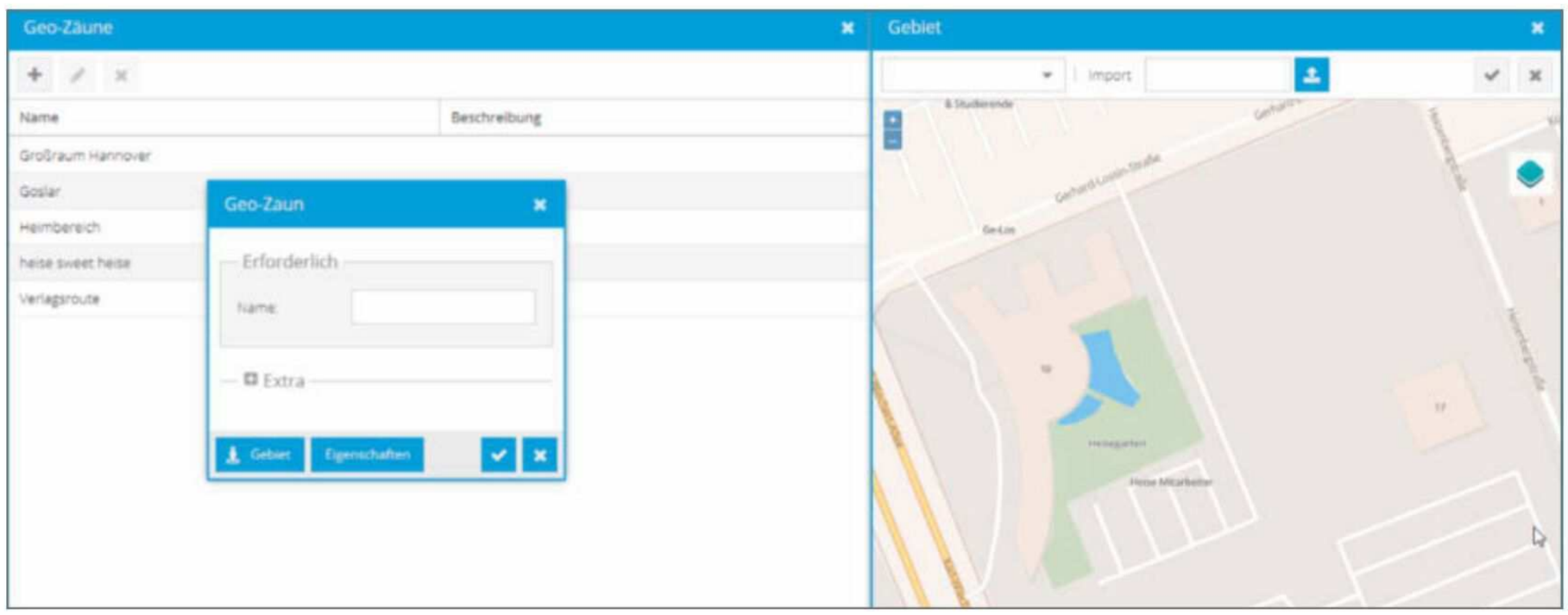
Anschließend hinterlegen Sie die Webschnittstelle in Traccar: Öffnen Sie die Konfigurationsdatei traccar.xml – Sie finden sie entweder unter /opt/traccar/conf oder im Mountpoint des Docker-Containers – und ergänzen Sie die folgenden Zeilen:

```
<entry key='event.forward.enable'>
  true</entry>
<entry key='event.forward.url'>
  http://Node-Red-IP:1880/↵
  ↳traccar-events</entry>
```

`Node-Red-IP` ersetzen Sie durch die IP-Adresse Ihres Node-Red-Hosts. Wenn beides auf demselben System läuft, lautet sie 127.0.0.1. Dann starten Sie den Dienst/Container neu.



Der Geofence um das Verlagsgebäude sorgt dafür, dass das Smart Home erfährt, wenn der Autor bei der Arbeit ist.



Geofences legt man mit wenigen Klicks in Traccar an. Einmal einem Gerät zugewiesen, meldet der Server auch per Webschnittstelle, wenn ein Gerät ihn betritt oder verlässt.

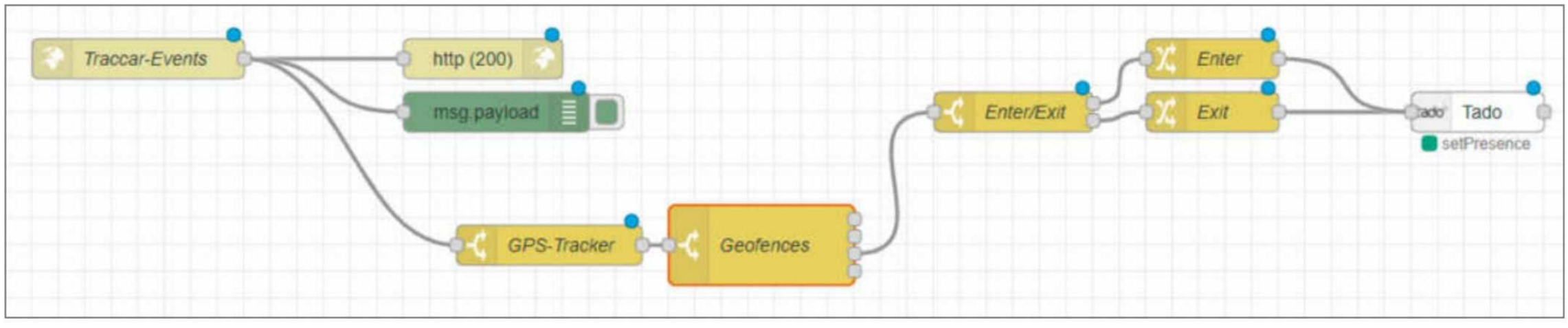
Da Traccar alle Ereignisse weiterleitet, also auch Statusänderungen, reicht es schon, dass einer Ihrer Tracker online geht, um die Schnittstelle zu testen. Schalten Sie ein Gerät ein oder starten Sie den Traccar-Client auf Ihrem Smartphone. Nach wenigen Sekunden taucht die erste Nachricht im Debug-Tab auf.

Zäune bauen

Geofences können Sie in Traccar über ein komfortables Menü anlegen: Wählen Sie dazu im Einstellungsmenü (Zahnrad oben rechts) den Menüpunkt „Geo-Zäune“. Über das Plus oben links erstellen Sie einen neuen Zaun; vergeben Sie zunächst einen Namen, dann klicken Sie auf „Gebiet“, ein Untermenü mit Karte erscheint. Oben links können Sie über das Ausklappmenü drei Geofence-Typen wählen: Der Kreis erklärt sich selbst; mit den Polygonen können Sie ein Areal frei definieren und die Polylinie markiert etwa eine Route, die nicht verlassen werden darf. Sie können das Kartenfeld wie gewohnt durch Scrollen sowie Klicken und Halten justieren, die Polygone setzen Sie per Klick. Wenn Sie fertig sind, bestätigen Sie über den Haken oben rechts.

Zurück im Hauptmenü des Geofences können Sie über „Eigenschaften“ noch optional die „Polyliniendistanz“ als Parameter hinzufügen. Sie beschreibt, wann Traccar das Gerät als „auf der Route“ beziehungsweise „von der Route abgekommen“ wertet und ein Ereignis auslöst. Der Parameter wird zwar in Kilometern eingetragen, Traccar akzeptiert aber auch Bruchteile – also etwa 0,05 Kilometer für 50 Meter.

Wenn Sie alle Parameter gesetzt haben, bestätigen Sie den Geofence mit dem Haken und schließen das Menü. Danach weisen Sie Ihren Geräten den Zaun zu: Klicken Sie auf das Gerät, dem Sie den Zaun zuweisen möchten, links in der Geräteliste und öff-



Die Flowchart-Programmieroberfläche Node-Red macht das Erstellen von Logiken besonders einfach. Dank der Erweiterungen findet man leicht Anschluss an allerhand weitere Smart-Home-Dienste, zum Beispiel an Tado.

nen Sie dann über das Zahnrad direkt darüber das „Geo-Zäune“-Menü. Hier setzen Sie für einen oder mehrere Zäune den Haken.

Logik erstellen

In Node-Red liefert das HTTP-In-Node ein fertiges JavaScript-Objekt ab, das Sie direkt in einer Logik verwenden: Der Name des Geofence steht in `msg.payload.geofence.name`, ob er betreten oder verlassen wurde, steht als „geofenceExit“ oder „geofenceEnter“ in `msg.payload.event.type` und welches Gerät beteiligt war, finden Sie in `msg.payload.device.name`.

Möchten Sie Programmcode ganz vermeiden, können Sie die Logik komplett mit Switch-Nodes bauen (siehe Screenshot): Ziehen Sie einen neuen Switch-Node in den Flow und verbinden Sie ihn mit dem HTTP-In-Node. Öffnen Sie Einstellungen und setzen Sie die zu überprüfende „Eigenschaft“ auf `msg.payload.device.name` und fügen so viele Prüfregeln mit Namenseintrag hinzu, wie Sie Geräte verarbeiten wollen – tragen Sie den Namen so ein, wie er in Traccar in der Liste steht. Anschließend hängen Sie an diesen Switch-Node einen weiteren, mit dem Sie `msg.payload.geofence.name` überprüfen; auch hier entspricht der Name dem, den Sie in Traccar vergeben haben. Zuletzt überprüfen Sie mit einem weiteren Switch-Node in `msg.payload.event.type`, ob der Geofence verlassen (geofenceExit) oder betreten wurde (geofenceEnter).

Hinter diesem Node können Sie jetzt beliebige Anwendungen andocken. Wie im Screenshot zu sehen, haben wir etwa die Heizungssteuerung Tado verbunden. Während man vom Hersteller aus nur Smartphones für das Geofencing benutzen kann, setzen wir auf diesem Weg den LoRaWAN-GPS-Tracker LGT-92 von Dragino dafür ein, der über einen Kniff mit Traccar verheiratet ist [3, 4, 5]. Wie das geht, lesen Sie in c’t 21/2021 [6].

Skalierung

Mit zunehmender Anzahl an Geofences und Trackern kann es in Node-Red sehr unübersichtlich werden. Mithilfe von Function-Nodes können Sie mehrere Schritte in JavaScript-Code unterbringen und so die Anzahl der Nodes reduzieren.

Traccar bietet außerdem eine große Anwendungsschnittstelle (API), mit der Sie den Dienst auch aus anderen Anwendungen heraus vollumfänglich nutzen können. Einen Link zur Dokumentation finden Sie unter ct.de/w3sq. (amo) c't

Literatur

[1] Andrijan Möcker, Privatkartierung, GPS-Tracker-Daten sicher zu Hause speichern, c’t 6/2018, S. 112

[2] Jan Mahn, Reaktionsmaschine, Einstieg in Heimautomation mit Node-Red, c’t 15/2018, S. 142

[3] Jan Mahn, Langstreckenfunk, IoT-Funk LoRaWAN: für kleine Datenmengen und hohe Reichweiten, c’t 10/2019, S. 140

[4] Andrijan Möcker, Plug & Funk, LoRaWAN für IoT-Projekte: Einfach einsteigen mit TTN und Node-Red, c’t 14/2021, S. 148

[5] Andrijan Möcker, GNSS-Notfallknopf, LoRaWAN-Tracker mit Notruffunktion, c’t 5/2021, S. 64

[6] Andrijan Möcker, Positionsübersetzer, LoRaWAN-GPS-Tracker mit Traccar verbinden, c’t 21/2021, S. 162

Dokumentationen

ct.de/w3sq

Mac & i Wissen erfahren

Apple School Manager



WEBINAR

Apple School Manager gratis beantragen und registrieren

Sie möchten Ihre Schule oder Klasse mit iPads ausstatten? Apples **kostenlose Software** Apple School Manager hilft Ihnen dabei. Unser Live-Webinar zeigt, wie Sie diesen beantragen und registrieren.

05.10.2022 | 29.11.2022

mac-and-i.de/webinar-1

WORKSHOP

Apple School Manager beherrschen

Nach dem Download des Apple School Manager zeigen wir Ihnen, wie Sie diesen konfigurieren, nutzen und mit einem Mobile Device Management System verknüpfen. Sie lernen, wie Sie die Struktur Ihrer Bildungsorganisation im School Manager abbilden.

12. – 13.10.2022
07. – 08.12.2022

mac-and-i.de/workshop-1

JETZT TICKETS SICHERN



Energieeffizienz von PC-Plattformen

Wer einen performanten Rechner wünscht, der zugleich flüsterleise arbeitet, braucht möglichst effiziente Hardware. Wir klopfen als Auswahlhilfe die aktuellen Intel- und AMD-Plattformen auf ihre Energieeffizienz ab und geben Tipps zur Optimierung von Intels besonders durstigem Core i9-12900K.

Von **Carsten Spille**

Effiziente Computertechnik spart nicht bloß Energie, sondern reduziert auch Lärm. Je weniger Energie das System umsetzt, desto leiser kann das Kühlsystem arbeiten – das interessiert viele noch mehr, als ein paar Kilowattstunden einzusparen.

Im Rennen um den schnellsten Mainstream-Desktop-Prozessor hat Intel mit den Core i-12000 wieder zu AMD aufgeschlossen und ist in einigen Teilgebieten wie etwa beim Gaming gar vorbeigezogen. Doch bei der Leistungsaufnahme musste Intel dafür einige Reserven mobilisieren: den Turbo-

Modus und ein erweitertes Power-Limit von 241 Watt beim Core i9-12900K – etwa 100 Watt über dem, was AMDs 16-Kerner Ryzen 9 5950X braucht. Auf AMDs High-End-Plattform darf der Ryzen Threadripper 3000 gar bis zu 280 Watt schlucken.

Ein Prozessor mit hoher elektrischer Spitzenleistung ist jedoch nicht automatisch ineffizient. Aber welche Plattform arbeitet am effizientesten? Ist es außerdem sinnvoll, eine Aufgabe möglichst schnell zu Ende zu bringen, um dann früher wieder in den viel sparsameren Leerlauf wechseln zu können? Was bei Notebooks mit ihrer begrenzten Akkukapazität lange das eiserne Mantra von Intel war, haben wir im Desktop-PC-Betrieb mit den aktuellen Plattformen für die Fassungen AM4 (Ryzen), sTRX4 (Threadripper) und LGA1700 (Core i) ausprobiert.

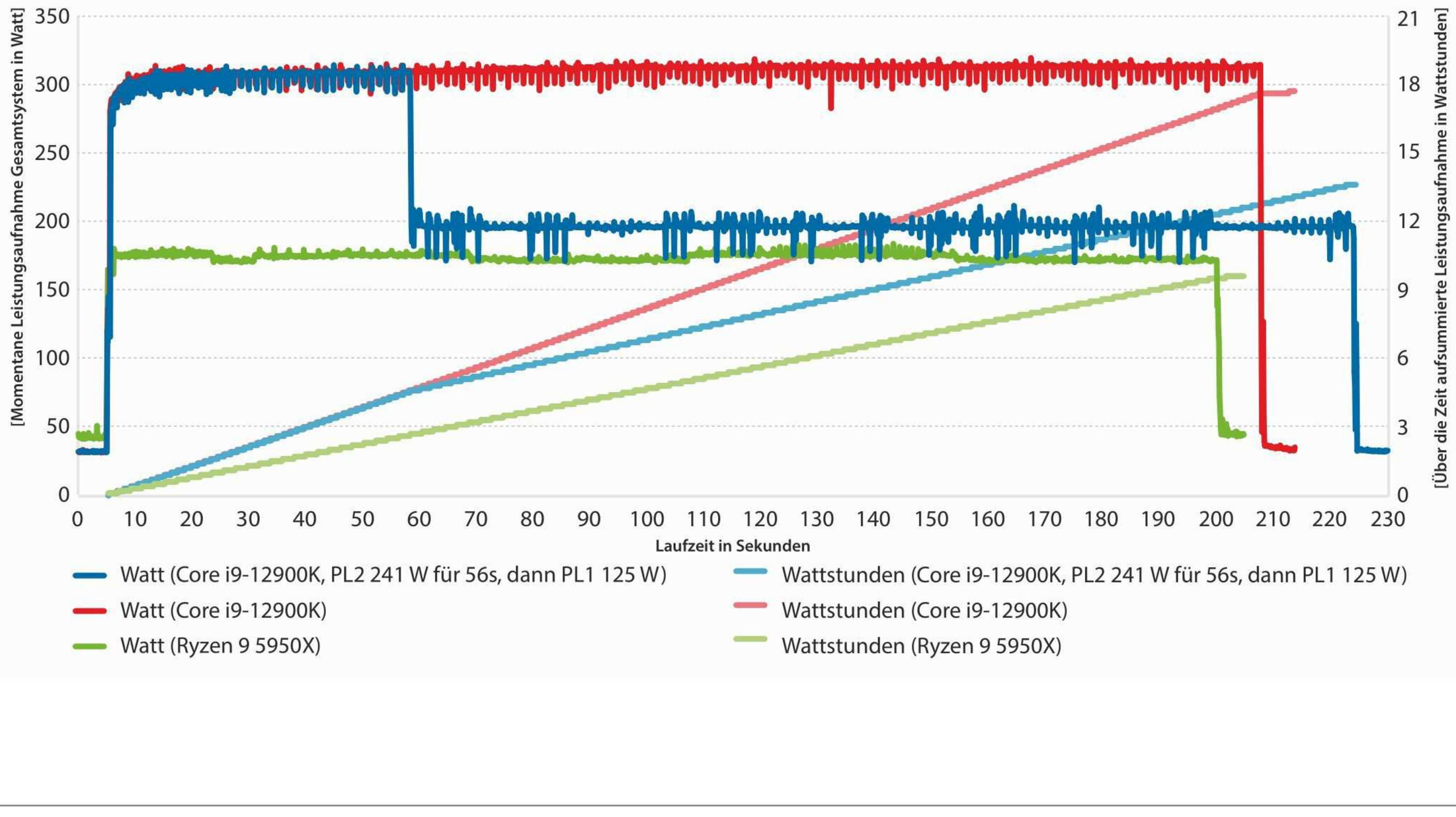
TDP, Turbo, Temperaturen

Wie viel elektrische Leistung ein Prozessor aufnimmt, steuert er seit ein paar Jahren selbst ziemlich exakt und kleinteilig. Die Einheit der CPU, die für den Energiehaushalt zuständig ist, heißt Power Management Unit. Sie wählt in Sekundenbruchteilen aus, was zur aktuell anstehenden Aufgabe passt: vom tiefsten Stromsparzustand mit abgeschalteten Caches und Rechenwerken bis zum kurzzeitigen, aber deutlichen Überschreiten der langfristig erlaubten Leistungsaufnahme.

Um die CPU-Leistung maximal auszureizen, haben AMD und Intel sich schon vor einiger Zeit von der klassischen „Thermal Design Power“ (TDP) verabschiedet. Die gab an, wie viel Wärmeenergie das

Leistungsaufnahme und Energie bei verschiedenen Prozessoren

Moderne Prozessoren ändern ihre Leistungsaufnahme je nach Rechenlast extrem dynamisch. Unter Last fressen manche Chips viel Strom, im typischen PC-Betrieb hängt der jährliche Stromverbrauch aber eher vom Leerlauf ab.



Kühlsystem abführen muss und war damit in der Praxis quasi gleichbedeutend mit der maximalen Leistungsaufnahme des Prozessors.

Inzwischen haben auch CPUs der Mainstream-Desktop-Plattformen AM4 und LGA1700 dermaßen viele Kerne, dass Volllast auf jedem von ihnen zu sehr niedrigen Taktfrequenzen führen würde. Aber schnelle Kerne werden gebraucht, damit sich das System flott anfühlt und auf Eingaben möglichst sofort reagiert. Aus dem Notebook-Segment kommend, ist eine Turbo-Funktion heute üblich: Je weniger Kerne belastet sind, desto höher dürfen einzelne takten. Intel gesteht seinen Performance-Kernen im Core i9-12900K 5,2 GHz zu, die bei Volllast auf 3,2 gesenkt werden. Bei AMDs Ryzen 9 5950X sind es 4,9 zu 3,4 GHz.

Für höhere Taktraten wird dabei üblicherweise auch die Versorgungsspannung erhöht, die in die Berechnung der Leistungsaufnahme quadratisch einfließt. Die Turbofunktionen sind also besonders energieintensiv.

Hurry up, get idle

Das aus dem Notebook-Sektor stammende Mantra „beeile dich, wieder nichts zu tun“ (Hurry up, get idle) soll aussagen, dass anstehende Aufgaben so schnell erledigt werden, wie möglich – und es geht noch einen Schritt weiter. Es soll das Performance-Versprechen und die erhöhte Leistungsaufnahme bei wenigen Kernen mit einer auf das Gesamtsystem bezogenen, effizienteren Energienutzung kombinieren. Das ist wichtig, da im Akkubetrieb im Gegensatz zur Steckdose ja nicht unbegrenzt viel Energie zur Verfügung steht. Die Idee dahinter: Wenn eine Aufgabe möglichst schnell abgeschlossen wird, können auch andere Teile der CPU – wie zum Beispiel Caches, die integrierte Grafik oder die Schnittstelle zum Chipsatz – früher wieder in den Stromsparmodus wechseln, sodass am Ende noch ein Nettogewinn an Effizienz steht.

Im Desktop-PC hat sich diese Idee allerdings etwas anders entwickelt: Die Prozessoren sollen eine möglichst hohe Leistung bei einer breiten Staffelung von Aufgaben erzielen. Ob das nun das schnelle Starten eines Programmes ist, was nur einen oder zwei Kerne fordert, oder das Berechnen von Einzelbildern eines gerenderten Films, wozu sich viele Kerne einspannen lassen.

Hinzu kommt noch eine Überschreitung der TDP, die bei Intel inzwischen Processor Base Power (PBP) heißt und je nach CPU-Typ und -Modell unterschiedliche Werte erlaubt. Bei Intel gibt es zwei Power-Limits: PL1 und PL2. Ersteres ist die Langzeit-Verlustleistung (PBP) und zweiteres ein (deutlich) höherer Wert, um den die TDP für eine bestimmte Zeitspan-

Energieeffizienz moderner Prozessorplattformen

System	7-Zip 21.06a UE5.0EA, LZMA2, ultra [Wh]	Blender 3.0.0 „classroom“, CyclesX, CPU [Wh]	Handbrake 1.4.2 „Big Buck Bunny “, Production Max [Wh]	kcbench WSL[1] mit Modulen [Wh]	kcbench Ubuntu[1] mit Modulen [Wh]	PCMark 10 Express Standard-Durchlauf [Wh]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
AMD Ryzen 7 5700G	33,1	12,4	42,1	38,6	34,9	9,1
AMD Ryzen 9 5950X	39,0	9,2	37,2	33,3	30,7	19,3
AMD Ryzen Threadripper 3990X	62,9	8,9	49,3	42,9	32,6	47,4
Intel Core i9-12900K	38,6	17,2	64,4	49,4	45,9	15,3
Intel Core i9-12900K (PL an[2])	37,9	13,1	47,3	39,5	35,4	14,9
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[Punkte]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
AMD Ryzen 7 5700G	1552	373	1355	1302,5	1139,1	6517
AMD Ryzen 9 5950X	1129	196	757	650,9	602,0	6258
AMD Ryzen Threadripper 3990X	1150	90	482	408,7	300,7	5178
Intel Core i9-12900K	1132	206	801	670,9	611,5	5627
Intel Core i9-12900K (PL an[2])	1124	220	859	704,2	635,4	5656

gemessen unter Windows 11 (außer kcbench Ubuntu)
[1]WSL: Windows Subsystem for Linux: 5.10.16.3 (gcc 9.3.0); Ubuntu 21.10: 5.16.0-051500rc5 (gcc 11.2.0); zu kompilierender Kernel 5.15.7 [2]Power Limit 1: 241 Watt, Dauer 56 Sekunden, danach Power Limit 2: 125 Watt

ne PLtau überschritten werden kann. Hinzu kommen Parameter wie die Stromversorgung durch das Mainboard und die Effizienz der Kühlung, sprich, die Kerntemperaturen.

In der Folge erlaubt es Intel seinem Core i9-12900K mit einer PBP von 125 Watt, bis zu 241 Watt zu ziehen. Die PLtau hat Intel dabei für die Z690-Mainboards auf „unendlich“ gesetzt, üblich waren bei früheren CPU-Generationen 28 Sekunden, ab den bis zu 250 Watt durstigen Core i-11000 56 Sekunden – letzterer Wert steht übrigens auch für 125-Watt-Modelle des Core i-12000 im Intel-Datenblatt. Die Hersteller haben sich bei Mainboards mit Z-Chipsatz an diese Beschränkung aber kaum gehalten, sodass die CPUs oft unbemerkt übertaktet liefen [1]. AMDs Ryzen-Prozessoren dürfen ihre TDP ebenfalls überschreiten und das auch dauerhaft, sofern die Kühlung kräftig genug ist und das Mainboard den erhöhten Strom liefern kann. So wird aus der 105-Watt-CPU Ryzen 9 5950X auf einem passend dimensionierten System wie dem unseren ein 142-Watt-Modell.

Auf dem Prüfstand

Wir haben uns drei aktuelle High-End-Prozessoren herausgegriffen, um dieses Verhalten exemplarisch zu erläutern und die Auswirkungen auf die Effizienz zu untersuchen.

Mit von der Messpartie waren AMDs High-End-Desktop-Prozessor Ryzen Threadripper 3990X mit 280 Watt TDP auf dem MSI-Mainboard Creator TRX40, AMDs AM4-Sechzehnkerner Ryzen 9 5950X und der Ryzen7 5700G auf einem MSI MAG B550M Mortar und Intels Core i9-12900K auf dem Asrock Z690 PG Riptide, das in unserem Test von Z690-Boards die Power-Limits ab Werk am besten einhielt – in einem zusätzlichen Durchlauf haben wir hier die Power-Limits auf die Werte des Datenblattes eingestellt. 56 Sekunden lang durfte die CPU 241 Watt genehmigen, danach wurde auf 125 Watt gebremst. Im Normalfall bleibt es unter Volllast einfach bei 241 Watt.

Alle CPUs erhielten pro Speicherkanal 8 GByte DDR4-3200-Speicher, eine Samsung 980 Pro NVMe-SSD und das Be Quiet E11-PT-750W-Watt-Netzteil. Der Ryzen 9 5950X und der Ryzen Threadripper 3990X mussten jeweils noch eine sparsame Grafikkarte vom Typ GeForce GT 1030 mitschleppen, da ihnen anders als dem Core i9-12900K und dem Ryzen 7 5700G eine integrierte Grafikeinheit fehlt.

Der Großteil der Messungen lief unter Windows 11, weil sich nur damit die Core i-12000-Prozessoren voll ausreizen lassen. Zudem haben wir mit Blender 3.0



die Classroom-Szene gerendert als stellvertretenden Fall von Langläufer-Aufgaben. Blender nutzt alle CPU-Kerne nahezu voll aus und kommt auch bei der Produktion von Animationsfilmen zum Einsatz, was Systeme Tage und Wochen dauerbeschäftigt.

Als mittelfristige Aufgaben haben wir einen Videofilm mit Handbrake in der Voreinstellung „Production Max“ umgewandelt – bei dieser Volllastaufgabe bringen mehr als 12 Kerne nur geringen Zusatznutzen, weil Handbrake sie nicht optimal einbinden kann.

Mit 7-Zip haben wir das Verzeichnis der Unreal-Engine 5.0A mit 180.000 Dateien von rund 36 GByte auf 8 GByte komprimiert – Transfers auf mobile Datenträger laufen so um eine Größenordnung flotter, die Komprimierung spart also Zeit. Die Last schwankt dabei von 100 Prozent auf 32 Kernen bis hinunter zu ein bis zwei ausgelasteten Recheneinheiten.

Und zu guter Letzt simulierte der PCMark 10 Express eine Reihe typischer Büroaufgaben für uns, bei der die Systeme den schnellen und effizienten Wechsel verschiedener Lastzustände beweisen mussten.

Dabei haben wir alle System je nach Messung an unsere kalibrierten Messgeräte vom Typ Zimmer LMG95 oder LMG610 gehängt und die primärseitige Leistungsaufnahme des Gesamtsystems über die jeweilige Laufzeit des Tests protokolliert. Das Produkt aus Leistungaufnahme (in Watt) und Laufzeit (in Stunden) ergibt die für die jeweilige Aufgabe umgesetzte Menge an Energie (in Wattstunden).

Effizient, schnell – oder beides?

Da wir sehr verschiedene Plattformen vergleichen, haben wir außer der reinen Effizienz auch die Benchmarkdauer respektive die erreichte Punktzahl angegeben. Wenig überraschend ist der Ryzen 7 5700G als 65-Watt-Achtkerner mit integrierter Grafik bei den Teillasttests wie 7-Zip oder dem PCMark 10 ganz vorn bei der Effizienz mit dabei. In letzterem versaut übrigens ein miserabler Spreadsheet-Score den Intel-CPUs eine bessere Punktewertung, über die Laufzeit gesehen brauchen sie rund 52 Watt, während der 5700G mit 35 auskommt. In diesen beiden Teillast-Tests ist der Unterschied zwischen gesetzten und freien Power-Limits übrigens auch kaum messbar.

Dem Threadripper helfen seine vielen Kerne weder im PCMark 10 noch beim Komprimieren mit 7-Zip. Ersteres war zu erwarten, aber die Komprimierung nutzt bei realen Daten nur maximal 32 Threads – also ein Viertel dessen, was der 3990X aufbieten kann. Dass er da ins Hintertreffen gerät, verwundert nicht.

Anders sieht es unter Volllast aus. In Blender gehen der Threadripper 3990X und der R9 5950X mit deutlichem Abstand in Führung. Intels Core i9-12900K ist ab Werk nur halb so effizient, robbt sich mit korrekt gesetzten Power Limits aber fast auf das Niveau des R7 5700G. Beim Video-Transcoding mit Handbrake liegt der Ryzen 9 5950X wieder deutlich vorn: Gegenüber dem 5700G profitiert er von seinen zusätzlichen Kernen, gegenüber Intel zusätzlich von der deutlich geringeren absoluten Leistungsaufnahme. Der Threadripper kann hier aufgrund von Windows-Limits nur eine Prozessorgruppe von 32 Kernen ins Feld führen. Zudem nimmt der Leistungszuwachs bei Handbrake in den gewählten Einstellungen oberhalb von 12 Kernen ab und ist bei mehr als 16 Kernen kaum noch messbar. Dafür könnte man mehrere Videos parallel transkodieren.

Die Kompilierung des Linux-Kernels hat beim Threadripper mit dem Windows Subsystem for Linux (WSL) ein ähnliches Problem: Es kommen unter Windows 11 nur 32 der 64 Kerne zum Einsatz. Erst unter nativem Linux, hier Ubuntu 21.10, lässt der Threadripper seine Kompilierungsmuskeln spielen, verfehlt aber dennoch knapp den Ryzen 9 5950X bei der Effizienz. Intels Core i9-12900K kann nur mit gesetzten Power-Limits knapp an die Effizienz des Ryzen7 5700G heranreichen.

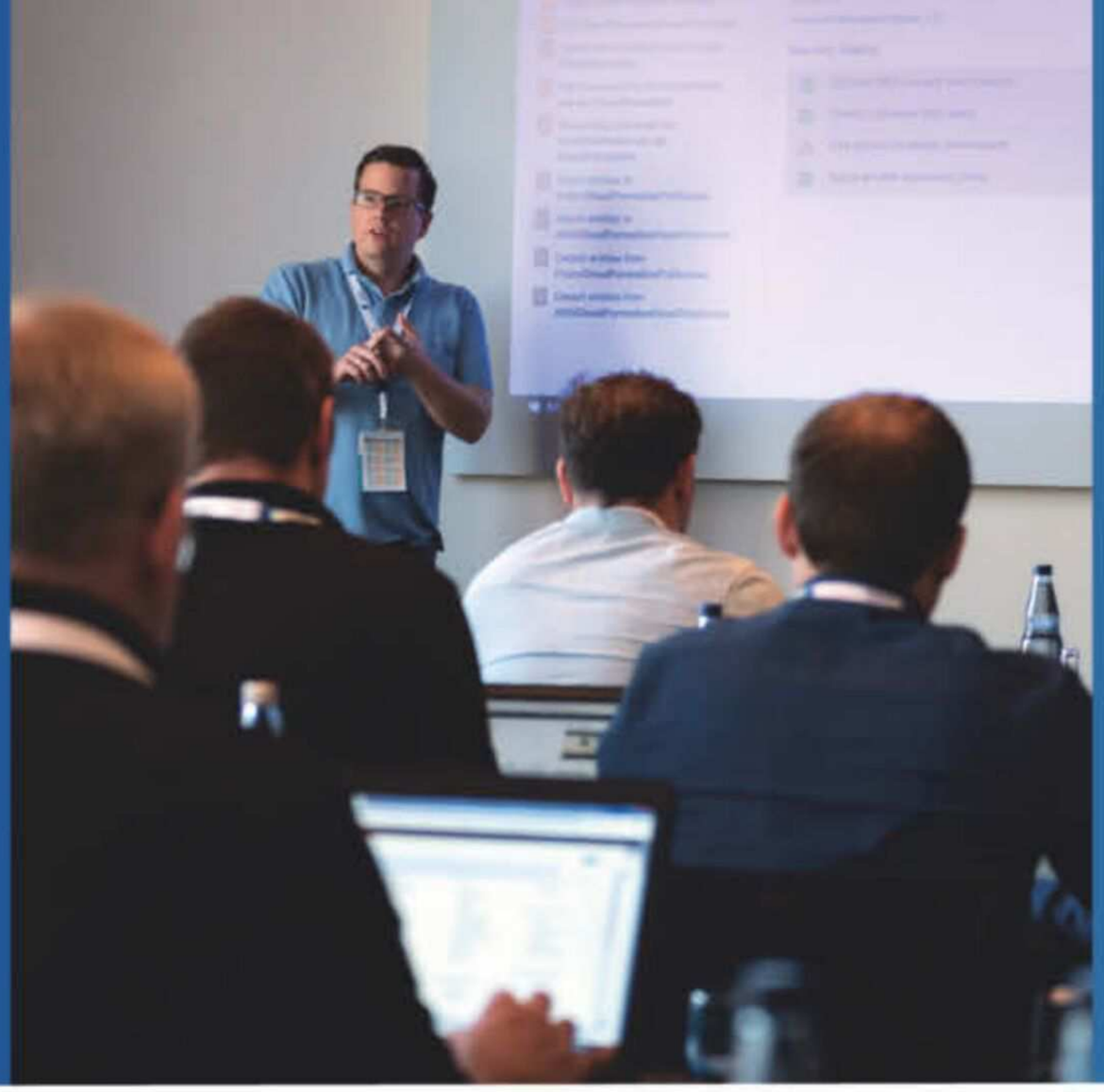
Fazit

Grundsätzlich bestätigen unsere Messungen: Geht es um allerhöchste Performance, bleibt die Effizienz manchmal auf der Strecke. Intels Core i9-12900K hat seinen Ruf als Schluckspecht nicht ganz zu Unrecht. Das ist aber wohl hauptsächlich der Jagd nach Benchmarkrekorden geschuldet. Denn setzt man die Power-Limits anhand der Werte im Datenblatt, verbessert sich die Effizienz insgesamt um 16 Prozent. Betrachtet man rein die Volllast-Tests, sind es sogar 23 Prozent – hierbei ist aber auch der Leistungsunterschied umso stärker spürbar, je länger die Tests laufen.

Bei AMD ist die Aufteilung etwas differenzierter: Je mehr Kerne beschäftigt werden können, desto effizienter arbeitet der Ryzen 9 5950X und muss sich trotz nötiger, externer Grafikkarte dem R7 5700G nur im Teillastbereich geschlagen geben. Der Threadripper mit seiner aufwendigen Plattform fühlt sich bei langwierigen Rendering- oder Kompilierungs-Jobs am wohlsten. Dort kann seine schiere Kernzahl auch den Nachteil der älteren Kernarchitektur ausgleichen. (csp) c't

Literatur

[1] Christian Hirsch, Kernschmelze, Wie Mainboard-Hersteller bei der CPU-Performance tricksen, c't 3/2019, S. 184



storage2day

Die Heise-Konferenz für Speichernetze und Datenmanagement

13. und 14. Oktober 2022 in München

Der Treffpunkt für Storage-Anwender

Jetzt Early-Bird-Rabatt nutzen!

Die storage2day bietet Ihnen aktuelle **Informationen** und **Inspiration** sowie viel Raum für **anregende Gespräche** und **Networking** mit Gleichgesinnten.

Bringen Sie sich auf den aktuellen Stand bei Themen wie Storage-Architekturen, Security, Ransomware, Backup & Recovery, Storage-Performance, NVMe, DAOS ...

Lernen Sie, wie Sie Ihre Speicherkonzepte effizienter und sicherer gestalten, und schauen Sie mit uns auf die Trends von morgen.

www.storage2day.de

Platinsponsoren

CLOUDIAN · RNT RAUSCH

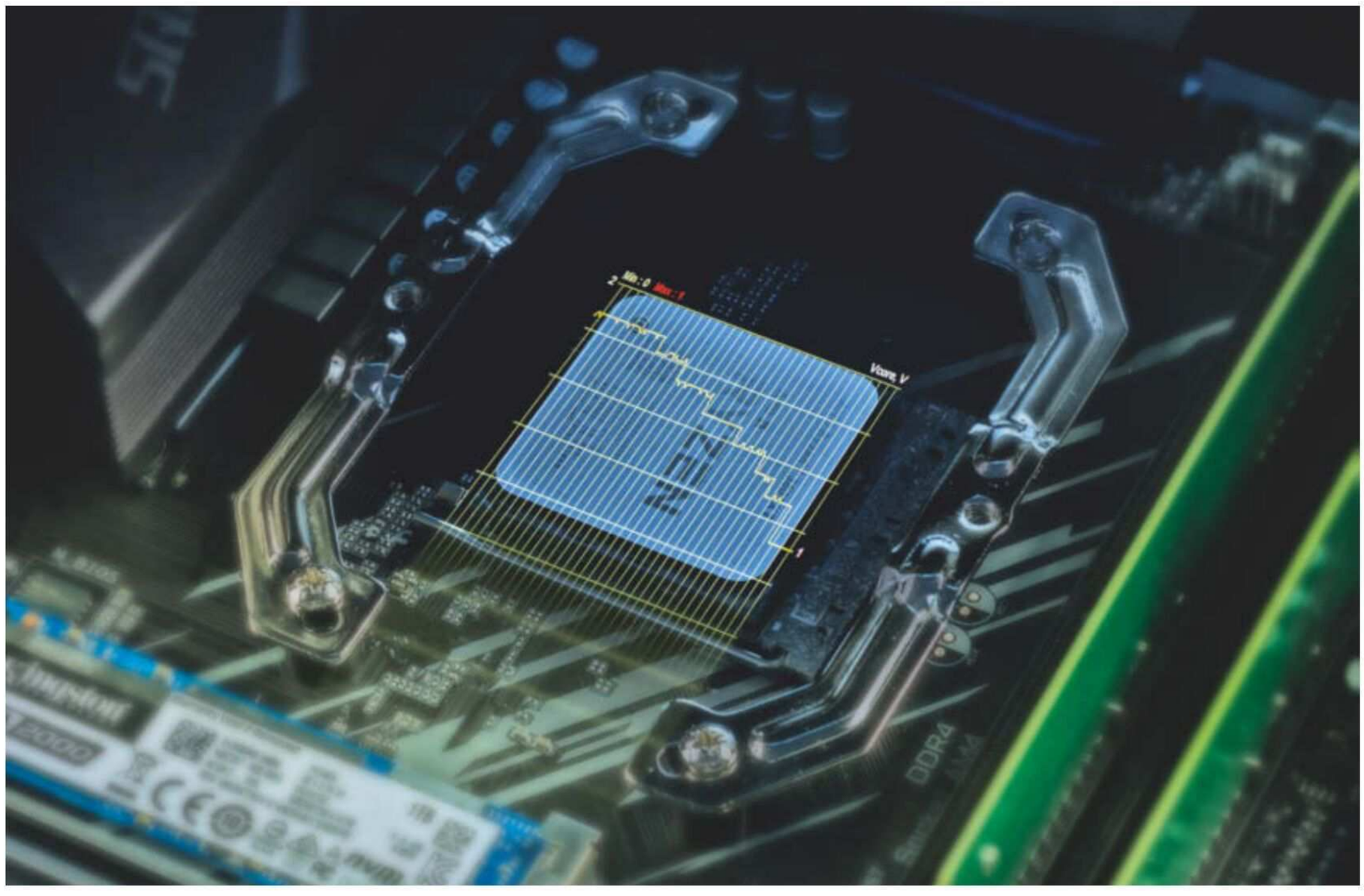
Goldsponsoren

DATACORE · FAST LTA · iTernity

Veranstalter

iX · dpunkt.verlag

POINT software & systems · PURESTORAGE · THOMAS KRENN · StarWind · VEEAM



Energie sparen mit Clock Tuner for Ryzen

Die Leistungsaufnahme von Prozessoren lässt sich durch Absenken ihrer Kernspannung reduzieren. Dabei hilft die kostenlose Software Clock Tuner for Ryzen, indem sie viele Schritte automatisiert durchführt. Am Ende stehen bis zu 20 Prozent Energieersparnis.

Von **Christian Hirsch**

Manche PC-Prozessoren verbraten mehr Strom als nötig. In den PC-Bauvorschlägen für die Ryzen-Allrounder 2020 und 2021 haben wir in der Basisvariante jeweils den Sechskerner Ryzen 5 3600 eingebaut. Er bietet dank Simultaneous Multithreading (SMT) und bis zu 4,2 GHz Takt genug Rechenleistung für gängige Anwendungen und 3D-Spiele und hat mit 65 Watt Thermal Design Power eine moderate Leistungsaufnahme.

Allerdings verwendet AMD für die Hexa-Cores nicht immer die effizientesten Halbleiter-Dies, denn diese kommen vorrangig in den teureren Exemplaren zum Einsatz, die höher takten und bei denen alle acht Kerne eines CPU Core Dies (CCD) aktiv sind.

Unser Exemplar des Ryzen 5 3600 fordert beispielsweise unter Last eine vergleichsweise hohe Kernspannung von über 1,3 Volt an und heizt sich trotz des leistungsfähigen Tower-Kühlers ziemlich stark auf. Der 16-Kerner Ryzen 9 3950X benötigt im gleichen System bei Volllast lediglich knapp über 1,1 Volt und bleibt dabei 10 Grad Celsius kühler.

Undervolting per Software

Deshalb haben wir untersucht, ob wir durch Undervolting die Leistungsaufnahme unter Last etwas absenken können. Das klappt, weil die CPU- und Board-Hersteller dem Prozessor immer eine etwas höhere Spannung geben als notwendig. Damit gehen sie auf Nummer sicher, dass trotz Fertigungsschwankungen der Chips und der Wandlerbauteile auf dem Board das System in allen Konstellationen stabil läuft. Beim Undervolting versucht man diesen Sicherheitsaufschlag abzuschmelzen, um durch das Absenken der Kernspannung einiges an Strom zu sparen [1]. Das funktioniert aber nicht bei jeder CPU gleich gut, bei zu niedriger Spannung drohen Rechenfehler und Abstürze.

Das kostenlose Windows-Tool Clock Tuner for Ryzen (CTR) erleichtert das Vorgehen bei Ryzen-Prozessoren erheblich. Statt in einer Tippel-Tappel-Tour von Hand die Spannung schrittweise zu reduzieren und jeweils die Stabilität prüfen zu müssen, übernimmt dies weitgehend automatisiert die CTR-Software. Das klappt bei den meisten Ryzen-3000-Systemen.

CTR stammt nicht vom CPU-Hersteller AMD, sondern vom unabhängigen Entwickler Yuri Bubliy, der bereits den DRAM Calculator for Ryzen entwickelt hatte, der beim Speicherübertakten hilft. Wir haben die Tests mit der Version 1.1 Beta 7 durchgeführt. Inzwischen gibt es die überarbeitete und erweiterte Version 2.1, die nicht nur die Ryzen 3000 „Matisse“ und Ryzen Threadripper 3000 „Castle Peak“, sondern auch die moderneren Ryzen 4000G „Renoir“ und 5000 „Vermeer“ unterstützt.

Erste Schritte

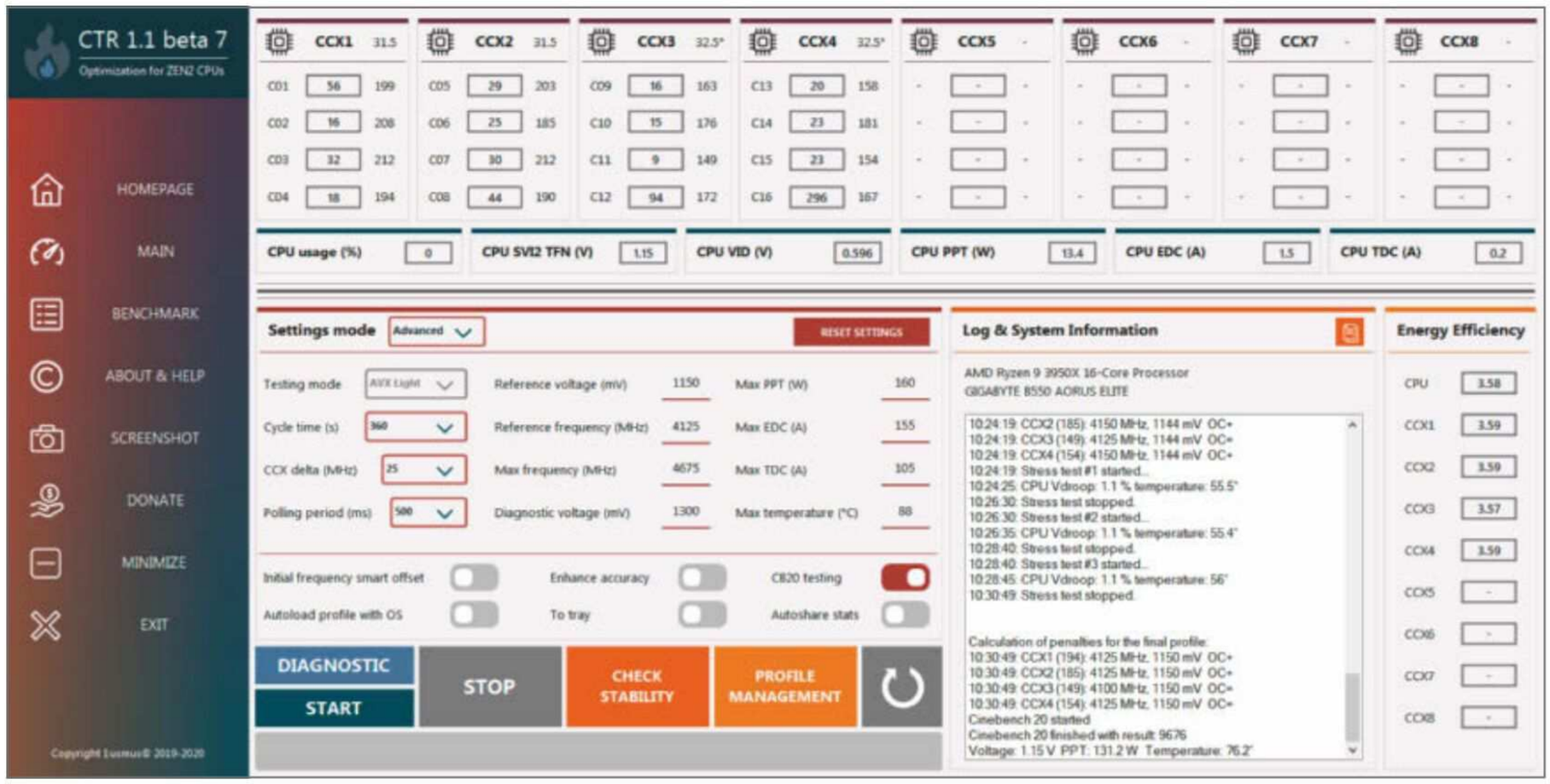
Vor dem Start des Undervoltings müssen Sie einige Vorbereitungen treffen. Außer Clock Tuner for Ryzen benötigen Sie in jedem Fall das Ryzen Master Tool von AMD, optional den Rendering-Benchmark Cinebench R20 sowie das .NET-Framework 4.8, falls es nicht schon installiert ist. Die Download-Links finden Sie unter ct.de/waw4. Nach dem Aufspielen aller Programme müssen Sie das Ryzen Master Tool von AMD einmal starten und dessen Nutzungsbedingungen abnicken. Danach können Sie es wieder schließen. Um den integrierten Benchmark-Vergleich nutzen zu können, müssen Sie den Inhalt des Cinebench-Ordners in den Unterordner CB20 des Clock Tuners entpacken.

Durch das Verändern von Taktfrequenzen und Spannungen betreiben Sie die CPU außerhalb der Spezifikation, auch wenn die Werte – anders als beim Übertakten – niedriger liegen als nominal. Es kann also zu Abstürzen und Datenverlusten kommen. Deshalb sollten Sie während der Experimente keine anderen Programme offen haben und vorher ein Backup Ihrer Daten anlegen.

Bevor Sie loslegen, empfiehlt sich noch ein kleiner Umweg über das BIOS-Setup. Zwar werden alle Einstellungen von der Software unter Windows vorgenommen, der Entwickler des Clock Tuner rät aber die sogenannte Load Line Calibration (LLC) anzupassen. Unter Last bricht die Spannung des Prozessors immer etwas ein. Die LLC der Spannungswandler auf dem Board wirkt dem entgegen, zu hoch sollte sie aber auch nicht eingestellt sein, sonst verpufft der Spareffekt. Bei Mainboards von Asus und MSI sollte man LLC auf Stufe 3 setzen, bei Asrock auf Stufe 2 und bei dem von uns verwendeten Gigabyte B550 Aorus Elite auf „Turbo“.

Nach dem Start des Clock Tuner erscheint im Menüpunkt Main als erstes eine Oberfläche mit zahlreichen Zahlen, die auf den ersten Blick verwirren. Im oberen Drittel sind die CPU-Temperatur sowie die momentanen effektiven Taktfrequenzen der Kerne aufgelistet, sortiert nach der Zugehörigkeit zu den CPU Core Complexes (CCX). Beim effektiven Takt handelt es sich um einen errechneten, theoretischen Wert aus dem Produkt der Taktfrequenz und Auslastung des jeweiligen Kerns. In der Praxis können die CPU-Kerne von Ryzen-3000-Prozessoren jedoch nur definierte Frequenzen in 25-MHz-Schritten annehmen und auch nicht beliebig tief takten. Hat ein CPU-Kern nichts zu tun, so wird er komplett stromlos geschaltet und hat folglich überhaupt keinen messbaren Takt.

Interessant ist die feste Zahlenangabe hinter dem effektiven Takt. Dabei handelt es sich um den sogenannten CPPC2-Indexwert (Collaborative Processor Performance Control). Ab den Ryzen 3000 hat nicht mehr jeder Kern und vor allem nicht jedes CCD die gleiche Qualität und erreicht den maximalen Turbotakt des Prozessors. Bei unserem Exemplar des 12-Kerners Ryzen 9 3900X schaffen beispielsweise die sechs Kerne des ersten CCD zwischen 4,525 und 4,575 GHz, während die sechs



Der Clock Tuner for Ryzen liefert im oberen Drittel zusätzlich Statusinformationen wie Taktfrequenzen, Spannungen und die Qualität der einzelnen CPU-Kerne.

Kerne des zweiten CCDs im Schnitt 175 MHz darunter liegen [2].

Da bei Last auf vielen Threads andere Größen wie das Power-Limit die Taktfrequenz limitieren, ist dieser Unterschied nicht relevant. Anhand des CPPC2-Indexwerts kann der Windows-Scheduler zusammen mit dem AMD-Chipsatztreiber bei Teillast laufende Threads den schnellsten Kernen zuordnen. Im Ryzen Master Tool AMD sind diese mit goldenen und silbernen Sternen und Punkten markiert.

Darunter zeigt CTR in einer Zeile weitere Werte wie beispielsweise die Package Power (PPT), Kernspannung (VID) und die Stromstärken (TDC und EDC) an. Wenn Sie den Settings Mode auf Advanced stellen, erscheinen die Maximalwerte, die die Board-Wandler liefern können.

Vorabdiagnose

Im ersten Schritt testet der Clock Tuner die CPU durch, um deren Qualität einzuschätzen. Dazu müssen Sie lediglich auf die große Schaltfläche Diagnose klicken. Dabei stellt das Tool eine vergleichsweise konservative Taktfrequenz von 4,05 GHz sowie die recht hohe Kernspannung von 1,3 Volt ein. Anschließend reduziert das Tool selbstständig die Spannung schrittweise um sechs Millivolt und prüft jeweils die Stabilität mit dem Lastprogramm Prime95. Dieses beansprucht die Recheneinheiten der CPU mit AVX2-Befehlen stark und es hat den Vorteil, die Ergebnisse zugleich auf Korrektheit zu prüfen.

Bei Instabilitäten durch zu geringe Spannung stürzt ein Rechner nicht unbedingt sofort ab, sondern es treten vorher bereits Rechenfehler auf. Sollte es dennoch zum Einfrieren oder Neustart des Systems kommen, können Sie den Diagnose-Prozess nach einem Reboot problemlos neu starten. Die geänderten Vorgaben für Takt und Spannung sind immer nur temporär bis zum nächsten Neustart des Rechners aktiv.

Bei unserem Exemplar des Ryzen 5 3600 traten die ersten Rechenfehler bei rund 1,16 Volt auf. Der Diagnoselauf benötigte etwa 45 Minuten. Je nach CPU kann das auch länger oder kürzer dauern. Als Ergebnis sortierte der Clock Tuner unseren Prozessor in die zweitschlechteste Stufe Silber ein. Das passt, denn im Vergleich zum als Gold eingestuften Ryzen 7 3800XT benötigt der Ryzen 5 3600 bei Standardeinstellungen unter Last auf allen Kernen trotz 100 MHz weniger Takt eine vergleichsweise hohe Kernspannung von 1,344 statt 1,275 Volt.

Nun steht die Optimierung an. Dabei haben Sie die Wahl, ob sie die CPU eher für einen geringen Energiebedarf (Undervolting) oder für mehr Performance (Overclocking) optimieren wollen. Die Ausgangspaare für Takt und Spannung finden Sie jeweils

im Log-Feld. In unserem Fall waren die Empfehlung fürs Undervolting 4050 MHz bei 1175 Millivolt. Schalten Sie den Settings Mode auf Advanced und tragen Sie die beiden Werte unter „Reference voltage (mV)“ und „Reference frequency“ ein.

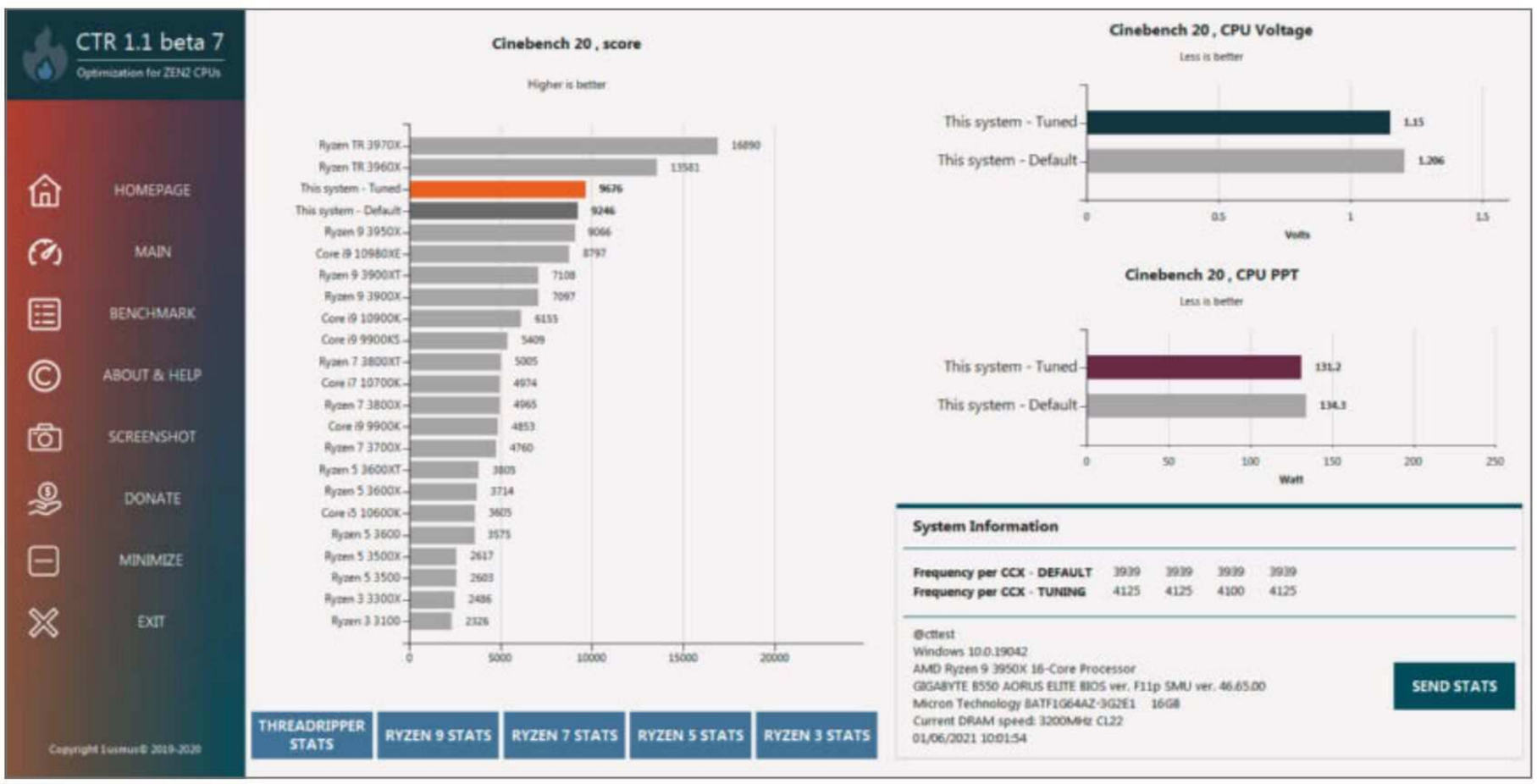
Über die Schaltfläche Start beginnt der Optimierungsprozess. Zunächst misst der Clock Tuner die Ausgangsperformance mit dem Cinebench R20. Anschließend versucht das Programm durch Änderung der Taktfrequenz in 25-MHz-Schritten und der Spannung in 6-mV-Schritten die CPU auf maximale Effizienz zu trimmen aber zugleich auf Stabilität zu prüfen. Fürs automatisierte Übertakten ist das Vorgehen identisch, nur dass Sie als Startwerte die Overclocking-Werte des Diagnoselaufs verwenden.

Großer Spareffekt

Nach Abschluss der Optimierung misst der Clock Tuner wieder die Performance mit dem Rendering-Benchmark, sodass man den direkten Vorher-Nachher-Vergleich hat. In unserem Fall kristallisierte sich für den Ryzen 5 3600 als stabile Einstellung ein Takt von 4,075 GHz bei 1,175 Volt heraus. Die Multithreading-Wertung des Cinebench lag im Rahmen der Messungenauigkeit gleichauf, allerdings schluckte das Gesamtsystem dabei statt 126 nur noch 98 Watt – 22 Prozent weniger als im Nominalbetrieb! Die geringere Wärmeentwicklung hat zudem den Vorteil, dass die CPU weniger heiß wird und dadurch auch die Lüfter langsamer drehen können, was der Lautstärke zugutekommt.

Die größten Effizienzgewinne gibt es bei den Sechs- und Achtkernvarianten der Ryzen-Prozessoren. Dank des Undervoltings mit dem Clock Tuner blieb die Multithreading-Leistung gleich oder stieg sogar noch leicht bei zugleich deutlich geringer Leistungsaufnahme. Beim Ryzen 7 3800XT erreichten wir wie beim Ryzen 5 3600 einen Effizienzzuwachs von knapp über 20 Prozent.

Beim 16-Kerner Ryzen 9 3950X mit zwei CPU Core Dies fällt der Einspareffekt mit 9 Prozent wesentlich geringer aus. Das liegt wie oben erwähnt daran, dass die effizienteren Chips für High-End-Prozessoren für die gleiche Taktfrequenz von Haus aus schon weniger Spannung benötigen. Zudem limitiert bei den Ryzen-CPUs mit vielen Kernen bei Volllast das Leistungsbudget die Taktfrequenzen. Beim Ryzen 9 3950X teilen sich 16 Kerne die maximal erlaubten 142 Watt Package Power (PPT), jedem Kern stehen also rein rechnerisch 8,9 Watt zur Verfügung. Beim Ryzen 5 3600 mit 88 Watt PPT und sechs Kernen sind es mit 14,7 Watt pro Kern deutlich mehr. Deshalb takten die 12- und 16-Kerner unter Volllast nicht so hoch, weshalb sie dabei weniger Spannung benötigen und der Undervolting-Spielraum geringer ist.



Einen Vorher-Nachher-Benchmarkvergleich liefert der Clock Tuner, wenn man den optionalen Cinebench R20 installiert.

Ryzen Clock Tuner: Messwerte

Prozessor / Einstellung	Cinebench R20 1T [Punkte]	Cinebench R20 MT [Punkte]	Leistungaufnahme[1] [W]	Effizienz [Cinebench pro Watt]
	besser ▶	besser ▶	◀ besser	besser ▶
Ryzen 5 3600				
nominal	489	3729	126	29,6
Undervolting	474	3708	98	37,8
Overclocking	484	3802	109	34,9
Ryzen 7 3800XT				
nominal	537	5088	158	32,2
Undervolting	500	5208	127	41
Overclocking	520	5378	145	37,1
Ryzen 9 3950X				
nominal	532	9469	208	45,5
Undervolting	479	9662	194	49,8
Overclocking	494	9977	228	43,8

[1] Gesamtsystem bei Cinebench R20 MT, inklusive Mainboard, Netzteil, SSD, Grafkkarte

Nebenwirkungen

Wie alles im Leben gibt es jedoch nichts umsonst: Da der Clock Tuner den Taktmultiplikator fest einstellt, verliert man die Turbofunktion des Prozessors. Bei Last auf einem Kern erreicht der Ryzen 5 3600 also nicht mehr die maximale Turbostufe von 4,2 GHz, sondern ist bei 4,075 GHz festgenagelt. Dadurch büßt er in der Singlethreading-Wertung des Cinebench drei Prozent Performance ein.

Bei den höhertaktenden AMD-Prozessoren wie dem Ryzen 9 3950X fällt diese Differenz noch größer aus. Statt bis zu 4,625 GHz beträgt die Taktfrequenz nach der Undervolting-Optimierung unabhängig von der CPU-Last immer 4,125 GHz. Das kostet dem Spitzenmodell der Ryzen-3000er-Serie zehn Prozent der Singlethreading-Performance. Auf die Leistungsaufnahme im Leerlauf hat das keinen Einfluss, da die Kerne dabei die meiste Zeit komplett stromlos sind und kein Taktsignal mehr anliegt.

Alternativ lässt sich der Clock Tuner fürs Übertakten verwenden. Das Programm zielt jedoch nicht auf Taktrekorde. Das Taktpotenzial der Ryzen-Prozessoren ist schon von Haus weitgehend ausgeschöpft, sodass man die Kernspannung um 0,1 bis 0,2 Volt erhöhen müsste, was jedoch die Leistungsaufnahme kräftig um 20 bis 30 Prozent steigen lässt [3]. Der Clock Tuner übertaktet deshalb nur moderat, weshalb das System abhängig von der CPU geringfügig weniger bis geringfügig mehr Strom benötigt als im Nominalbetrieb. Ein Rückgang der Singlethreading-Leistung ist prinzipbedingt dabei aber ebenfalls vorhanden.

Wenn Sie Ihre Einstellungen gefunden haben, können Sie diese einzeln für jedes CCX im Profile Management des Clock Tuner als eines von zwei Profilen abspeichern (Save / Rewrite) und übernehmen (Apply). Über die Option „Autoload profile with OS“ wird dieses bei jedem Windows-Start automatisch angewendet. Alternativ können Sie die ermittelten Werte für Spannung und Taktmultiplikator auch ins BIOS-Setup eintragen.

Fazit

Der Clock Tuner for Ryzen ist ein hilfreiches Werkzeug, mit dem man die Effizienz moderner Ryzen-Prozessoren weiter steigern kann. Es reduziert den Energiebedarf unter Volllast vor allem bei Mittelklasse-CPUs deutlich. Dabei nimmt einem das Tool viele Zwischenschritte ab. Allerdings handelt es sich um keine Ein-Klick-Lösung, die jegliche Abstürze vermeidet. Etwas Experimentierspaß und Grundwissen zu Aufbau und Technik der Ryzen-Prozessoren sollte man mitbringen. Zudem empfehlen wir anschließend die Stabilität noch einmal selbst mit diversen Anwendungen und 3D-Spielen gegenzuprüfen. Inzwischen gibt es die CTR-Version 2.1, die mit den aktuellen Ryzen-5000-Prozessoren zusammenspielt und einen Hybrid-Modus enthält, der den Overclocking-Modus von AMD Precision Boost Overdrive mit einbindet. (chh) c't

Literatur

[1] Carsten, Spille, **Voll entspannt**, Mit Undervolting Stromverbrauch, Lärm und Hitze reduzieren, c't 16/2020, S. 144

[2] Christian Hirsch, **Voll auf die Zwölf**, Ryzen 9 3900X und Ryzen 7 3700X mit PCI Express 4.0, c't 16/2019, S. 16

[3] Christian Hirsch, **Need for Speed**, Ryzen 3000 übertakten, c't 19/2019, S. 140

Download
Clock Tuner for Ryzen
ct.de/waw4



Herbstcampus

Die Nürnberger Konferenz mit der Lernatmosphäre

6. bis 8. September 2022
TH Nürnberg

Bis 3. August
Frühbucher-Rabatt
Jetzt buchen!

Der Herbstcampus ist der **Geheimtipp** schlechthin für Softwareentwickler, Softwarearchitekten und IT-Projektleiter im Enterprise-Umfeld. Die Nürnberger Fachkonferenz bietet IT-Profis aus ganz Deutschland ein **professionelles und lockeres Umfeld**, um aktuelle Trends kennenzulernen, aber auch um ganz bewusst Themen **abseits des Mainstreams** zu entdecken.

Highlights des Herbstcampus

- Lernen Sie aktuelle Trends der Softwareentwicklung kennen.
- Wählen Sie aus rund 40 Vorträgen und 4 ganztägigen Workshops Ihr Programm aus.
- Besuchen Sie die Konferenzausstellung mit wichtigen Unternehmen der Region und der Branche.
- Profitieren Sie von der anregenden Lern-Atmosphäre und hohem Wohlfühlfaktor.
- Genießen Sie die die Rund-um-die-Verpflegung über zwei Tage – inkl. Get-together am ersten Konferenzabend.

www.herbstcampus.de

Veranstalter

MATHEMA · iX Magazin für professionelle Informationstechnik · heise Developer · dpunkt.verlag

Gold-Sponsor

e.solutions

Silber-Sponsoren

adesso business. people. technology. · Capgemini · infoteam software · jambit where innovation works



Nutzloser Stromsparer

Kaufen, einstecken, Strom sparen: Das verspricht die Voltbox. Der Blick in ihre Eingeweide deckt auf, dass das Kästchen etwas ganz anderes leistet, aber auch das unzureichend.

Von **Ernst Ahlers**

Für nur 59 Euro pro Stück soll die Voltbox „bis zu 90 Prozent“ der Stromrechnung sparen. Das erreicht sie angeblich durch eine „bahnbrechende Stromstablisierungstechnologie (EST) mit Blindleistungskompensation“, die den Stromfluss in der Wohnung stabilisieren und die Effizienz erhöhen soll. Obendrein soll man „weniger künstlicher elektromagnetischer Strahlung (EMF/EMR)“ ausgesetzt werden. Schließlich „setzt [die Voltbox] fortschrittliche Kondensatoren ein, um schädliche Stromspitzen zu eliminieren, die deine Haushalts- und Elektrogeräte beschädigen können.“

Zumindest den letzten Punkt – so viel sei vorweggenommen – erfüllt sie ansatzweise. Warum die

Im Voltbox-Gehäuse sitzt eine kleine Platine mit wenigen Bauteilen sowie als „Filterelement“ ein großer schwarzer Klotz, eine Blackbox im Wortsinn.



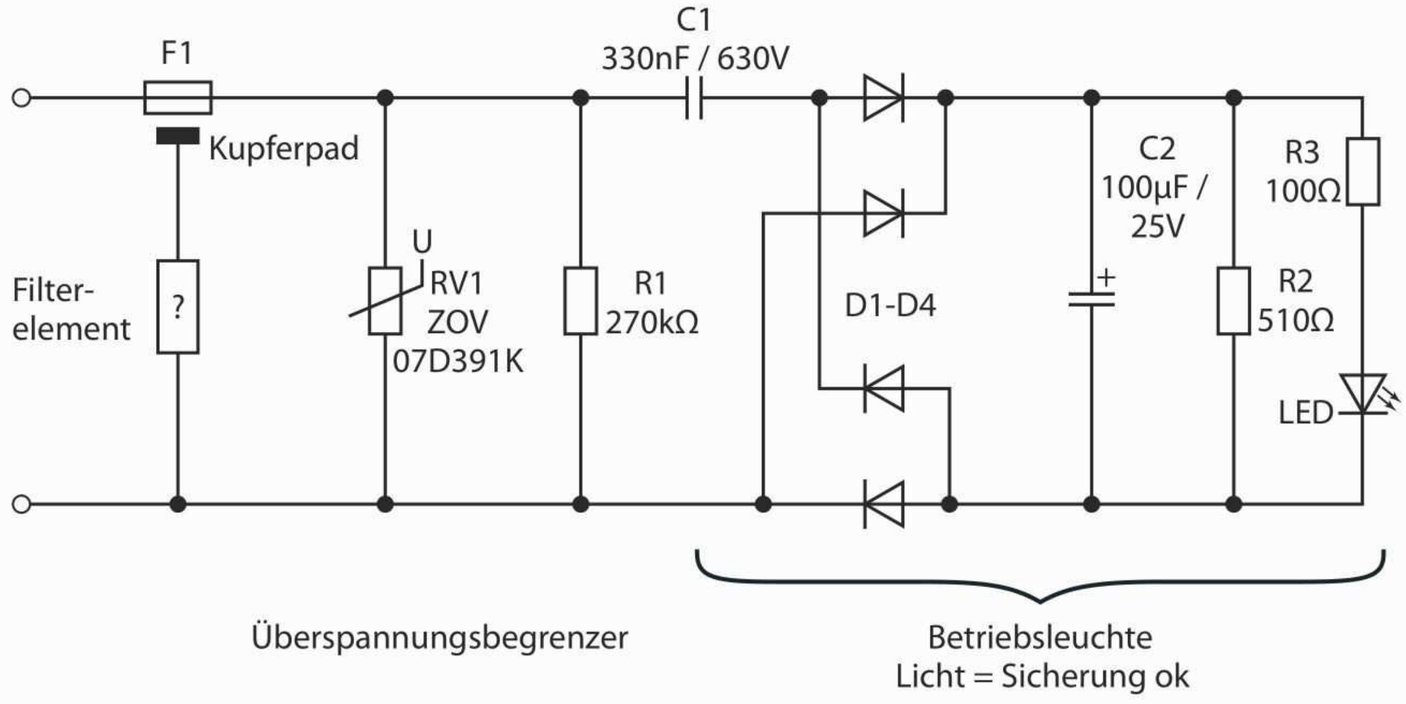
Voltbox ansonsten krachend scheitert, klärt die Analyse ihres Innenlebens. Damit Sie nicht auf uns allein vertrauen müssen, haben wir ein Exemplar dem VDE zur unabhängigen Begutachtung übergeben.

Analyse

Elektrotechnisch Bewanderte erkennen schon am Gehäuse, dass die Voltbox nicht den *Strom* der heimischen Verbraucher beeinflussen kann: Sie hat keinen Schuko-Ausgang, an die man andere Geräte anschließen könnte, sondern sitzt parallel zu ihnen im Hausstromnetz und kann deshalb nur auf die *Spannung* wirken. Was für Laien spitzfindig klingt, ist technisch relevant: Damit eine Schaltung die von Verbrauchern gezogene Blindleistung kompensieren kann, muss sie deren Strom „formen“, ihn also bei nichtlinearen Verbrauchern sinusför-

Voltbox-Schaltplan

Die meisten Bauteile ab C1 verwendet die Voltbox für die Betriebsanzeige.
Als Überspannungsbegrenzer dient ein einsamer Varistor (RV1).
Das ominöse Filterelement, im Foto oben der schwarze Klotz mit zwei dicken Drähten, stellte sich beim Durchleuchten als Placebo heraus.

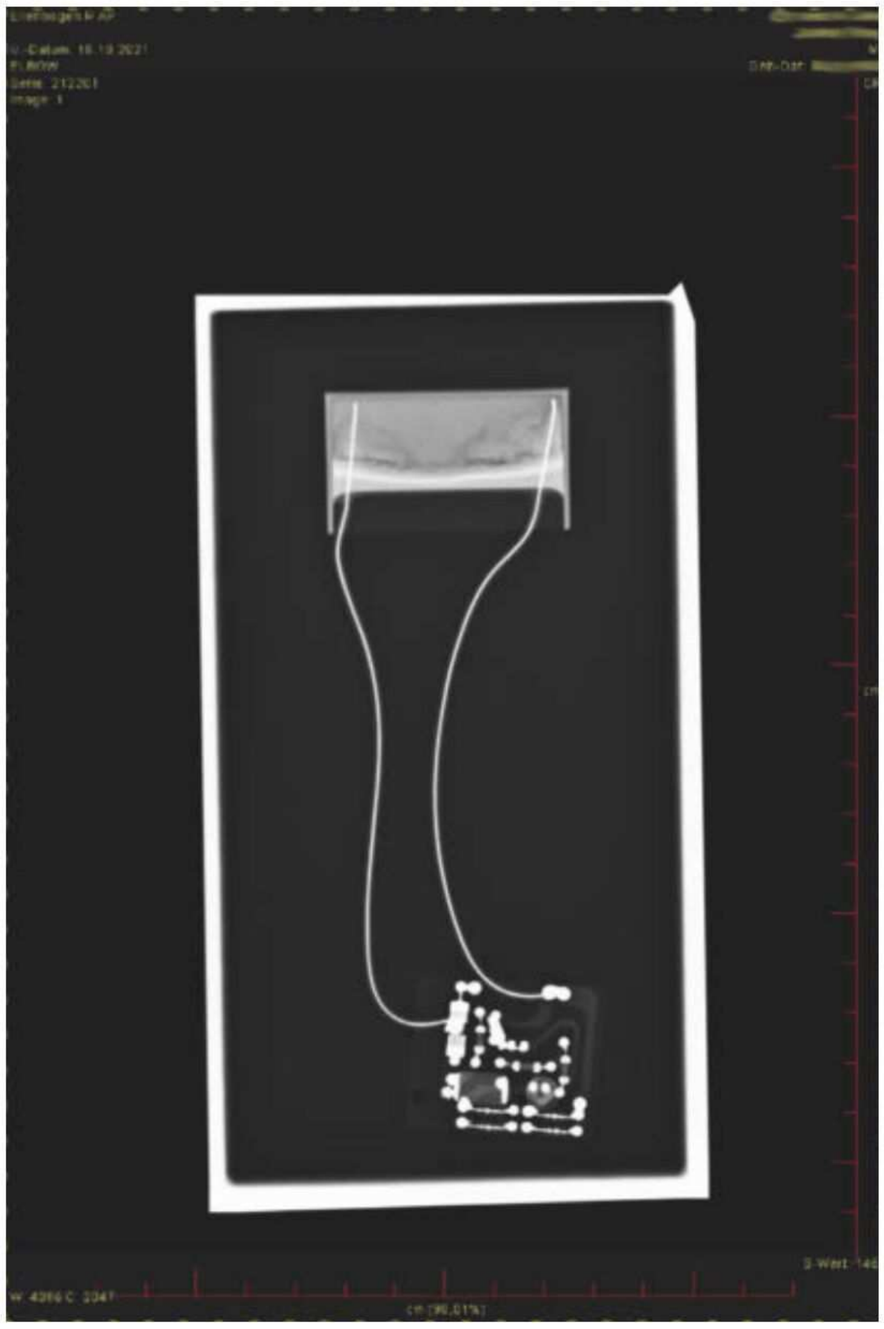


miger machen und bei komplexen Lasten zeitlich verschieben.

Eine Blindleistungskompensation wäre bei induktiven Verbrauchern (Motoren, Elektromagneten) zwar mit parallel geschalteten Kondensatoren möglich. Doch die müssten dann einerseits so groß sein, dass sie nicht in das Kästchen passen, und andererseits mit dem Verbraucher ein- und ausgeschaltet werden. Ohnehin müssen die meisten elektrischen Verbraucher, die nennenswert Leistung aufnehmen, seit 2001 ab Werk mit einer Power-Factor-Correction ausgestattet sein [1]. Das macht die Voltbox in Sachen Spannungsqualität für alle praktischen Belange überflüssig.

Schließlich wird die Blindleistung nur bei gewerblichen Großabnehmern berechnet und ist daher für Privatkunden belanglos. An der Wirkleistung der heimischen Verbraucher, die über die Betriebszeit zur bezahlten Energie wird, kann die Voltbox aber nichts drehen. Das bestätigte uns der VDE: „Das Produkt weist keinerlei Merkmale auf, die dem Produktversprechen entsprechen."

Dazu machte das VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut in Offenbach einen Versuch mit einem Hi-Fi-Verstärker als Verbraucher, der einen ausgeprägt nichtlinearen Strom zieht, was einen hohen Blindleistungsanteil bewirkt. Hier sollte die Voltbox ja ihr Wunder wirken können. Doch nach dem Einstecken des Kästchens zog das System sogar einen Tick mehr Wirkleistung statt deutlich weniger. Bei 0,3 Watt Leistungsaufnahme halten sich die jährlichen Stromkosten der Voltbox selbst mit rund einem Euro aber im Rahmen. Wenn das Gerät nicht beim Energiesparen hilft, dann hat es vielleicht andere Funktionen.



Auf dem Röntgenbild erkennt man unten auf der Platine als helle Flecken metallische Strukturen der elektronischen Bauelemente. Im Körper der Blackbox (oben) fehlt derlei. Abgesehen von den Enden der Zuleitungsdrähte steckt darin nur eine amorphe Vergussmasse.

Innenleben

Um die zu finden, haben wir die Schaltung der Voltbox analysiert (siehe Schaltbild). Anscheinend basiert sie auf einem Überspannungsfeinschutz für zweipolige Stromnetze, dem der Hersteller ein zusätzliches „Filterelement" implantiert hat, im Bild der separate schwarze Klotz mit zwei Zuleitungsadern.

Der Rest der Schaltung besteht im Wesentlichen aus einem Varistor (RV1, Bauelement, das Überspannungen „kurzschließt") und einer Betriebsanzeige. Die Leuchtdiode wird aus einem kapazitiven Spannungsteiler (C1, R2) mit Brückengleichrichter (D1–D4) und Speicherelko (C2) gespeist.

Auffälligerweise hängt das Filterelement zwar einerseits direkt an einem Netzpol, ist auf der anderen Seite aber an ein Kupferpad angeschlossen. So ist der Filter nur schwach kapazitiv mit dem Stromnetz gekoppelt und würde allenfalls bei sehr hohen Frequenzen wirken, die dort aber gar nicht auftreten.

Da der Klotz nicht beschriftet ist, baten wir einen befreundeten Orthopäden, seinen „Röntgenblick" einzusetzen. Der deckt auf, dass in dem Kunststoffbecher außer den Drahtenden nur eine amorphe Vergussmasse steckt. Von metallischen Elementen, die man bei anderen elektronischen Bauteilen auf der Platine im Röntgenbild erkennt, war nichts zu sehen. Selten war der Begriff Placebo angebrachter als hier.

In puncto „weniger künstliche elektromagnetische Strahlung (EMF/EMR)" können wir der Voltbox

Voltbox	
Stromspar-Placebo	
Hersteller, URL	UAB CommerceCore, getvoltbox.com
Bedienelemente	Statusleuchte (Funktion)
Anschlüsse	Stromnetz (zweipolig)
Funktionen	Nachtlicht, Überspannungsbegrenzung (zweipolig)
Leistungsaufnahme	0,3 W (5,6 VA)
jährliche Stromkosten	ca. 1 €
Preis (Einzelstück)	59 €

immerhin bestätigen, dass sie angesichts ihrer geringen Leistungsaufnahme und simplen Schaltung nicht nennenswert dazu beiträgt. Da sie aber die nichtlinearen Ströme anderer Verbraucher nicht reduzieren kann, kann sie auch die dadurch entstehenden niederfrequenten Magnetfelder im Bereich weniger Kilohertz nicht mindern.

Das einzig Wirksame an der Voltbox ist neben der Nachtlichtfunktion also ihre Überspannungsbegrenzung. Die ist aber auch nur halbgar, denn Überspannungen können auch zwischen den Netzpolen (Außenleiter L und Neutralleiter N) und dem Schutzleiter PE auftreten – der an der Voltbox aber fehlt. Gute Überspannungsableiter haben deshalb drei Varistoren sowie zusätzlich oft auch Gasableiter für stärkere Störpulse [2].

Fazit

Wer nicht schon angesichts des technischen Geschwurbels auf der Voltbox-Webseite misstrauisch wird und vom Kauf Abstand nimmt, sollte sich vor dem Bestellen-Klick eines vor Augen führen: Gäbe es einen geheimen Trick, der elektrische Geräte dazu bringt, deutlich weniger Energie zu verbrauchen, dann hätten die Hersteller den längst umgesetzt, um ihr Energielabel in den grünen Bereich zu pushen.

Beim Energiesparen hilft die Voltbox offensichtlich nicht. Da sie aber wenigstens als halbgarer Überspannungsschutz funktioniert, können wir ihr nur das Etikett Nepp anheften. Betrug wäre Auslegungssache. (ea) c't

Literatur

[1] Ernst Ahlers, Eckart Steffens, Krumme Ströme, Power-Factor-Correction wird ab 1.1.2001 zur Pflicht, c't 26/2000, S. 44

[2] Ernst Ahlers, Schutzengel, 24 Blitzschutzgeräte für Stromnetz und Datenleitungen im Test, c't 17/1999, S. 144

Internetausfälle kompensieren:
Multi-Access-Netze für KMU | 08.11.2022

c't WORKSHOP



Heutzutage ist jede Firma auf eine funktionierende Internetanbindung angewiesen. E-Mails, der Zugriff auf Partnernetzwerke, Recherchen, die eigene Standortvernetzung. Fällt die Internetanbindung aus, und sei es nur für wenige Stunden, „steht" oftmals der ganze Betrieb.

Der Workshop vermittelt einen Überblick über **aktuelle Techniken zu redundanten Internet-Anbindungen** von Firmenstandorten.

- Vorstellung unterschiedlicher Access-Technologien
- Unterschiede IPv4/IPv6
- Redundanzverfahren
- Konvergenzzeiten

heise-events.de/workshops/multi-access-netze

Energiekosten-Messgeräte im Test

Ihr Mitbewohner will nicht einsehen, dass sein durchlaufender PC die Haushaltskasse unnötig belastet? Dann demonstrieren Sie ihm mit einem preiswerten Energiekosten-Messgerät, dass 20 Watt Leistungsaufnahme rund 70 Euro pro Jahr ausmachen. Wir haben solche Geräte getestet.

Von **Ernst Ahlers**



Energiekosten-Messgeräte im Test	62
Smarte Stromzähler und neue Tarife	68
Heizkostenverteiler und Zähler auslesen	72
Tarifvergleiche für günstigen Strom	78

Hat die letzte Stromrechnung einen unerwarteten Sprung gemacht, dann steht die Frage im Raum: Welches neue Gerät oder welches neue Verhalten hat die Energiekosten hochgetrieben?

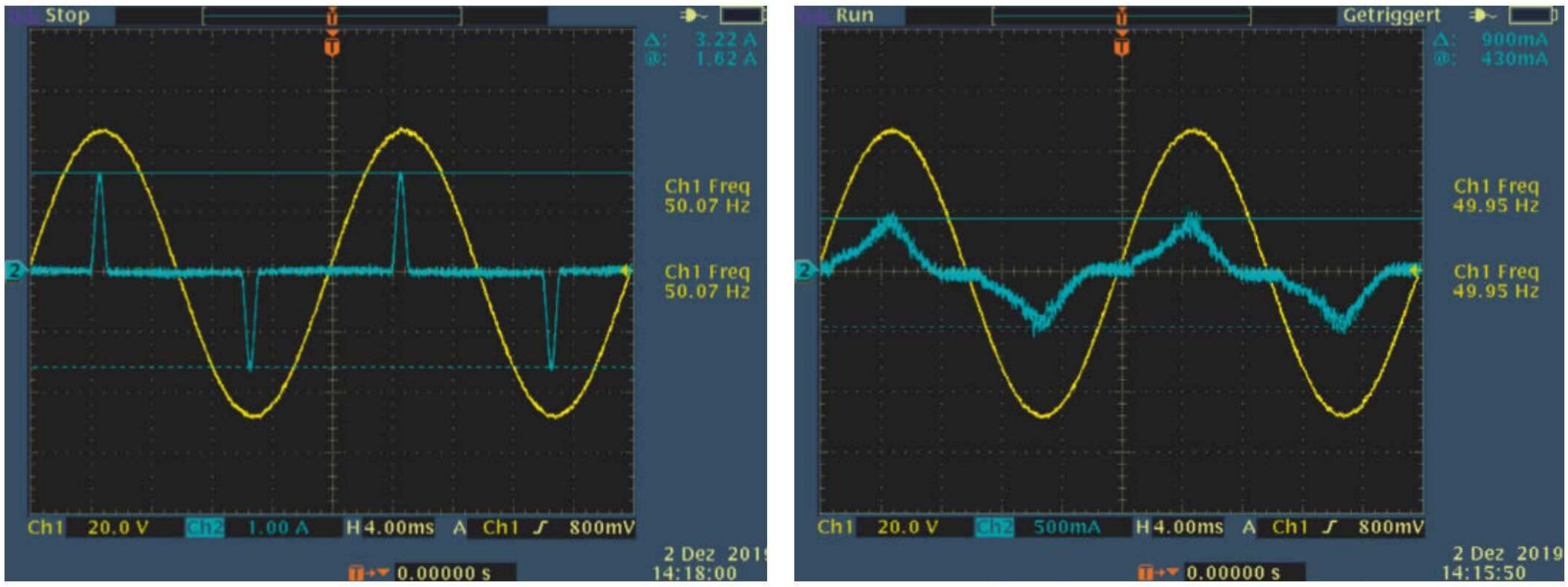
Das lässt sich manchmal schon durch Handauflegen klären: Ist beispielsweise der Lampensockel warm, auch wenn die Leuchte gerade kein Licht gibt, dann geht Leistung durch. Vielleicht hängt im Lampenfuß, wie in manchen Halogenleuchten aus dem letzten Jahrtausend, ein dicker Trafo direkt am Stromnetz und macht es sich kuschelig.

Wer es genauer wissen will, nimmt ein Energiekosten-Messgerät, kurz EKM, und setzt es zwischen die Steckdose und den verdächtigen Verbraucher. Solche Geräte kann man sich beim Energieversorger leihen, es gibt sie aber auch für wenig Geld beim Elektronikhändler.

Wir haben vier Modelle ins c’t-Labor geholt und ihnen messtechnisch auf die Stecker gefühlt: zwei EKM der Taschengeld-Klasse (Logilink EM0003 v.2 für 12 Euro und PeakTech 9035 für 17 Euro) sowie zwei komfortablere Exemplare mit Smart-Home-Schaltfunktion und Fernablesung (AVM Fritz!DECT 200 für 50 Euro sowie Voltcraft SEM6000 für rund 30 Euro).



Die App zur Schaltsteckdose Voltcraft SEM6000 ist komfortabel, zeigt aber unrealistisch viele Stellen an: Aufs Tausendstel Watt präzise ist das Gerät gewiss nicht. Den spezifizierten Messfehler von ±1 Prozent ab 10 Watt darf man ihm aber glauben. So liegt der wahre Wert hier zwischen 10,0 und 10,2 Watt – für daheim genau genug.



Die Stromform (hellblau) vieler Haushaltslasten ist heute alles andere als sinusförmig: Netzteile ziehen oft einen nadelförmigen Strom. Manche, oft die von Notebooks und Kompakt-PC, wechseln bei zunehmender Last sogar die Betriebsart (links NUC-Netzteil bis ca. 40 Watt, rechts mit PFC). Ständige Wechsel können Energiekosten-Messgeräte so aus der Bahn werfen, dass sie unrealistische Werte anzeigen.



AVM Fritz!DECT 200

Die Energiemessung ist beim Fritzbox-Zubehör Fritz!DECT 200 nur eine Dreingabe, die aber gründlich und genau umgesetzt wurde. Per Browser oder MyFritz-App kann man Lasten schalten. Nach kurzer Wartezeit erscheint die aktuelle Leistung. Dazu gibts viele nützliche Funktionen, etwa Schalten nach Zeitplan, per Geräusch oder automatisches Abschalten, wenn der Verbraucher in den Standby fällt.

- **Schaltfunktion**
- **läuft nur mit Fritzboxen**

Preis: 49 Euro



LogiLink EM0003 v.2

Für 12 Euro ist das LogiLink EM0003 v.2 ein Schnäppchen, auch wenn es in Sachen Messgenauigkeit das Potenzial seiner Hardware nicht ausreizt (siehe Haupttext). Das große Display des EM0003 ist zwar so schon gut lesbar. Wäre es aber auch noch beleuchtet, dann hätte LogiLink mit besserer Werkskalibrierung einen Klassensieger im Portfolio.

- **bequem ablesbar**
- **Mess-Hardware könnte mehr**

Preis: 12 Euro

Von Spannung, Strom und Zeit

Wenn man wissen will, wie genau solche Geräte die Energie messen, ist ein kleiner Ausflug in die Physik unumgänglich. Wer allein den Strom in Ampere misst, weiß damit noch lange nicht, was der Betrieb eines elektrischen Verbrauchers kostet. Denn die Netzspannung darf zwischen 207 Volt und 253 Volt schwanken und tut das in der Praxis auch. Da sie eben keine Konstante ist, reicht eine Strommessung allein nicht aus. Ohnehin würde man damit bei komplexen Lasten (Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom) nur die Scheinleistung in Voltampere (VA) messen. Die ist aber in Haushalten nicht für die Stromrechnung relevant.

Brauchbare Energiekosten-Messgeräte zum Dazwischenstecken erfassen deshalb Spannung und Strom simultan, und zwar mehrere tausendmal pro Sekunde, weil der Strom bei heute üblichen Verbrauchern oft alles andere als die lehrbuchmäßige Sinusform hat (nichtlineare Last). Das über die Messperiode – typischerweise eine Halbwelle der Netzspannung, bei 50 Hertz 10 Millisekunden – integrierte Produkt beider Größen ergibt die momentan bezogene Wirkleistung in Watt (W). Diesen Momentanwert summieren die EKM schließlich über die Betriebsdauer zur „verbrauchten“ Energie (Wattsekunden, Ws, umgerechnet kWh).

Leistungsmessung überprüft

Da sich in den Kandidaten die Zeit mit Quarzoszillatoren um mindestens eine Größenordnung genauer messen lässt als Spannung und Strom, entscheidet die Wirkleistungsmessung über die Genauigkeit der Energieanzeige und ist damit das in diesem Test interessante Merkmal.

Um die Genauigkeit eines Messgeräts zu beurteilen, braucht man eines, das selbst deutlich genauer ist. Wir nahmen dazu eines unserer Präzisionsleistungsmessgeräte LMG95 (siehe ct.de/w97d), das mit einer Grundungenauigkeit von 0,03 Prozent spezifiziert ist und regelmäßig beim Hersteller kalibriert wird.

An einer nichtlinearen Last von 2,8 Watt – wie etwa einer kleinen LED-Leuchte – liegt das LMG95 nach Berücksichtigung der separaten Fehler von Spannungs- und Strommesskanälen um höchstens 0,04 Watt daneben. Bei so kleinen Lasten darf man also die angezeigte Wirkleistung mit einer Nachkommastelle übernehmen.

Um vergleichbare Bedingungen zu schaffen, speisten wir den Messaufbau mit sauberen 230 Volt



PeakTech 9035

Die selbst gesetzte Latte von ± 0,5 Prozent maximaler Abweichung riss das PeakTech 9035 im Test. Für die Spannungsmessung mag das stimmen, doch der Hersteller spezifiziert den Wert in der Anleitung nicht genauer und nennt nur 1 Watt als untere Messschwelle. Die gemessene mittlere Abweichung von 4 Prozent gegen unsere Referenz genügt indes für den Hausgebrauch allemal. Wie das LogiLink EM0003 v.2 verschenkt das PeakTech 9035 das Potenzial seines Mess-Chips CS5460A.

niedriger Eigenleistungsbedarf

Mess-Hardware könnte mehr

Preis: 17 Euro



Voltcraft SEM6000

Conrad Electronic verkauft das SEM6000 unter der Eigenmarke Voltcraft als Energiekosten-Messgerät mit Bluetooth-Anbindung zur iOS- und Android-App. Es ist zugleich eine schaltbare Steckdose. Die übersichtliche, leicht bedienbare App übertreibt bei der Leistungsanzeige aber maßlos: Drei Nachkommastellen gaukeln eine viel höhere Präzision vor, als das Gerät liefern kann. Die Genauigkeit war verglichen mit unserer Referenz dennoch sehr gut.

sehr kompakt

Schaltfunktion

Preis: 28 Euro

bei 50 Hertz aus einer einstellbaren Wechselspannungsquelle (AC-Source Agilent AG6813). Als Prüflasten mussten drei haushaltsübliche Leuchtmittel verschiedener Bauart sowie drei Netzteile herhalten.

Eine 60-Watt-Glühlampe stellt kein EKM vor Probleme: Sie zieht einen sinusförmigen Strom, der in Phase mit der Spannung ist, wie es in Physikbüchern als klassischer Fall eines ohmschen Verbrauchers geschildert wird. Heute üblicher sind aber andere Lasten: Eine 7-Watt-Energiesparleuchte verhält sich mit kapazitiver Phasenverschiebung schon etwas kritischer, ein 2,7-Watt-LED-Leuchtmittel wird mit seinem kleinen und vor allem nichtlinearen Strom von knapp 0,03 Ampere (Effektivwert, entsprechend 6,6 VA an 230 Volt) zum Prüfstein: Die EKM sollen zwar bis 16 Ampere messen können, aber auch bei kleinen Strömen noch genau arbeiten.

USB- und PC-Netzteile holen unter Last aus dem Stromnetz einen alles andere als sinusförmigen Strom (siehe Screenshot). Er ist entweder garstig nadelförmig oder bestenfalls näherungsweise sinusartig, wenn die für bessere Stromnetzverträglichkeit vorgeschriebene Power-Factor-Correction im Netzteil die Nadeln „plattklopft“. Wir nahmen als Repräsentanten dieser Verbraucherklasse ein USB-Ladegerät, ein ATX-PC-Netzteil sowie das Netzteil eines Kompakt-PCs (NUC8i5BEK). Letzteres hat nur eine Ausgangsspannung, das ATX-Netzteil hingegen mehrere, wozu auch eine separate Standby-Versorgungsschiene für den Ruhezustand gehört.

Die Netzteile liefen in zwei Zuständen, erst mit kleiner Last (PC/NUC im Suspend-to-RAM, 2 Watt primär) beziehungsweise ohne Last (USB-Ladegerät, 0,1 Watt), dann mit moderater Belastung (PC/NUC idle bei 20 Watt, 10 Watt beim Ladegerät). Diese Lastpunkte steuerten wir reproduzierbar mit elektronischen Lasten an und konnten dann simultan die Anzeigen von Prüfling und Referenz notieren, um den relativen Wirkleistungsfehler bezogen auf die Referenz zu berechnen.

Um Serienstreuungen aufzudecken, haben wir stets zwei Exemplare eines Modells getestet. Lagen die Ergebnisse nah beieinander, was bei allen Prüflingen der Fall war, haben wir das bessere Resultat übernommen.

Kalibrierte Messtechnik

Ein exzellentes Ergebnis stellte sich bei AVMs Fritz!DECT 200 ein, wo sich ein Prolific-Chip PL8331 um die Leistungsmessung kümmert. Dass in der Tabelle bei einzelnen Messungen dieses EKM „1 %“

Energiekosten-Messgeräte

Marke	AVM	LogiLink	PeakTech	Voltcraft
Typ	Fritz!DECT 200	EM0003 v.2	9035	SEM6000
Bezeichnung	Intelligente Steckdose	Energiekosten-Messgerät Premium	Digital Energy Meter	Bluetooth Energiekosten-Mess gerät
Bedienelemente				
Tasten	Ein, DECT	Func, Cost, Up, Down, Reset	Up, Set, Mode, Reset	Ein
Ziffernhöhe Hauptanzeige	–	12 mm	11 mm	–
Batterie beiliegend	–	✓ (Akku eingebaut)	✓ (Akku eingebaut)	–
Angezeigte Größen				
Spannung (U) / Strom (I)	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Wirkleistung (P) / Minimum / Maximum	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / – / –
Anzeigeauflösung P / Latenz	0,01 W / 20 s[2]	0,1 W / 3 s	0,1 W / 3 s	0,001 W / 10 s
Scheinleistung (S) / Leistungsfaktor (PF) / Frequenz	– / – / –	– / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓
Arbeit (E) / Laufzeit / Uhrzeit	✓ / – / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / –
Kosten: Gesamt / pro Tag / Monat / Jahr	– / ✓ / ✓ / ✓	✓ / – / – / –	✓ / – / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Überlast / Sonstiges	– / CO_2 -Ausstoß	✓ / –	✓ / CO_2 -Ausstoß, Wochentag	– / CO_2 -Ausstoß
Besonderes	Kostenprognose Tag/Monat/ Jahr, Temperaturmessung, Schalten nach Zeit-plan/ Geräusch, Standby-Abschal-tung	–	2-Tarif-Messung	Timer, Schalten nach Zeitplan, abschaltbarer Leuchtring als Betriebsanzeige
Spezifizierter Messfehler U / I	k. A / k. A.	±2 % / ±2 %	±0,5 % / ±0,5 %	k. A / k. A.
Spezifizierter Messfehler P	±0,1 W (bis 5 Watt), dann ±2 %	±2 %	±0,5 %	±0,23 W (bis 1 W), ±10 % (bis 5 W), ±2 % (bis 10 W), dann ±1 %
Gemessener Wirkleistungsfehler (relativ)				
PC-Netzteil Suspend-to-RAM (2 Watt)	0 %	0 %	27 %	-9 %
PC-Netzteil idle (20 Watt)	0 %	-3 %	1 %	-2 %
NUC-Netzteil Suspend-to-RAM (2 Watt)	0 %	0 %	23 %	0 %
NUC-Netzteil idle (20 Watt)	1 %	-3 %	0 %	-1 %
USB-Ladegerät idle (0,1 Watt)	0 %	-100 %	-100 %	0 %
USB-Ladegerät Last (10 Watt)	1 %	-3 %	9 %	1 %
Glühlampe (60 Watt)	0 %	-3 %	0 %	0 %
Energiesparleuchte (7 Watt)	0 %	-3 %	0 %	0 %
LED-Leuchte (2,5 Watt)	0 %	0 %	0 %	0 %
Abweichung gegen Referenz[1]	0 %	3 %	4 %	1 %
Eigenleistungsaufnahme	1,1 Watt[3]	0,6 Watt	0,4 Watt	0,8 Watt[3]
Bewertung				
Genauigkeit	⊕⊕	⊕	⊕	⊕⊕
Ablesekomfort	⊕⊕	⊕	⊕	⊕⊕
Eigenverbrauch	○	⊕	⊕⊕	⊕
Preis	49 €	12 €	17 €	28 €

[1] gewichtetes Mittel der Beträge, ohne leerlaufendes USB-Ladegerät (AVM Fritz!DECT 200), 0,2 Watt (Voltcraft SEM6000) [2] unterschiedlich bei Browser und App [3] bei schaltbaren Steckdosen im Ein-Zustand, aus: 0,5 Watt

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe

Präzisionsleistungs-messgerät LMG95

ct.de/w97d

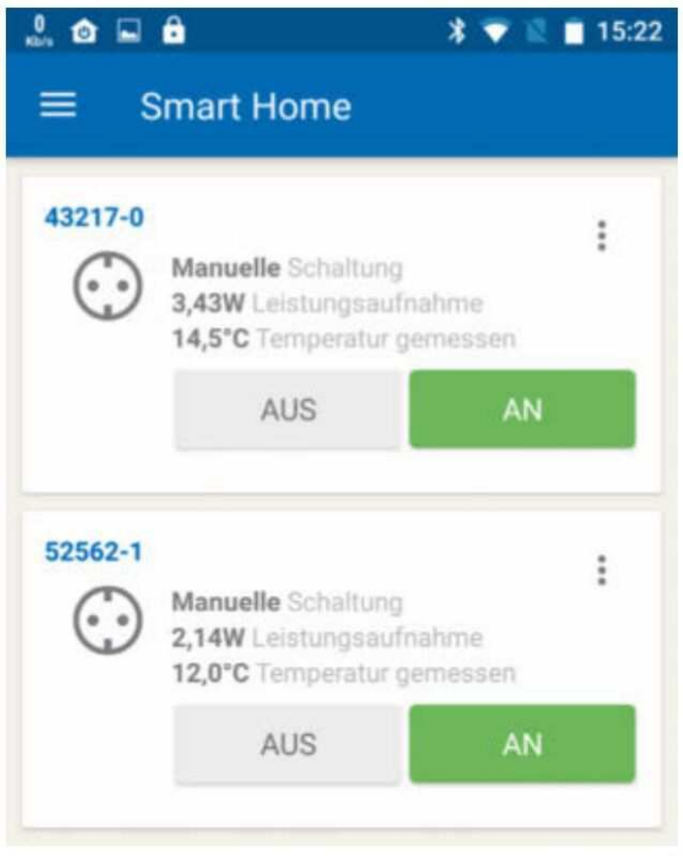
als relativer Fehler auftaucht, ist dem kaufmännischen Runden geschuldet.

Die anderen drei Testkandidaten maßen etwas weniger präzise, aber immer noch ausreichend genau für den Hausgebrauch. Im LogiLink EM0003 v.2 und im PeakTech 9035 steckt der auf Leistungsmessung spezialisierte Baustein Cirrus Logic CS5460A, den wir schon 2008 in den besseren EKM fanden. LogiLink und PeakTech nutzen das Potenzial dieses Bausteins allerdings nicht aus.

Das zeigt der Vergleich zum inzwischen leider nicht mehr erhältlichen Energiekosten-Messgerät „45-25111“ von TS Electronic. Dieses hatte im c’t-Test im Jahr 2020 das Kunststück geschafft, bei allen neun Lastfällen aufs Zehntelwatt dieselbe Wirkleistung anzuzeigen wie unser Referenzgerät LMG95. Die beiden EKM von LogiLink und PeakTech lagen hingegen etwas neben der Referenz.

Das demonstriert, welchen Unterschied Details im Aufbau der Messschaltung und mehr noch eine geschickte Werkskalibrierung ausmachen. Leider kann die Kundschaft nicht an der Verpackung erkennen, ob der Hersteller die nötige Sorgfalt hat walten lassen, sondern muss sich auf den spezifizierten Messfehler verlassen.

Die Genauigkeitsnote in der Tabelle auf Seite 66 ergibt sich aus der mittleren Abweichung gegen unsere Referenz. Dabei haben wir die Einzelwerte bis 5 Watt Last nur mit einem Viertel gegenüber höheren Leistungen gewichtet. Schließlich handelt es sich bei den Prüflingen nicht um Laborgeräte, sondern um Haushaltsware. Eine mittlere Abweichung bis 2 Prozent ergab ein „Sehr gut“, ab 10 Prozent gab es ein „Zufriedenstellend“.



Änderungen des Messwerts erscheinen bei der Myfritz-App erst nach vielen Sekunden. Dafür kann man über eine VPN-Verbindung Verbraucher auch von unterwegs aus schalten und überwachen.

Geduld gefragt

Zwar erfassen die Energiekosten-Messgeräte die Momentanleistung in kurzen Abständen, aktualisieren ihre Wirkleistungsanzeige aber teilweise in langen Intervallen. Wir haben das in der Ergebnistabelle unten als Latenz erfasst. Besonders zäh ging es bei den schaltbaren Steckdosen.

Bei dynamischen Verbrauchern wie PCs, die häufig den Betriebszustand zwischen Idle und Aktion ändern, oder Kühlschränken, bei denen in Abständen der Motor anläuft, muss man das Verhalten über einige Stunden oder Tage beobachten. Die mittlere Leistungsaufnahme ergibt sich dann aus der Energiedifferenz (Kilowattstunden vorher/nachher) geteilt durch die Zeit.

Übrigens, selbst wenn die EKM die Energie am Ende so präzise wie oder gar genauer messen als der klassische Ferraris-Zähler: Man darf sie mangels Eichfähigkeit nicht für Abrechnungszwecke einsetzen, und zum Schlichten eines Disputs mit dem Energieversorger taugen sie deshalb auch nicht.

Eigenverbrauch

Wer die Leistungsaufnahme verdächtiger Verbraucher über längere Zeit überwachen will, möchte neben dem Preis des Messgeräts nicht auch noch unnötig hohe Betriebskosten aufwenden. Erfreulicherweise lagen alle Prüflinge unter 2 Watt Eigenleistungsbedarf, was bei 40 Cent/kWh und Dauerbetrieb 7 Euro pro Jahr entspricht. Unter 1 Watt sehen wir als „Gut“ an, unter 0,5 Watt als „Sehr gut“.

Bei den beiden schaltbaren Steckdosen mit Messfunktion haben wir die Leistungsaufnahme für den eingeschalteten Zustand gewertet. Mit ausgeschaltetem Verbraucher – wenn es nichts zu messen gibt – sinkt der Wert nochmal deutlich.

Fazit

Erfreulicherweise müssen wir von keinem Kandidaten abraten: Alle erledigten die Messaufgabe mit für den Hausgebrauch ausreichender Genauigkeit. Die Geräte mit Schaltfunktion (AVM Fritz!DECT 200, Voltcraft SEM6000) bieten Komfort durch Fernablesung per App bei hoher Präzision, kosten dafür aber etwas mehr. (cwo) c't



Smarte Stromzähler und neue Tarife

Stromzähler mit sekundengenauer Auswertung über das Internet helfen beim Aufspüren von Optimierungspotenzial und machen flexible Stromtarife erst möglich. Notwendig ist dafür, den alten Zähler des Grundversorgers durch ein vernetztes Modell zu ersetzen und dabei die Rechtslage zu kennen.

Von **Jan Mahn**

Früher war Stromversorgung in Deutschland einfach: Die lokalen Stadtwerke stellten das Netz, lieferten den Stromzähler und den Strom. Im Jahr 1998 änderte sich das mit dem „Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts“: Seitdem kann jeder Haushalt selbst wählen, bei welchem Stromanbieter er die Energie beziehen will. Im Amtsdeutsch heißen die Anbieter Elektrizitätsversorgungsunternehmen, bei der Bundesnetzagentur sind derer 1430 in Deutschland bekannt.

Wie Sie in dieser Vielfalt den Überblick behalten und einen für Sie geeigneten Tarif finden, erfahren Sie ab Seite 78.

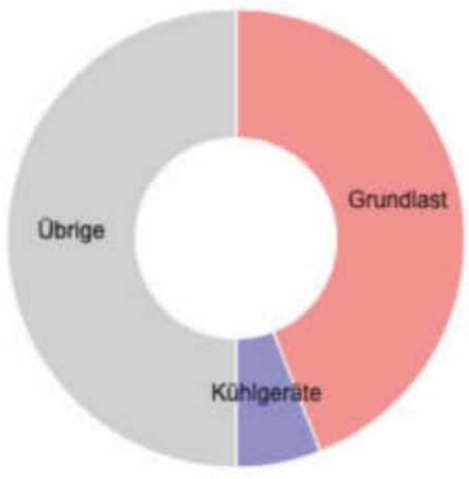
Im Jahr 2016 wurde es mit dem „Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende“ und dem „Messstellenbetriebsgesetz“ noch etwas komplizierter. Seitdem kann man sich nicht nur den Stromlieferanten aussuchen, sondern auch den Messstellenbetreiber, also das Unternehmen, das den Zähler stellt. Nach Auskunft der Bundesnetzagentur sind mindestens 862 solcher Anbieter bekannt, die meisten bieten ihre Dienste lokal an, manche sind auch bundesweit aktiv. Doch warum sollte man den Lieferanten des Zählers wechseln, wenn man davon ausgeht, dass alle Geräte denselben Normen entsprechen, geeicht sind und innerhalb eines Toleranzbereichs in etwa dasselbe messen? Die Zähler unterscheiden sich durch Ihre Fähigkeit, die Messwerte auf digitalem Wege weiterzugeben. Um zu verstehen, warum sich ein anderer Messstellenbetreiber lohnen kann, obwohl der Grundversorger schon einen digitalen Zähler eingebaut hat, zunächst ein Überblick über die verwirrenden Begrifflichkeiten.

Die alten analogen Zähler mit der drehenden Scheibe heißen Ferraris-Zähler, benannt nach dem Italiener Gallileo Ferraris. Die sollen bis 2032 gänzlich aus den Kellern der Republik verschwinden und durch eine „moderne Messeinrichtung“ (mMe) ersetzt werden; so will es das Gesetz. Das Jahr 2032 hat man im Jahr 2016 nicht ganz zufällig gewählt – analoge Stromzähler wurden für 16 Jahre geeicht, die zuletzt verbauten analogen Kameraden müssen 2032 also in jedem Fall verschwinden. Wenn Sie nichts weiter unternehmen, wird sich in den nächsten Jahren mit Sicherheit Ihr Grundversorger melden und einen Termin für den Tausch ausmachen. Wenn Sie die Eichfrist auf Ihrem Gerät ablesen, wissen Sie genauer, wann es spätestens soweit sein wird, drei Monate vor dem Umbau müssen Sie informiert werden.

Dass die neuen Zähler digital sind, bedeutet aber zunächst keinen Komfortgewinn. Um den Anforderungen zu entsprechen, müssen sie nur den aktuellen Zählerstand und Tages-, Wochen-, Monats- und Jahreswerte vor Ort auf einem Display anzeigen können. Zum Ablesen muss weiterhin ein Ableser kommen oder der Kunde muss selbst ran – und weil die kleinen Displays verschiedene Werte nacheinander anzeigen, ist das Ablesen sogar komplizierter als bei den guten alten analogen Anzeigen. Dennoch darf der Anbieter Ihnen Geld für den digitalen Zähler abknöpfen, gestaffelt nach Jahresverbrauch: Bis 3000 kWh im Jahr zum Beispiel 30 Euro, bis 6000 kWh sind es sogar 60 Euro.

Komfortabler als vorm Umbau wird es erst, wenn der Messstellenbetreiber auf die moderne Messeinrichtung ein sogenanntes Smart-Meter-Gateway aufschraubt. Ein solches liest die Messwerte vom digitalen Zähler über eine optische Schnittstelle aus und kann sie per Netzwerkkabel oder Mobilfunk an den Betreiber schicken – dort kann der Kunde mindestens Viertelstundenwerte, teilweise auch minüt-

Zusammensetzung* letzte 3 Monate



Verbraucher	Betriebsdauer / Tag	Betriebslast	Anteil Gesamtverbrauch
Grundlast		76 W	44 %
Kühlgeräte	4 h 17 m	56 W	6 %
Übrige Verbraucher		88 W	50 %
Gesamt		**174 W**	**100 %**

* Durchschnittswerte ermittelt durch algorithmische Analyse; Angaben ohne Gewähr

Wenn der Zähler sekündlich Werte schickt, kann Discovergy anhand gängiger Verbrauchskurven Geräte erkennen und ihre Kosten errechnen. Das hilft bei der Entscheidung, ältere Geräte auszutauschen.

lich aktualisiert den Zählerstand und teilweise auch die aktuelle Leistung in Watt einsehen. Die Kombination aus der modernden Messeinrichtung und dem Smart-Meter-Gateway heißt „intelligentes Messsystem“ (iMSys). Ein solches bekommen gewöhnliche Haushalte in den allermeisten Fällen nicht verpflichtend, sondern nur, wenn sie sich darum bemühen. Wer seine Verbrauchsgewohnheiten nicht mit Dritten teilen will, muss aktuell keine Angst vor einem aufgezwungenen „Schnüffelzähler“ haben, wie die iMSys in manchen Kreisen genannt werden. Verpflichtend sind die Smart-Meter-Gateways erst, wenn Sie mehr als 6000 kWh im Jahr konsumieren. Und auch dort gibt es noch etwas Aufschub, nachdem ein Gericht geurteilt hatte, dass die Geräte auf dem Markt nicht rechtskonform seien. Das Gesetz wurde jetzt geändert, die Grundversorger schieben den verpflichtenden Einbau noch etwas vor sich her.

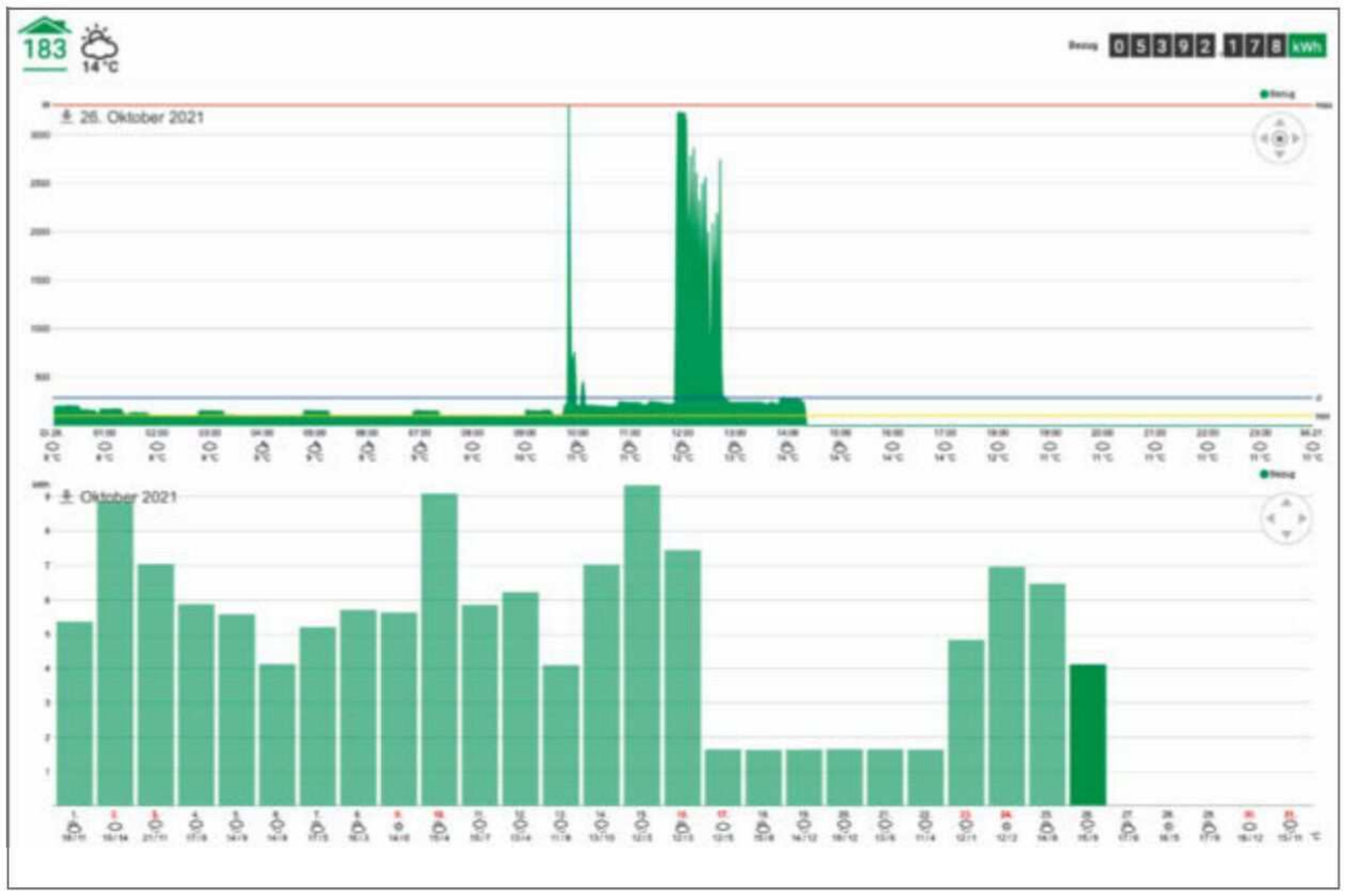
Freiwilliges Smart-Meter-Gateway

Wenn Sie als Durchschnittshaushalt von der schönen neuen Welt profitieren und freiwillig einen auslesbaren Stromzähler als Komplettpaket mit Online-Plattform möchten, können Sie sich zunächst an Ihren Grundversorger wenden und nachfragen, ob er vernetzte Modelle im Programm hat, welche Funktionen die Online-Auswertung bietet und was die Messstelle kostet; für freiwillige Wechsler gelten allerdings die oben beschriebenen Preisgrenzen nicht.

Es gibt aber auch deutschlandweit agierende Messstellenbetreiber, die intelligente Messsysteme anbieten – mit Online-Plattform, API-Zugriff und diversen Zusatzfunktionen. Zu einem solchen dürfen Sie wechseln, ohne sich mit Ihrem Vermieter, dem Netzbetreiber oder dem Stromlieferanten auszutauschen. Das Gesetz gibt Ihnen die freie Wahl.

Ausführlich über mehrere Jahre ausprobiert haben wir das Angebot des Anbieters Discovergy. Für 100 Euro im Jahr bekommen Sie einen vernetzten Zähler, der auf unterschiedlichen Wegen seine Daten an das Portal im Internet schicken kann. Die monatliche Messstellengebühr von etwa 5 Euro an Ihren Grundversorger für sein nicht vernetztes Gerät fallen dann weg.

Im besten Fall können Sie eine Netzwerkverbindung per Kabel stellen. Dann kann der Zähler ohne Zusatzkosten im Sekundentakt Daten verschicken – das ist die Voraussetzung für eine ganz nette Funktion: Discovergy nutzt Algorithmen, die in den Daten



Ist der Backofen wirklich aus? Ein schneller Blick unterwegs aufs Handy gibt Gewissheit, solche Geräte fallen in der Tagesstatistik auf.

Verbrauchsmuster typischer Geräte erkennen, so zum Beispiel Kühlgeräte identifizieren und ihre Kosten aufschlüsseln. In unserem Fall musste das Netzwerk aus der Wohnung vier Stockwerke tief zum Zähler transportiert werden. Dazu installierte der Techniker eine Steckdose im Zählerschrank und platzierte je einen dLAN-Adapter am Zähler und in der Wohnung (zur Sicherheit bekam der Zähler von uns ein separates Gastnetzwerk). Nach drei Jahren Betrieb kann man resümieren: Das klingt verwegen, funktioniert aber absolut reibungslos. Klappt eine solche Vernetzung nicht, kann man bei Discovergy verschiedene Mobilfunk-Optionen dazubuchen.

Braucht man das?

Die Online-Auswertung ist im Alltag nützlicher, als man das zunächst erwartet. Die leidige Frage auf dem Weg in den Urlaub, ob Elektroherd, Wasserkocher und Bügeleisen abgeschaltet sind, kann man mit einem kurzen Blick aufs Verbrauchsdiagramm im Handy-Browser qualifiziert beantworten – ein vergessenes Heißgerät fällt in der Kurve auf. Das Discovergy-Portal kann allerlei Diagramme anzeigen und zum Beispiel Tageswerte, Verlaufskurven und Vergleiche mit der Vergangenheit visualisieren. Für Bastler gibt es ein API, über das man die Werte per

HTTP sammeln und selbst verarbeiten kann. Auch die näherungsweise Geräteerkennung ist nützlich und scheint plausibel.

Zum Ausprobieren der Funktionen gibt es einen Demo-Zugang bei Discovergy (siehe ct.de/w5zb).

Neue Tarife

Die kleinteilige Auswertung per Smart-Meter-Gateway kann nicht nur aufschlussreich für den Nutzer sein, sie macht auch neue Stromtarife mit flexiblen Kosten möglich – so richtig durchgesetzt haben die sich aber noch nicht. Sehr früh hat der kleine Anbieter Awattar diese Nische erkannt und einen Tarif mit dem Namen Hourly erfunden. Die Idee: Man zahlt keinen fixen Preis pro Kilowattstunde, sondern jede Stunde einen anderen, abhängig von den aktuellen Preisen an der Strombörse. Abgerechnet wird jeden Monat, es gibt also keine Vorauszahlungen und bösen Überraschungen. All das motiviert dazu, lieber nachts die Wäsche zu waschen und die Spülmaschine abzufahren; Stromsparen wird zu einem sportlichen Wettkampf gegen das Vormonats-Ich. Manchmal ist der Börsenpreis nachts sogar negativ, sodass man nur Netzentgelt und Umlagen zahlen muss. Grundsätzlich gilt: Je weniger durchschnittlich das eigene Verhalten ist, desto mehr spart man, weil man den teuren Phasen aus dem Weg geht. Wer dagegen jeden Tag pünktlich um 12 Uhr elektrisch kochen will, zahlt in diesem Zeitraum mehr. Der Haken am Angebot von Awattar: Aktuell nimmt das Unternehmen keine neuen Kunden an.

Fazit

Vom digitalen Stromzähler Ihres Grundversorgers können Sie in den meisten Fällen keine Unterstützung beim Auswerten und Sparen erwarten, die „modernen Messeinrichtungen“ sind digital, aber stumm. Wenn Sie eine schicke Auswertung als Komplettpaket wünschen, müssen Sie dafür etwas mehr zahlen. Eine grafische Auswertung im Browser ist nicht lebensnotwendig, aber durchaus nützlich im Alltag – je nach Gewohnheit kann sie zum Sparen motivieren. Ein richtig großer Gewinn wären die neuen Zähler aber erst, wenn mehr Anbieter flexible Tarife anbieten und mehr Verbraucher den günstigen Nachtstrom nutzen. Das aktuell größte Problem: Marktführer Discovergy kann aktuell keine neuen Kunden mehr annehmen. Wer sich für einen Zähler des Anbieters interessiert, kann sich auf eine Warteliste setzen lassen. (jam) c't

Gesetzestexte und vorgestellte Angebote

ct.de/w5zb





Bild: Andreas Martini

Heizkostenverteiler und Zähler auslesen

Die Energiepreise steigen aktuell – wie teuer der nächste Winter genau wird, erfahren Mieter von Wohnungen mit Zentralheizung aber erst nach der nächsten Jahresrechnung. Zu besseren Prognosen kommen Sie, wenn Sie die Messwerte abfangen, die die Heizkostenverteiler regelmäßig per Funk an den Auswerter schicken. So schneiden Sie den Funkverkehr mit.

Von **Jan Mahn**

Die Heizkostenabrechnung, eines der letzten ungelösten Rätsel der Menschheit – so kommt es zumindest Mietern vor, die alljährlich die kleingedruckte Abrechnung in Händen halten. Dabei soll das Verfahren mehr Gerechtigkeit schaffen: Statt die gesamten Heizkosten gleich auf alle Wohnungen oder nach Quadratmetern aufzuteilen, installieren Hausverwaltungen und Vermieter an allen Heizkörpern sogenannte Heizkostenverteiler. Früher nannte man die noch Verdunster, heute

arbeiten die Geräte digital: Ausgestattet mit einer Batterie und zwei Temperatursensoren messen die neuen Heizkostenverteiler die Temperatur auf ihrer Innen- und der Außenseite, also am Heizkörper und im Raum. Aus der Temperaturdifferenz ermitteln sie Verbrauchseinheiten.

Am Ende des Jahres kann der Vermieter die Gesamtkosten fürs Heizen im ganzen Haus durch die Anzahl aller von den Geräten gemessenen Einheiten teilen und erhält so einen Preis pro Einheit. Jeder Mieter zahlt dann für die Einheiten seiner Heizkörper. Eigentlich einfacher Dreisatz, aber mit Tücken – diese werden in der Norm DIN EN 834 behandelt (zu finden über ct.de/wzsw). Rechtliche Grundlage für dieses Abrechnungssystem ist die Heizkostenverordnung (HeizkostenV), ebenfalls nachzulesen über ct.de/wzsw.

In der ersten Entwicklungsstufe der digitalen Heizkostenverteiler war die einzige Schnittstelle, um an die Messwerte zu kommen, eine einfache einzeilige 7-Segment-Anzeige. Zu einem Stichtag fanden die Mieter entweder den Zettel „Der Ableser kommt. Seien Sie bitte in der nächsten Woche zwischen 7 und 17 Uhr zu Hause“ im Briefkasten, oder mussten mühsam selbst die Werte abschreiben.

Was tun bei Fußbodenheizungen?

Heizkostenverteiler sind kein Allheilmittel für alle Situationen, sondern nur für den klassischen Heizkörper an der Wand gedacht. Bei Fußbodenheizungen funktionieren sie zum Beispiel nicht, und auch bei kombinierten Heiz- und Kühlsystemen sind sie machtlos und nicht zugelassen. Für solche Fälle gibt es Wärme- und Kältezähler und auch kombinierte Zähler, die in den Kreislauf eingebaut werden und messen, was an ihren Fühlern vorbeifließt. Was dieser Artikel für die am weitesten verbreiteten Heizkostenverteiler beschreibt, gilt auch für viele solcher Geräte: Auch sie funken ihre Messwerte und nutzen häufig denselben Übertragungsstandard.

Kontaktlos ablesen

Sollten Sie Heizkostenverteiler an Ihren Heizkörpern, aber noch nie Kontakt mit einem Ableser gehabt haben, können die Geräte sich aller Wahrscheinlichkeit nach per Funk artikulieren. Zum Empfang nutzen die Ablesefirmen, die diese Dienstleistung im Auftrag von Hausverwaltungen und Vermietern anbieten, zwei Verfahren: Im einfacheren Fall kommt nach dem Stichtag ein Ableser mit einem mobilen Lesegerät ins Treppenhaus und sammelt dort die gefunkten Werte aller Sensoren ein. Dieses Verfahren heißt bei den Ablesefirmen Walk-by. Alternativ gibt es auch stationäre Gateways, die das ganze Jahr im Treppenhaus oder an anderer zentraler Stelle hängen. Sie sammeln die Messwerte und schicken sie regelmäßig über das Internet an den Auswerter. Seit Oktober 2020 sind fernauslesbare Geräte auch kein Luxus mehr, sondern Pflicht: Gemäß der Energieeffizienzrichtlinie der EU (EED) dürfen nur noch funkende Sensoren neu eingebaut werden, bestehende Altgeräte ohne Funk müssen spätestens am 1. Januar 2027 verschwunden sein.

Das Funken und Fernauswerten ist praktisch für Vermieter und Dienstleister, als Mieter hat man vom Datenschatz dagegen wenig. Dabei wäre es doch schön zu wissen, zu welchen Tages- und Nachtzeiten welcher Heizkörper wie viele Verbrauchseinheiten verursacht und wann es wie warm ist. Mit einer solchen Datengrundlage, anschaulichen Diagrammen und daraus abgeleiteten Sparmaßnahmen ließe sich der Verbrauch optimieren. Am 1. Januar 2022 wurde die Rechtslage, ebenfalls im Rahmen der EED, für Mieter noch etwas besser: Sie haben jetzt einen Anspruch auf monatliche Zwischenberichte zum Verbrauch, sofern bereits Funksensoren installiert sind. Das ist besser als eine Jahresabrechung und soll zum Sparen motivieren, ist für private Datenauswertung, systematische Optimierung und Einbindung ins Smart Home aber nicht genug.

Wir fragten bei Techem, einem der großen Anbieter in Deutschland nach, wie Kunden zukünftig an die Daten kommen. Das Walk-by-Verfahren mit Ausleser im Treppenhaus werde zukünftig verschwinden und durch ein Gateway ersetzt. Wenn die Kunden dem Vermieter ihre Mailadresse mitteilen, bekommen sie Zugriff auf einen Onlinedienst für monatliche Übersichten im PDF-Format. Eine kleinteiligere Aufschlüsselung der Daten sei aktuell nicht geplant.

Auf Hilfe von Vermieter und Auslesefirma kann man bei solchen Smart-Home-Extrawünschen nicht

Für Sparfüchse: Der Registrierbeginn

Seit es Verdunster an Heizungen gibt, existieren auch Tricks zur Manipulation durch Abbauen, Einfrieren und Abdecken. Doch solche Versuche sind illegal und in Zeiten von digitalen Heizkostenverteilern nicht mehr so einfach.

Sparen kann man aber auch legal, wenn man das Datenblatt der eigenen Zähler aufmerksam liest. Im Datenblatt der Heizkostenverteiler, mit denen wir die Anleitungen für diesen Artikel ausprobiert haben, fanden wir den Hinweis auf den sogenannten „Registrierbeginn“, also den Schwellwert, ab dem überhaupt Einheiten berechnet werden. Demnach beginnt die Zählung bei diesen Geräten erst, wenn die Heizfläche 22,5 °C erreicht und die Heiztemperatur 4 Grad über Raumtemperatur liegt. Auf Stufe 1 des Thermostatventils wurden diese Schwellwerte bei uns nicht erreicht – einen Flur konnten wir also mit moderatem Heizen vorm totalen Auskühlen bewahren, ohne dass Einheiten berechnet wurden.

vertrauen und muss selbst Hand anlegen – Zeit für etwas Funkprotokollanalyse, einen Raspi und Open-Source-Software. Selbst wenn die eigene Wohnung nicht mit kompatiblen Geräten ausgestattet ist, ist das ein interessanter Ausflug in die Themen Funkübertragung und Datensicherheit im Äther.

Der OMS-Standard

Die Suche nach den verschollenen Messpunkten beginnt im Datenblatt. In zahlreichen Dokumenten unterschiedlicher Hersteller, die wir stichprobenartig ausgewertet haben, fanden wir überall eine Frequenz im Bereich um 868 MHz. Dort darf jeder ohne Anmeldung Daten funken, der Bereich ist für Signale sogenannter „Short Range Devices“ (SRD) reserviert, die im Umkreis von wenigen Dutzend Metern empfangen werden. Die gute Nachricht: Auch wenn die Auslesefirmen in diesem zuteilungsfreien Frequenzbereich funktechnisch alles anstellen könnten, was die Allgemeinzuteilung erlaubt (maximal 25 Milliwatt Sendeleistung, maximal 1 Prozent zeitliche Nutzung pro Gerät), gibt es einen Standard, an dem viele Hersteller von Heizkostenverteilern mitgearbeitet haben und den sie – mit Abweichungen – auch einhalten.

Der gemeinsame Standard heißt Open Metering System (OMS) und Mitglied im Verein „OMS-Group e. V.“ sind unter anderem die großen Ablesefirmen und Hersteller von Geräten wie Itron, Techem oder Qundis. Wenn Sie Ihren Hersteller oder Anbieter in der Mitgliederliste (siehe ct.de/wzsw) finden, stehen die Chancen gut, dass Sie mit überschaubarem Aufwand an die Daten kommen.

OMS definiert nur die Anwendungsschicht und arbeitet mit Funkübertragung über das Verfahren „Wireless M-Bus“ (wM-Bus), beschrieben in der Norm EN 13757-4 (siehe ct.de/wzsw). Und dort sind mehrere Betriebsmodi für unterschiedliche Anwendungsfälle definiert: Auf 868,3 MHz funken Sender in den Modi S1 und S2 mit gemütlichen 32,7 Kbit/s. Das S steht für „stationary“, es wird also ein stationärer Empfänger im Treppenhaus erwartet. Daher senden die Geräte nur einige Male am Tag. Der Modus S1 ist unidirektional, im Modus S2 kann das Gerät nach dem Senden einer Nachricht auf eine Antwort warten. Zum Kodieren der Informationen kommt sogenanntes Manchester-Encoding zum Einsatz (mehr dazu auf Seite 75), das so einfach ist, dass es auch günstige und alte Chips beherrschen. Im Gegenzug dauert jede Übertragung mit diesem Verfahren etwas länger, was den Akku der Sender belastet.

Die Modi T1 und T2 (ebenfalls uni- und bidirektional) arbeiten bei 868,95 MHz, hier wird aber keine stationäre Empfangsstation erwartet. Damit der menschliche Ausleser nicht einen ganzen Arbeitstag mit dem mobilen Empfänger im Treppenhaus verbringen muss, bis alle Pakete ins Netz gegangen sind, senden die Geräte hier regelmäßig im Abstand von wenigen Minuten. Teilweise werden die Hersteller hier auch kreativ, um die Batterie zu schonen. In den Datenblättern fanden wir zum Beispiel bei Qundis einen Betriebsmodus, in dem nur zwischen 8 und 18 Uhr regelmäßig gesendet wird.

Die von OMS bevorzugten und als zukunftsfest markierten Modi heißen C1 und C2 (für „compact“) bei 868,95 MHz. Dort funken die Geräte mit zügigen 100 Kbit/s und nutzen das Verfahren „Non-Return to Zero“ (NRZ).

Wie die Daten aussehen, beschreibt OMS in mehreren Dokumenten und liefert auch ausführliche Beispiele (siehe ct.de/wzsw). Jede Nachricht beginnt mit Metadaten, dem „Data Link Layer“. In 10 Bytes übertragen die Geräte unter anderem einen Code für den Hersteller, ihre ID in Form einer achtstelligen Dezimalzahl und ihren Typ. Ein Heizkostenverteiler meldet sich zum Beispiel gemäß OMS-Spezifikation mit dem Code 08h, Wasserzählern ist der Code 07h zugeteilt. Zentraler Teil aller Nachrichten ist der „Application Layer“, der die Nutzdaten enthält. Hier gibt es die erste schlechte Nachricht für alle, die die Daten gern abfangen und selbst nutzen möchten: Es ist möglich, aber nicht verpflichtend, die Nutzdaten mit AES-128 symmetrisch zu verschlüsseln. Das ist nicht mehr der letzte Schrei, aber noch immer so sicher, dass Sie keine Chance haben, an die Daten zu kommen, wenn Ihr Anbieter verschlüsselt und Ihnen den Schlüssel nicht überlässt.

Inhaltlich sind, je nach Messgerät, sehr viele Spezialfälle für Datenpakete spezifiziert – für Heizkostenverteiler relevant sind die verbrauchten Einheiten ab einem Stichtag (und das Datum des Stichtags). Auch historische Werte (zum Beispiel für die letzten Monate) können übertragen werden. Zusätzlich können die Hersteller weitere Daten übertragen – einige Heizkostenverteiler schicken zum Beispiel die aktuell gemessenen Temperaturen mit, für die eigene Auswertung ist das ein Geschenk.

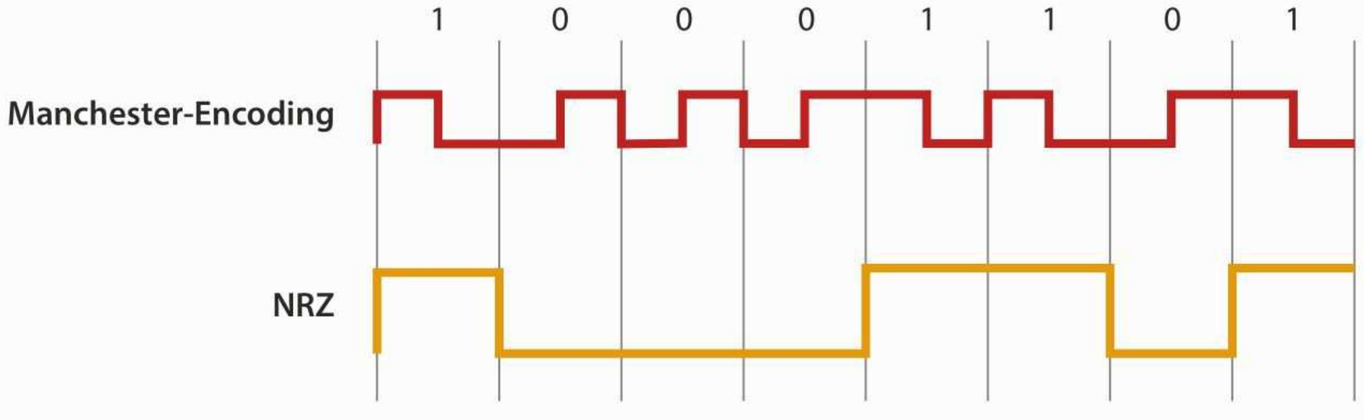
Funk auswerten

Mit diesem Wissen könnten Sie sich jetzt an die Analyse der Datenpakete Ihrer Sensoren machen – angesichts der vielen möglichen Daten, die in den Geräten stecken können, ist aber einiges an Erfahrung und Reverse-Engineering-Arbeit nötig, um verwertbare Daten aus den Paketen zu ziehen.

Dankenswerterweise haben andere schon Vorarbeit geleistet. Bereits seit 2017 arbeitet der Entwickler Fredrik Öhrström an der kleinen Software Wmbusmeters, die S1-, T1- und C1-Telegramme von OMS-Sendern auswertet und als JSON-Objekte zu-

Manchester-Encoding und NRZ

Einsen und Nullen der Daten müssen zur Übertragung kodiert werden. Beim Manchester-Encoding besteht das Bit 1 aus einem High-Signal, gefolgt von einem Low-Signal. Eine 0 wird über ein Low-Signal, gefolgt von einem High-Signal kodiert. Der Vorteil: Der Empfänger weiß genau, wie lang ein Bit ist. Das Verfahren „Non-Return to Zero“ (NRZ) ist effizienter, dafür können lange Signalberge und Täler aufeinander folgen – Empfangsprobleme sind wahrscheinlicher.



```
version: "3.8"
services:
  wmbusmeters:
    image: weetmuts/↵
↳wmbusmeters:latest-armhf
    container_name: wmbusmeters
    restart: always
    privileged: true
    volumes:
      - ./data:/wmbusmeters_data
      - /etc/localtime:/etc/↵
↳localtime:ro
      - /dev/:/dev/
```

rückgibt. Zusammen mit einer wachsenden internationalen Community, die ihn mit Datentelegrammen verschiedener Sensoren versorgt, hat er Übersetzer für viele Geräte in die Software eingebaut. Darunter sind auch die Heizkostenverteiler, Wasseruhren und Wärmezähler der großen deutschen Anbieter.

Verschiedene Empfänger-Hardware kommt für die 868-MHz-Signale infrage und wird von Wmbusmeters unterstützt. Beste Wahl aus unserer Sicht sind Sticks mit dem Chip RTL2832U, die unter dem Namen RTL-SDR mit Antenne ab 45 Euro auf Handelsplattform von deutschen Händlern angeboten werden. Der Stick ist extrem vielseitig und eignet sich für viele spannende Funkexperimente und den Einstieg ins Radio-Hacking [1].

Unter Windows und macOS bekamen wir Wmbusmeters nicht ohne Ruckeln und viel Handarbeit zum Laufen. Zügig ging es unter Linux – zum Beispiel auf einem Raspi, der problemlos nebenbei noch andere Smart-Home-Aufgaben erledigen kann. Installieren Sie eine aktuelle Version von Raspberry Pi OS und verbinden sich per SSH.

Damit Sie Wmbusmeters und die diversen Abhängigkeiten nicht alle nacheinander selbst kompilieren müssen, empfehlen wir den Betrieb in einem Docker-Container. Wie Sie Docker und Docker-Compose auf dem Raspi zum Laufen bekommen, erfahren Sie in einem kostenlosen und regelmäßig aktualisierten Online-Artikel, zu finden über ct.de/wzsw.

Legen Sie zu Beginn einen neuen Ordner für das Projekt an und springen Sie dort hinein:

```
mkdir scan
cd scan
```

Alle folgenden Kommandozeilenbefehle gehen davon aus, dass Sie in diesen Ordner navigiert sind. Erstellen Sie dort eine Datei mit dem Namen docker-compose.yaml und fügen Sie die Struktur aus dem Kasten links oben ein. Dem Container wird darin der Ordner data im aktuellen Verzeichnis übergeben – Docker legt den für Sie an, wenn Sie die Zusammenstellung starten. Darin landen Konfiguration und die gelesenen Daten.

Schließen Sie Ihren RTL-SDR-Stick mit Antenne an und starten Sie den Container mit

```
docker compose up -d
```

Meldet Docker Vollzug, beginnt schon die Observation des Funkspektrums. Wmbusmeters erkennt den Stick automatisch und beginnt, im Modus T1 zu lauschen. Einer der Vorteile des RTL-SDR-Sticks: Mit ihm können Sie mehrere Modi parallel betreiben. Öffnen Sie dafür die Konfigurationsdatei:

```
sudo nano data/etc/wmbusmeters.conf
```

Passen Sie dort die mit `listento` beginnende Zeile wie folgt an:

```
listento=c1,t1,s1
```

Speichern Sie die Änderung und starten Wmbusmeters mit `docker compose restart` neu. So können Sie immer verfahren, wenn Sie Änderungen an der Konfiguration vornehmen.

Um live dabei zu sein, wenn Wmbusmeters Daten empfängt, beobachten Sie mit dem Befehl `tail` die Log-Datei:

```
tail -f data/logs/wmbusmeters.log
```

Mit dem Parameter `-f` wird die Kommandozeile blockiert und Sie sehen Änderungen sofort (mit Strg+C beenden Sie den Modus). Wenn alles nach Plan läuft, sehen Sie irgendwann Einträge wie folgenden:

```
Received telegram from: 12341111
  manufacturer: (TCH) Techem (0x5068)
  type: Heat Cost Allocator (0x80)
```

```
ver: 0x69
device: rtlwmbus[00000001]
rssi: 43 dBm
driver: fhkvdataiii
```

Wie lange sich das Warten lohnt, hängt vom Sendezyklus Ihrer Geräte ab – verzweifeln Sie also nicht und lassen den Raspi bei Bedarf 24 Stunden laufen. In der Wohnung, die wir zum Test auserkoren hatten, purzelten neue Nachrichten im Sekundentakt hinein. In der Wohnung selbst sind sieben Geräte von Techem installiert, insgesamt empfingen wir Daten von 25 verschiedenen Sendern. Die achtstellige ID steht im Log immer in der ersten Zeile. Sofern in der letzten Zeile ein `driver` zu finden ist, wird das Gerät von Wmbusmeters unterstützt. Bevor es weitergeht, müssen Sie die IDs Ihrer Geräte zusammentragen. Halten Sie Ausschau nach achtstelligen Zahlen – im Display, aufgedruckt, oder auf der letzten Heizkostenabrechnung. Bei uns war ein System zu erkennen, die ersten vier Stellen waren für alle Geräte der Wohnung identisch. Jetzt können Sie Ihre IDs gezielt abonnieren. Erstellen und bearbeiten Sie dafür eine Konfigurationsdatei:

```
sudo nano data/etc/wmbusmeters.d/heat
```

Wie die Datei heißt, ist Ihnen überlassen. Sie können für jeden Heizkörper eine eigene Datei anlegen oder mehrere in einer Datei abfragen. Fügen Sie darin folgende Zeilen ein:

```
name=bathroom
id=12341111
key=NOKEY
driver=auto
```

Wenn Sie eine Datei pro Heizkörper anlegen wollen, vergeben Sie einen sprechenden Namen (`name`) und geben die ID (`id`) an. Sollte auch Ihr Anbieter ein Muster für all Ihre Geräte verwenden, können Sie mit dem Wildcard-Symbol `*` arbeiten und zum Beispiel schreiben:

```
id=1234*
```

Die Angabe von `driver` ist optional, statt `auto` könnten Sie auch den Treibernamen angeben, den Sie in den Logs gesehen haben. Speichern Sie die Datei (oder je eine pro Heizung) und starten anschließend mit `docker compose restart` neu. Jetzt wird es spannend: Sofern Ihre Geräte unverschlüsselt senden, finden Sie ab jetzt JSON-Daten im Ordner data/logs/meter_readings, für jede Konfigurationsdatei eine Datendatei. Bekommen Sie nur Datensalat, verschlüsseln Ihre Geräte – probieren Sie gern, Ihren Anbieter nach dem Schlüssel zu fragen. Viel Hoffnung können wir Ihnen leider nicht machen.

In der Standardeinstellung werden die Daten mit jedem neuen Paket überschrieben. Um das Verhalten zu ändern, öffnen Sie wieder die Konfigurationsdatei in data/etc/wmbusmeters.conf und ändern die vorletzte Zeile in

```
meterfilesaction=append
```

Was Sie mit den Daten anstellen, ist Ihrer Kreativität überlassen. Wenn Sie schon einen Smart-Home-Server mit einem MQTT-Broker betreiben, reicht eine Zeile in der Konfigurationsdatei, um jedes Datenpaket per MQTT zur weiteren Auswertung zu verschicken. Sie könnten die Daten auf diesem Weg auffangen, speichern und Diagramme zeichnen. Tragen Sie einfach folgende Zeile ein (ändern Sie dabei die IP Ihres MQTT-Brokers):

```
shell=/usr/bin/mosquitto_pub -h ↵
↳<IP> -t wmbusmeters/$METER_ID -m ↵
↳"$METER_JSON"
```

Jemand zu Hause?

Dass die Daten bei uns unverschlüsselt verschickt werden, kann man positiv sehen und die Daten für die eigene Auswertung nutzen. Man kann es aber auch zum Datenschutzproblem erklären – schließlich könnten wir jetzt auch für unsere Nachbarn im selben und im Nachbarhaus Heizprofile erstellen. Wie hoch der Anteil an unverschlüsselten Datenpaketen in der ganzen Republik ist, können wir angesichts der vielen, teilweise lokal operierenden Anbieter unmöglich einschätzen. Wenn Sie die Anleitung in diesem Artikel erfolgreich nachstellen konnten, freuen wir uns daher über eine Rückmeldung per Mail.

Auf Anfrage teilte uns Techem mit, dass die Heizkostenverteiler neuerer Generation, wie auf der Homepage versprochen, per AES verschlüsseln und die alten irgendwann ausgetauscht werden. Außerdem bot man uns an, neue Geräte einzubauen – für die aktuelle Heizperiode verzichteten wir dankend und sammeln die im Dreiminutentakt anfallenden Daten seither in unserer Datenbank. Den Datenschatz zu heben und sinnvolle Schlüsse für die Optimierung zu ziehen, ist eine Aufgabe für die Zukunft. (jam) c't

Literatur

[1] Andrijan Möcker, Lauschposten, Raspi als Funkempfänger-Server, c't 23/2019, S. 30

Spezifikationen

ct.de/wzsw



Bild: Andreas Martini

Tarifvergleiche für günstigen Strom

Die Strompreise kennen weiterhin nur eine Richtung: nach oben. Ein Tarifvergleich hilft dabei, den günstigsten Tarif zu finden, ein Wechselservice übernimmt das automatisch und wechselt jährlich zum günstigsten Anbieter. Allerdings müssen Sie höllisch aufpassen, dass der neue Stromtarif am Ende nicht teurer wird als gedacht. Wir helfen dabei.

Von **Urs Mansmann und Christian Wölbert**

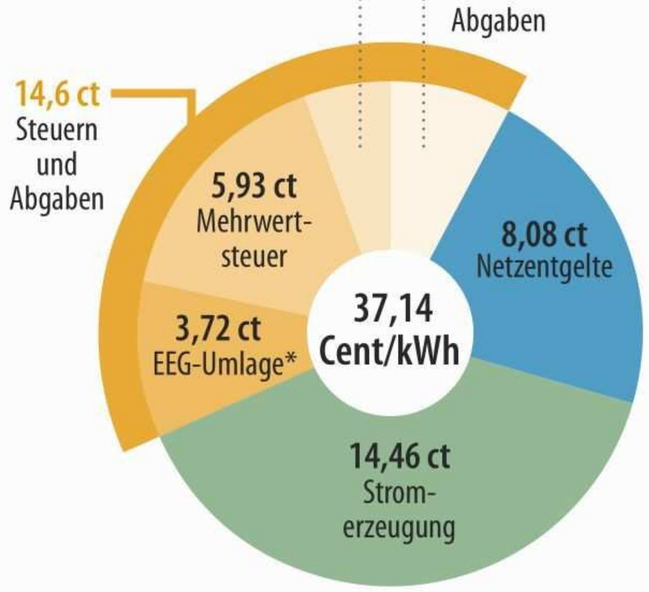
Die Preise an den europäischen Strombörsen rangieren auf einem Rekordhoch. Das macht den Stromanbietern große Probleme, denn viele müssen den Strom für ihre Kunden dort einkaufen. Wenn sie sich nicht im Voraus über feste Lieferverträge eingedeckt haben, müssen sie am Spotmarkt zukaufen und dort wurde zuletzt zu Spitzenverbrauchszeiten die 200-Euro-Marke pro Megawattstunde (MWh) durchbrochen, umgerechnet auf das übliche Maß für Privathaushalte sind das 20 Cent pro kWh.

Die Stromanbieter machen dadurch kräftige Verluste, denn im Strompreis sind für die Erzeugung im Durchschnitt nur rund 14 Cent pro Kilowattstunde

Quelle: Strom-Report, BMWi, Netzbetreiber, BDEW

Bestandteile des Strompreises

Nur rund ein Drittel des Preises zahlen Stromkunden im Durchschnitt für die Erzeugung, ein weiteres Viertel für die Stromnetze. Ein großer Teil entfällt auf Steuern und Abgaben.



An 100 fehlende Prozent: Rundungsfehler

*EEG Umlage: weggefallen am 1.7.2022

(kWh) eingepreist. Da der Trend ungebrochen ist, müssen Stromkunden mit weiteren Preiserhöhungen rechnen. Die fallen nicht ganz so drastisch aus wie im Gasmarkt, denn selbst eine Verdopplung des Erzeugerpreises schlägt nur mit rund 30 Prozent auf den Endpreis durch, aber für die betroffenen Kunden kann das durchaus schmerzhaft teuer werden.

Richtig vergleichen

Der Strommarkt in Deutschland ist seit vielen Jahren freigegeben. Durch die Wahl des günstigsten Angebots lässt sich eine Menge Geld sparen. Dabei muss man nicht unbedingt auf sogenannten Grau-strom aus Kohle- oder Atomkraftwerken setzen. Ökostromanbieter, die nur Strom aus regenerativen Quellen wie Wasser, Wind oder Solar beziehen und verkaufen, sind im Vergleich gar nicht so teuer. Allerdings ist Ökostrom nicht gleich Ökostrom, siehe Kasten auf Seite 80 in diesem Artikel.

Eine Recherche bei allen Stromanbietern wäre ein gigantischer Aufwand, über 1000 Tarife müsste man dazu in Deutschland vergleichen. Tarifvergleichsportale wie Verivox oder Check24 nehmen dem Kunden diese Arbeit ab und pflegen Tarifänderungen in ihre Datenbanken ein, weitere Anbieter solcher Übersichten finden Sie unter ct.de/w6e9.

Wichtig für den Vergleich ist vor allem eine Zahl: Wie viele Kilowattstunden verbrauchen Sie im Jahr? An dieser Stelle sollten Sie sich nicht auf Schätzungen verlassen. Der Stromverbrauch ist von vielen Faktoren abhängig, etwa von Anzahl und Art der Haushaltsgeräte. Wenn Sie auf den Standby-Verbrauch achten und sparsame Geräte anschaffen, können Sie Ihre Stromrechnung erheblich drücken und schonen die Umwelt, siehe Seite 22.

Am besten suchen Sie die Abrechnung des Vorjahres heraus und nehmen den tatsächlichen Verbrauch als Anhaltspunkt. Achten Sie aber darauf, dass auch wirklich eine Ablesung zugrunde liegt, denn wenn Sie Ihren Zählerstand nicht gemeldet haben, schätzen viele Energieversorger den Verbrauch – gerne auch großzügig – und kassieren erst einmal weiter Abschläge. Aus dem aktuellen Zählerstand und dem zuletzt gemeldeten können Sie Ihren Verbrauch aber in den meisten Fällen wenigstens näherungsweise ermitteln.

Der Strompreis besteht aus zwei Komponenten: dem monatlichen oder jährlichen festen Grundpreis und dem sogenannten Arbeitspreis, also dem Preis pro Kilowattstunde. Tarife mit hohen Grundpreisen und niedrigen Arbeitspreisen sind bei hohem Verbrauch günstiger, ist das Verhältnis umgekehrt, begünstigt das tendenziell Haushalte mit niedrigem Verbrauch.

Ungünstige Pakete

Einige Anbieter bieten feste Pakete an, die eine bestimmte Zahl Kilowattstunden enthalten. Die sollten Sie äußerst kritisch sehen. Bleibt Ihr Verbrauch unter der angepeilten Marke, bezahlen Sie das Paket nämlich trotzdem. Verbrauchen Sie mehr, berechnen die Anbieter in den meisten Fällen vergleichsweise teure Kilowattstundenpreise. So richtig günstig wird es nur, wenn Sie eine Punktlandung hinlegen. Ändert

Ökostrom-Label: ein bisschen grüner

Auf Vergleichsportalen wimmelt es vor Ökostrom-Siegeln, die klimafreundliche Energie versprechen. Um sie einordnen zu können, muss man ein paar Hintergründe kennen.

Auffällig ist zunächst, dass einige Ökostromtarife günstiger sind als normale Tarife. Zum Beispiel listete Check24 Anfang Juni Ökotarife für einen Bedarf von 2500 kWh zu Preisen ab 92 Euro im Monat. Der günstigste Normaltarif ohne versteckte Zusatzkosten kostete 97 Euro.

Das wirkt so, als könne man mit der Wahl eines Ökotarifs das Klima schützen und dabei gleichzeitig auch noch Geld sparen. Allerdings handelt es sich bei günstigen Ökotarifen in der Regel um Etikettenschwindel: Um Ökostrom anzubieten, müssen Unternehmen lediglich sogenannte Herkunftsnachweise beschaffen. Kauft ein Anbieter einen Herkunftsnachweis für eine MWh aus einem Wasserkraftwerk, kann er damit eine MWh Ökostrom vermarkten, auch wenn er seinen Kunden physisch Kohlestrom liefert.

Dem Klima ist damit nicht geholfen. Die Herkunftsnachweise stammen typischerweise aus Altanlagen, die so oder so Strom produzieren. Herkunftsnachweise aus Deutschland gibt es kaum, weil hiesige Stromerzeuger in der Regel dafür bereits die gesetzliche EEG-Förderung kassieren.

Trotzdem gibt es in Europa mehr als genug billige Herkunftsnachweise für Ökostrom, vor allem aus skandinavischen und österreichischen Wasserkraftwerken. Das Umweltbundesamt schätzte die typischen Kosten im Jahr 2018 auf 1 bis 3 Euro pro MWh, also 0,1 bis 0,3 Cent pro kWh. Das erklärt, warum Ökostromtarife günstiger sein können als konventionelle.

Laut der Analyse des Umweltbundesamts machten skandinavische Kraftwerksbetreiber außerdem nur 2 bis 4 Prozent ihres Gesamtumsatzes mit Herkunftsnachweisen. Ein Anreiz für den Bau neuer Anlagen sei das nicht. Mit günstigen Ökostromtarifen treibt man also die Energiewende gar nicht bis kaum voran.

An diesem Problem ändern auch die Ökostrom-Siegel nur wenig, mit denen viele Anbieter werben:

- Für das weit verbreitete Siegel „Geprüfter Ökostrom“ des TÜV Nord müssen 33 Prozent der Herkunftsnachweise aus Anlagen stammen, die jünger sind als sechs Jahre. Alternativ können Anbieter 0,25 Cent pro kWh in neue Anlagen für erneuerbare Energien investieren.
- Beim Siegel „EE01“ des TÜV Süd müssen 30 Prozent des Stroms aus maximal drei Jahre alten Anlagen stammen. Alternativ stecken Anbieter 0,2 Cent pro kWh in Fonds „zur Förderung regenerativer oder innovativer Energieprojekte“.
- Voraussetzung für das Siegel „ok-Power“ ist, dass ein Drittel der Nachweise aus Anlagen stammt, die maximal acht Jahre alt sind. Darüber hinaus müssen die Anbieter 0,2 bis 0,3 Cent pro kWh für Energieprojekte ausgeben (zum Beispiel für Effizienzmaßnahmen) oder Neuanlagen fördern. Der Anbieter darf nicht an Kern- oder Braunkohlekraftwerken und nicht an jungen Steinkohlekraftwerken beteiligt sein.
- Der Ausschluss von Kern- und Kohlekraftwerken gilt auch beim Siegel „Grüner Strom“. Außerdem müssen Anbieter hier 0,5 Cent pro kWh in den Ausbau erneuerbarer Energie investieren und tatsächlich



sich Ihr Bedarf, beispielsweise weil Sie Elektrogeräte neu beschafft oder ersetzt haben, weil jemand ein- oder auszog oder weil Sie länger abwesend waren, dann wird es für Sie ungünstiger. Solche unflexiblen Tarife nutzen vor allem den Anbietern.

Für den Kunden ist es recht mühsam, Verträge zu kündigen und neu zu schließen. In diese Lücke stoßen einige Anbieter, die das für Sie übernehmen. Sie versprechen, stets den günstigsten Tarif für Sie zu wählen und wann immer sinnvoll neue Verträge zu schließen und alte zu kündigen. In der Theorie klingt das gut, in der Praxis berichten aber viele Kunden von Problemen, von verpassten Kündigungsfristen über ungünstig gewählte Tarife bis hin zu geplatzten Anbieterwechseln, die dann in der teuren Grundversorgung endeten.



Ökostrom beziehen – Herkunftsnachweise allein reichen nicht aus.

Die Kriterien von ok Power und Grüner Strom sind also strenger als die der TÜV-Gesellschaften. Die Verbraucherzentralen und das Umweltbundesamt empfehlen deshalb nur diese beiden Siegel. Außerdem heben Check24 und Verivox Tarife hervor, die eines dieser Siegel aufweisen: als „Öko Nachhaltig“ beziehungsweise „ökoPLUS“.

Allerdings sollte man im Hinterkopf behalten, dass dank der Siegel bestenfalls 0,5 Cent pro kWh in den Ausbau erneuerbarer Energien fließen. Zum Vergleich: Die staatliche EEG-Umlage, die ebenfalls dem Ausbau der Erneuerbaren dient, liegt aktuell bei 6,5 Cent und künftig bei 3,7 Cent pro kWh. Der Zusatznutzen durch die Ökosiegel ist also überschaubar.

Christina Wallraf, Energieexpertin der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, sieht ok Power und Grüner Strom als „Orientierungshilfe“. Noch wichtiger als die Wahl eines solchen Tarifs findet sie aber andere Maßnahmen: „Man sollte im Alltag Energie sparen und, wenn möglich, selbst Energie erzeugen, zum Beispiel mit einer Solaranlage.“ (cwo)

Wichtig ist, dass Sie Nachrichten Ihres Versorgers über Preiserhöhungen zeitnah an den Wechselservice weiterleiten, denn Sie sind der Vertragspartner. Der Wechselservice erfährt nicht unbedingt, wenn sich die Konditionen Ihres individuellen Vertrags ändern. Landen Sie bei Nachfragen stets in der Warteschleife oder werden Ihre Nachrichten nicht bearbeitet, sollten Sie überlegen, den Vertrag zu beenden und bei einem anderen Anbieter Ihr Glück zu versuchen – oder den Tarifwechsel selbst in die Hand zu nehmen, was ohnehin der beste Weg zur maximalen Ersparnis ist.

Stromversorger haben am liebsten „träge“ Kunden, die auf Preiserhöhungen nicht reagieren. Rosinenpicker hingegen sind dort nicht gerne gesehen. Kunden, die jährlich ihren Anbieter wechseln, um günstige Tarife und Gutschriften abzustauben, werden mitunter für einen Neuvertrag abgelehnt. Die Stiftung Warentest hatte 2019 untersucht, warum Stromanbieter Verträge mit bestimmten Kunden nicht annehmen und empfiehlt Wechslern, ihre Daten beim bisherigen Anbieter löschen oder zumindest sperren zu lassen, damit häufige Wechsel nicht ersichtlich werden. Häufigster Ablehnungsgrund ist aber offenbar ein hoher Stromverbrauch von 6000 kWh im Jahr und mehr.

Risiko Insolvenz

Im Strommarkt sind schon etliche Anbieter in Konkurs gegangen. Ein besonders drastischer Fall war 2011 die Pleite von Teldafax. Das Unternehmen hatte Kunden mit extrem niedrigen Preisen geködert, verlangte allerdings eine hohe Vorauszahlung. Nachdem 2010 erste Berichte erschienen, dass Teldafax überschuldet sei, stellte das Unternehmen sein Geschäftsmodell zwar um, dennoch waren von der Pleite am Ende rund 700.000 Kunden betroffen. Zu den Insolvenztabellen wurden über 500.000 Forderungen angemeldet, das Insolvenzverfahren läuft derzeit noch. Ob die geprellten Kunden eine Rückzahlung erhalten und wie hoch diese ist, steht in den Sternen.

Gerade die Anbieter besonders günstiger Tarife sind besonders gefährdet, in wirtschaftliche Schieflage zu geraten. Die derzeit massiv steigenden Einkaufspreise könnten das eine oder andere Unternehmen in Bedrängnis bringen. Wie ernst die Lage ist, erkennt man auch daran, dass derzeit viele Stromanbieter keine Neukunden mehr annehmen. Bis sich der Markt wieder stabilisiert hat, lässt sich kein Geld verdienen und mehr Kunden bedeuten mehr Verluste. Für diesen kurzfristigen Vorteil verzichten die betreffenden Anbieter sogar auf Marktanteile.

Auf Vorauszahlungen oder die Stellung einer Kaution sollten Sie sich lieber nicht einlassen. Im schlimmsten Fall geht der Anbieter pleite und das Geld ist weg. Auch über die Vertragslaufzeit gestreckte Bonuszahlungen sollten Sie nicht unbedingt ein-

rechnen, denn auch die können Sie dann nicht mehr geltend machen, wenn die Firma insolvent ist und die Belieferung einstellt. Anders sieht es bei einem Sofortbonus aus, der Ihnen zu Beginn des Vertragsverhältnisses verrechnet wird, das ist ein überschaubares Risiko.

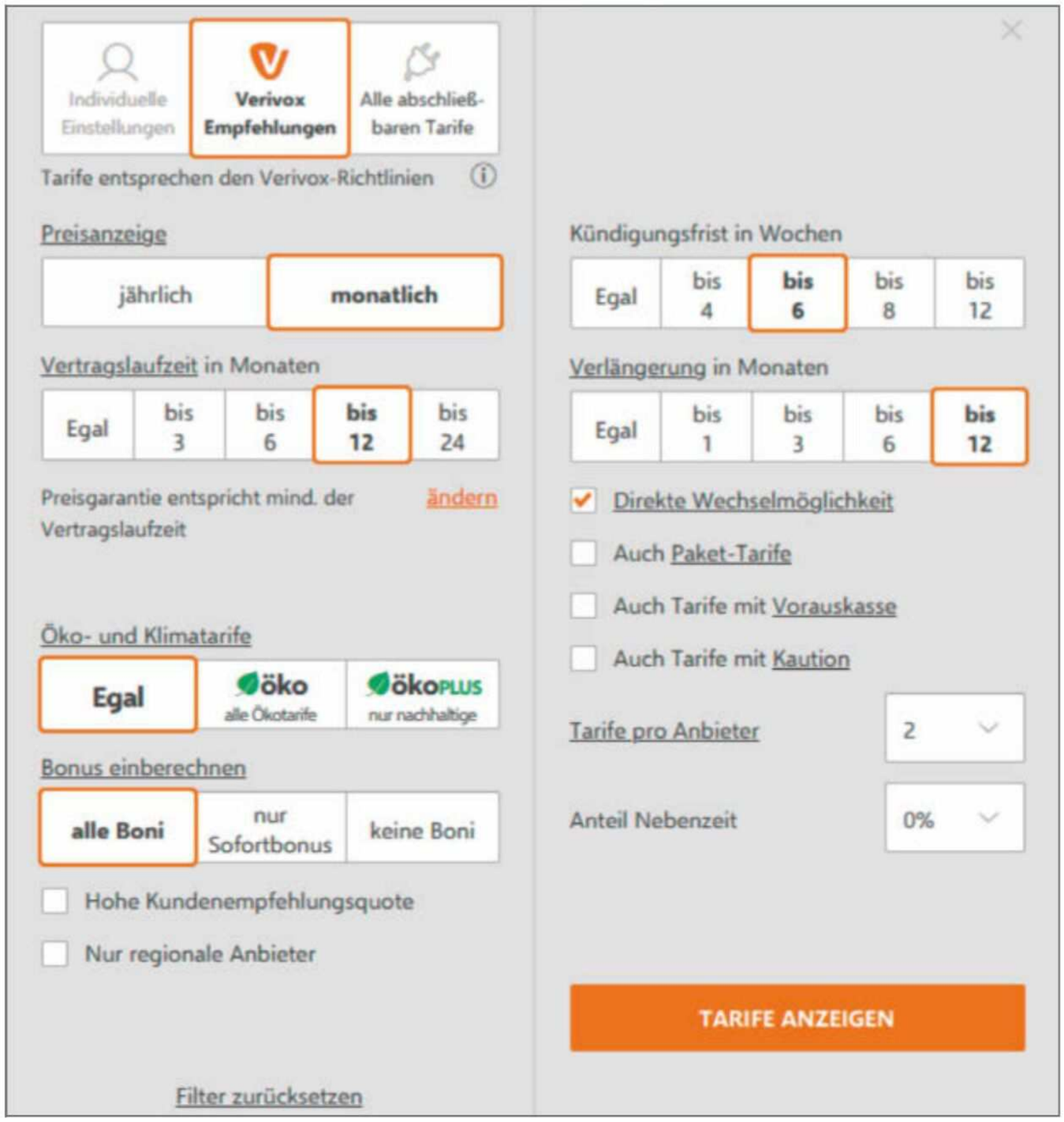
Zu den Vorauszahlungen gehört auch der monatliche Abschlag. Achten Sie beim Vertragsschluss darauf, dass dieser nicht zu hoch ausfällt. Ein zu niedriger Abschlag führt zwar möglicherweise zu einer Nachzahlung, aber das ist das Risiko des Anbieters. Ein Guthaben auf dessen Konto ist hingegen Ihr Risiko. Sogar mit der Zahlungsart können Sie Ihr Risiko verringern: Wenn Sie den monatlichen Abschlag überweisen, können Sie ihn nicht zurückholen. Eine Lastschrift hingegen können Sie bis zu sechs Wochen lang wieder zurückbuchen.

Ärger mit Bonuszahlungen

Mit Bonuszahlungen gibt es immer wieder Ärger. 2017 hatte die Verbraucherzentrale NRW den Stromanbieter Almado-Energy verklagt. Der Anbieter hatte die Auszahlung des Neukundenbonus in zahlreichen Fällen unter fadenscheinigen Vorwänden verweigert. Das Gericht stellte fest, dass etliche Klauseln in den allgemeinen Geschäftsbedingungen des Strom-Discounters rechtswidrig waren und den Kunden die Bonuszahlung zusteht (OLG Köln, Urteil vom 5. Mai 2017, Az: 6 U 132/16).

Ein beliebter Trick ist beispielsweise die Belieferungszeit: Der Anbieter verspricht 100 Euro Bonus nach zwölf Monaten Belieferung. Kündigt man zum Ende des ersten Vertragsjahres, zahlt der Anbieter den Bonus nicht aus, weil die Belieferung ja nach Vertragsbeginn startete und deshalb die zwölf Monate nicht erreicht werden. Bonuszahlungen erschweren den ohnehin schon schwierigen Vergleich noch zusätzlich. Je nach Höhe des tatsächlichen Preises und des Bonus kann es im zweiten Jahr erheblich teurer werden. Auf mittlere und lange Sicht sind Tarife ohne Bonuszahlung oft günstiger.

Nachrichten Ihres Stromversorgers sollten Sie sehr aufmerksam lesen. Einige Anbieter haben eine gewisse Meisterschaft darin entwickelt, Preiserhöhungen, die den Kunden zu einer Sonderkündigung animieren könnten, in Schreiben mit seitenlangem Geschwafel zu verbergen. Eine Faustregel: Erwähnt Ihr Anbieter in einer Nachricht scheinbar beiläufig konkrete Preise, ist das üblicherweise mit einer Preiserhöhung verbunden. Wäre es eine Preissenkung oder blieben die Preise zumindest stabil, würde er



Bei der Tarifrecherche, hier die Suchmaske von Verivox, muss man sehr detaillierte Angaben machen, welche Suchkriterien berücksichtigt werden sollen.

Sie sehr viel deutlicher auf diese erfreuliche Nachricht hinweisen.

Grundversorgung

Falls Ihr Vertrag endet und Sie keinen neuen abgeschlossen haben, landen Sie zunächst in der Ersatzversorgung Ihres örtlichen Grundversorgers zu allgemein gültigen Tarifen. Diese gilt für zunächst drei Monate. In dieser Zeit können Sie jederzeit kündigen und einen neuen Stromliefervertrag abschließen, auch beispielsweise einen günstigeren Tarif Ihres lokalen Energieversorgers. Machen Sie nichts, wechseln Sie nach drei Monaten automatisch in die Grundversorgung. Die Preise sind die gleichen, aller-

dings haben Sie dann eine Kündigungsfrist von zwei Wochen. In diesem Vertrag landen Sie immer automatisch. Es reicht dafür aus, dass Sie Strom verbrauchen. Überraschende Preiserhöhungen gibt es weder in Wahltarifen noch beim Grundversorger. Jede Preiserhöhung muss Ihr Anbieter ankündigen. Sie haben dann ein Sonderkündigungsrecht, egal welche Laufzeit Sie vereinbart haben.

Vor einem Wechsel sollten Sie sorgfältig prüfen, wie viel Sie derzeit bezahlen. Die Preise für Neukunden haben bereits kräftig angezogen. Möglicherweise ist Ihr derzeitiger Tarif günstiger als alles, was gerade angeboten wird. Das wird natürlich nicht ewig so bleiben, eine Preiserhöhung könnte beispielsweise schon zum Jahresende erfolgen, aber den Vorteil sollten Sie noch mitnehmen, solange es geht.

Bei den derzeitigen Preisschwankungen sollten Sie keine langen Vertragslaufzeiten wählen. Wenn die Strompreise wieder fallen, hängen Sie sonst in einem womöglich zu teuren Vertrag fest. Anders sieht es mit einer Strompreisgarantie aus: Damit verspricht der Anbieter einseitig, dass er den Preis nicht erhöht. Die Garantie bezieht sich aber nur auf den Leistungspreis, steigen sonstige Steuern und Abgaben, die rund drei Viertel des Strompreises ausmachen, darf er das trotz Garantie an den Kunden durchreichen. Optimal für Sie ist ein Tarif mit kurzer Laufzeit und langer Preisgarantie.

Vergleichsportale und Wechselagenturen

ct.de/w6e9

Fazit

Die Wahl des richtigen Stromanbieters kann die Haushaltskasse spürbar entlasten und mit der Wahl eines Ökotarifs mit anspruchsvollen Umweltregeln kann man die Energiewende zumindest ein wenig mit vorantreiben. Tarife sollten Sie aber sehr sorgfältig vergleichen, denn Stromanbieter sind sehr gut darin, zahlreiche Fußangeln für ihre Kunden auszulegen. Von Tarifen mit festen kWh-Paketen und Vorauszahlung sollten Sie lieber die Finger lassen. Einer kleinen Ersparnis steht ein unverhältnismäßig großes Risiko gegenüber, am Ende doch zu viel zu zahlen oder gar einen größeren Verlust einzufahren. (uma) c't



Jetzt gleich bestellen:
ct.de/angebot
+49 541/80 009 120
leserservice@heise.de

ICH KAUF MIR DIE c't NICHT. ICH ABONNIER SIE.

Ich möchte c't 3 Monate lang mit 35 % Neukunden-Rabatt testen.
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl, z. B. einen RC-Quadrocopter.



Strom erzeugen statt teuer einkaufen

**Lange galten Menschen, die sich für viel Geld Solarpanels aufs Dach des Eigenheims montieren ließen, als hoffnungslose Idealisten oder gar Spinner. Die aktuelle Energiepreisentwicklung lässt sie nun eher als Visionäre und Sparfüchse erscheinen.
Wir zeigen, wie Sie Ihren eigenen Strom sinnvoll produzieren – als Eigenheimbesitzer, aber auch als Mieter.**

Von **Georg Schnurer**



Bild: Andreas Martini

Strom erzeugen statt teuer einkaufen	84
Balkonkraftwerke senken Stromkosten	90
Photovoltaikanlangen installieren	98
Strom erzeugen mit Kleinwindanlagen	106
Günstig dezentral heizen und kühlen	112

Der Preis für Haushaltsstrom kennt seit geraumer Zeit nur eine Richtung: Er steigt rasant an. Verantwortlich dafür sind zahlreiche Faktoren wie etwa der weltweite Hunger nach immer mehr Energie, aber auch die deutsche Energiepolitik. Der russische Angriffskrieg in der Ukraine und die Folgen für die Energieträger Kohle, Öl und Gas befeuern den Preisanstieg zusätzlich – schließlich wird knapp die Hälfte unseres Stroms nach wie vor durch die Verbrennung fossiler Energieträger gewonnen.

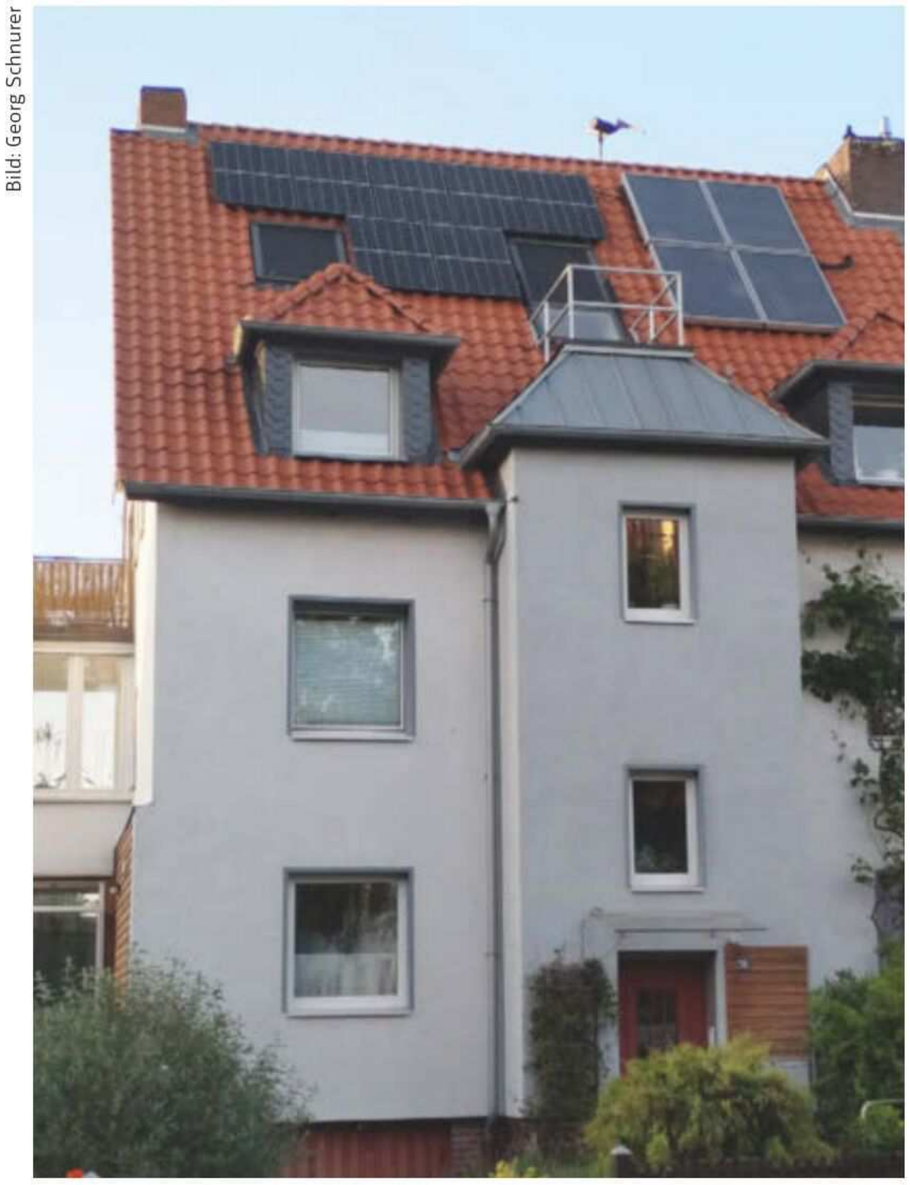
Doch auch wenn sich die weltpolitische Lage wieder normalisieren sollte, wird sich der Preis für elektrische Energie in absehbarer Zeit nicht nach unten bewegen: Der kaum noch aufzuhaltende Klimawandel zwingt vor allem die Industrienationen, sich möglichst schnell von fossilen Energieträgern zu verabschieden. Die immer weiter steigende CO_2-Abgabe soll hier Druck machen und verteuert den Strom zumindest mittelfristig. Hinzu kommt die steigende Nachfrage nach Strom, etwa durch Elektroautos und Wärmepumpen. Erst wenn der Einstieg in eine klimaneutrale Energieversorgung weitgehend geschafft ist, dürfen wir wieder auf sinkende Strompreise hoffen.

Was tun?

Angesichts dieser Entwicklung liegt es nahe, zunächst über Einsparmöglichkeiten nachzudenken. Gerade wir IT-Begeisterten lassen so manchen PC kontinuierlich an und auch wenn moderne Geräte irgendwann in den Standby-Modus wechseln: Auch die im Standby verbrauchte Energie kostet Geld. Und müssen Router, NAS und Server wirklich 24/7 an der Steckdose nuckeln? Jede abgeschaltete Stunde zählt hier. Sparen kann man eventuell auch bei Gerätschaften wie Kühltruhen und -schränken. Sehr alte Modelle verbraten viel Energie und es lohnt sich mitunter, die Energiefresser zu ersetzen.

Allerdings braucht selbst der sparsamste Haushalt immer noch Strom. Warum also nicht versuchen, die selbst verbrauchte elektrische Energie auch günstig selbst zu erzeugen? Sonne, Wind und Wasserkraft liefern diese klimaneutral und kostenlos. Darum werden diese regenerativen Energiequellen auch zunehmend von den Energiekonzernen genutzt. Was im Großen funktioniert, sollte doch auch kleiner wirtschaftlich zu betreiben sein. Nun hat nicht jeder einen Bachlauf mit hinreichendem Gefälle im Garten. Wasserkraft fällt deshalb in der Regel als privater Energielieferant aus.

Bild: Georg Schnurer



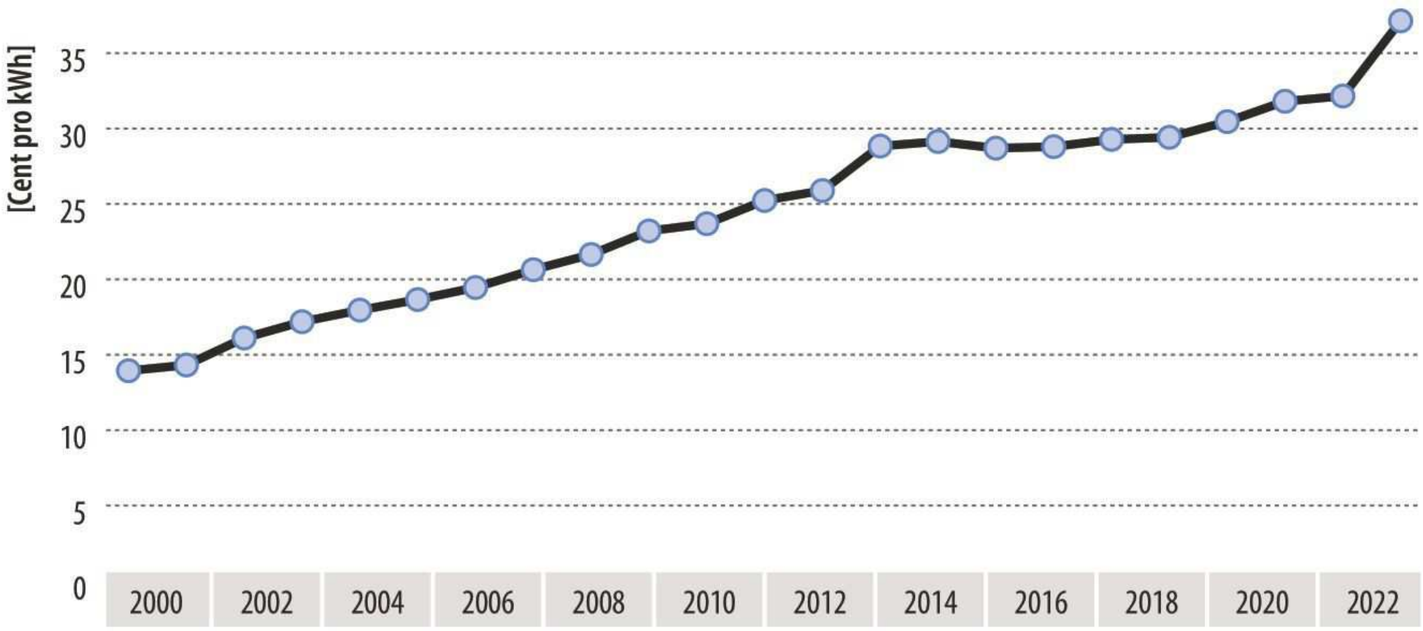
Ein Einfamilienhaus mit Vollbestückung: Außer einer Fotovoltaikanlage liegen auf dem Dach auch noch Wärmetauscher für Solarthermie und im Hintergrund dreht sich ein kleines Windrad.

Mit Sonne und Wind sieht es da schon viel besser aus. Mieter und Eigenheimbesitzer können die kostenlose Sonnenenergie leicht nutzen. Wer ein Haus besitzt, kann das Dach mit einer Fotovoltaikanlage ausstatten. Das lohnt sich besonders bei großen, unbeschatteten Dächern mit Südausrichtung. Doch auch auf Dächern in Ost- oder Westrichtung rentiert sich in der Regel die Anschaffung einer PV-Anlage. Selbst teilbeschattete Dächer sind nutzbar, vorausgesetzt, der Installateur sieht Überbrückungseinrichtungen für die zeitweise im Schatten liegenden Module vor. Das stellt sicher, dass einzelne beschattete Module nicht den kompletten Strang blockieren.

Generell lohnt sich eine PV-Anlage vor allem für die eigene Energieversorgung. Das Einspeisen ins öffentliche Netz wird bei neu errichteten typischen Dach-PV-Anlagen mit maximal 10 kWp – das ist die maximale Leistung einer PV-Anlage unter idealen

Strompreisentwicklung

Der durchschnittliche Preis, den Privathaushalte pro Kilowattstunde zahlen müssen steigt kontinuierlich an. Besonders drastisch war die Erhöhung in den letzten Monaten.



Quelle: BDEW

Bedingungen – mit gerade einmal 6,34 Cent pro kWh (Stand Juni 2022) vergütet, wogegen der Verbraucher bei Neuverträgen schon mal 40 und mehr Cent pro kWh zahlt. Da ist es besser, die erzeugte Energie selbst zu verbrauchen. Besonders komfortabel geht das natürlich, wenn man neben den Solarpanels auf dem Dach auch noch einen ausreichend groß dimensionierten Speicher vorsieht. Der erhöht zwar die Anschaffungskosten der Anlage nicht unerheblich, kann sich aber auf lange Sicht durchaus lohnen. Was es sonst noch bei der Errichtung einer PV-Anlage auf dem eigenen Dach zu beachten gilt, beleuchtet der Beitrag auf Seite 98.

Eigener Strom für Mieter, auch das ist möglich, wenn auch in deutlich kleinerem Maßstab. Wer einen Balkon besitzt, der nicht gerade nach Norden ausgerichtet ist, kann an dessen Brüstung ein oder zwei Solarpanels und einen Wechselrichter montieren. Die so gewonnene Energie wird dann in den Stromkreis eingespeist. Aufgrund gesetzlicher Vorgaben darf so ein „Balkonkraftwerk“ zwar nur eine Maximalleistung von 600 Watt haben, doch auch das rentiert sich durchaus für viele, schließlich kosten Solarpanels und Wechselrichter nicht die Welt. Allerdings gibt es selbst für die Installation solcher Kleinstenergieerzeuger in Deutschland jede Menge Vorschriften, sowohl von gesetzlicher Seite als auch auf Seiten der Energieversorger. Wie man diese zumeist künstlich errichteten Hürden überwindet und was es sonst noch bei der Planung und dem Bau eines Balkonkraftwerks zu beachten gilt, verrät der Artikel ab Seite 90.

Mieterstrom

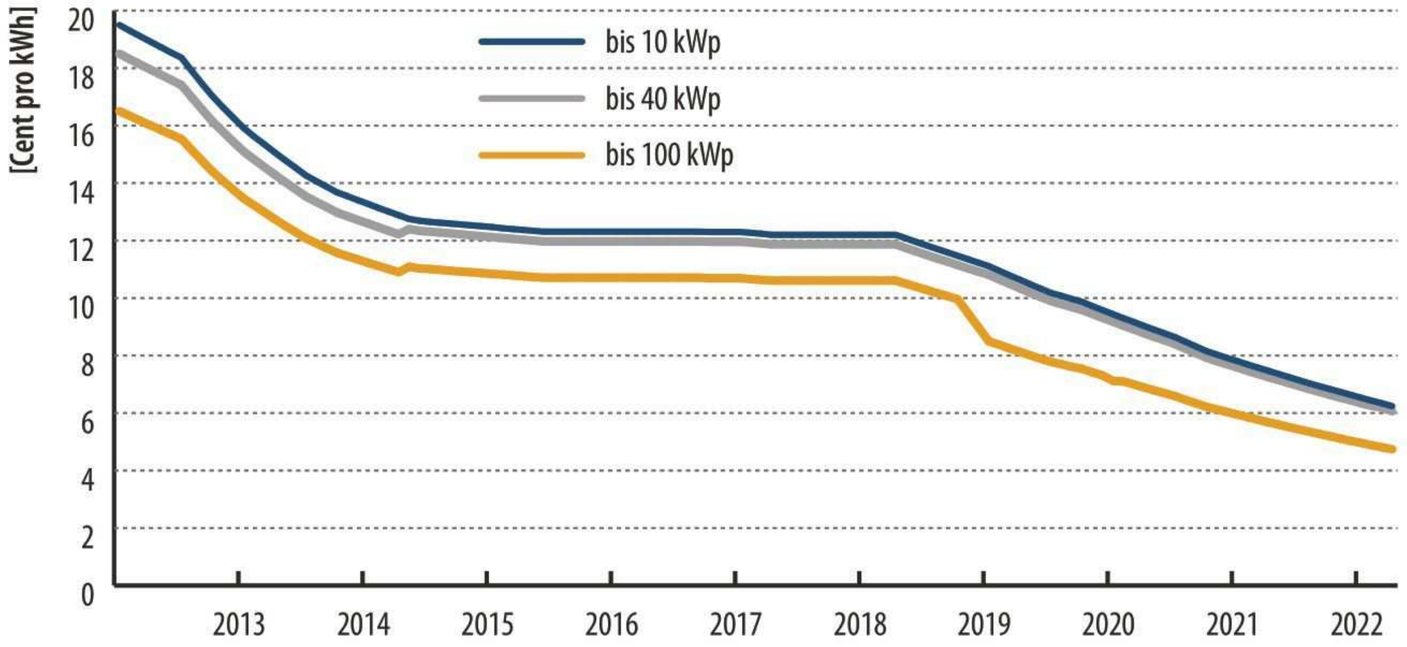
Als Mieter könnte man freilich auch davon profitieren, dass der Vermieter auf dem Dach der Wohnanlage PV-Module installiert. Die Energie könnte dann ohne große Umwege in den Wohnungen des Hauses verbraucht werden. Damit würde der Vermieter auch zum Stromlieferanten und die Mieter könnten von ihm günstige Energie beziehen. Das klingt in der Theorie verlockend, doch kaum ein Vermieter tut das. Schuld daran sind die Gesetzgebung und die überbordende Regulierung. Zusätzlich mindert der nicht unerhebliche Aufwand, den Verbrauch der einzelnen Mieter zu erfassen, vor allem in älteren Gebäuden die Bereitschaft vieler Vermieter, hier zu investieren.

Auch wenn die jetzige Bundesregierung die Teilhabe der Mieter an der Energiewende eigentlich fördern wollte, erreicht sie mit der jüngsten Gesetzesinitiative, dem sogenannten „Photovoltaik-Booster“

Quelle: Bundesnetzagentur

Entwicklung der Einspeisevergütung

Die Höhe der Einspeisevergütung richtet sich nach dem im Monat der Inbetriebnahme gültigen Satz und wird für 20 Jahre festgeschrieben.



(EEG2023), eher das Gegenteil: Speist ein Vermieter den gesamten auf dem Dach erzeugten Strom ins öffentliche Netz ein, so soll er pro kWh je nach Größe der Anlage zwischen 11,3 (Anlagen bis 100 kWp) und 13,8 Cent (Anlagen bis 10 kWp) erhalten, also deutlich mehr als die bei Teileinspeisung üblichen 4,81 (bis 100 kWp) bis 6,34 Cent (bis 10 kWp, Stand Juni 2022). Zwar ist im Gespräch, mit der neuen EEG-Verordnung auch die bislang degressive – also langsam sinkende – Vergütung für Teileinspeisung auf einen Wert von 6,45 bis 6,53 Cent pro kWh bei kleinen Anlagen einzufrieren, doch genaue Zahlen gibt es dazu noch nicht. In jedem Fall wird die Einspeisung des gesamten erzeugten Stroms deutlich besser vergütet als die Teileinspeisung.

Hinzu kommt noch, dass ein Vermieter, der Strom an seine Mieter liefert, nahezu die gleichen Auflagen erfüllen muss wie ein großer Energieversorger – mit allen dazugehörenden steuerlichen Auflagen und Dokumentationspflichten. So wird es für den Vermieter nicht nur uninteressant, den PV-Strom an die Mieter zu liefern. Er wird auch etwaigen Gemeinverbrauch wie Aufzüge, Beleuchtung und Heizsysteme lieber weiter mit dem teuer bezogenen externen Strom betreiben. Die Kosten dafür kann er auf die Mieter umlegen, den Ertrag der PV-Anlage hingegen voll einstreichen. Die auf dem Dach gewonnene Energie fließt so an den lokalen Energieversorger, der den Mietern dann bis zu 40 Cent pro kWh in Rechnung stellt – Win-Win für Vermieter und Energieversorger. Mieter profitieren eher von einem Balkonkraftwerk.

Meine Insel

Nun könnte man auf die Idee kommen, sich mit Hilfe einer PV-Anlage und einem großen Speicher komplett unabhängig vom öffentlichen Energienetz und dessen Preisschwankungen zu machen. In der Praxis ist das aber gar nicht so einfach. Zwar lässt sich die auf dem Dach über den Tag im Sommer erzeugte Energie prima speichern und dann nachts nutzen, über den Winter kommt man aber mit keinem gängigen Stromspeicher – selbst, wenn die PV-Anlage so großzügig ausgelegt ist, dass in der sonnigen Jahreszeit der gesamte Jahresbedarf an elektrischer Energie eingesammelt werden könnte.

Ein typischer Dreipersonenhaushalt benötigt im Jahr zwischen 3500 und 4500 kWh. Ein Großteil des Verbrauchs findet in der sonnenarmen Jahreszeit statt. Also müsste etwas mehr als der halbe Jahresenergieverbrauch gebunkert werden. Auch die

modernsten und größten Lithiumakku für PV-Anlagen fassen jedoch kaum mehr als 20 kWh. Man bräuchte also gut 20 solcher Speicher, die pro Stück gern mal 10.000 Euro kosten. Wirtschaftlich ist das nie und auch technisch ist so eine Installation nicht sinnvoll. Wer nach Autarkie strebt, muss andere Wege gehen und die für den Winter benötigte Energie etwa mit einer Wasserstoffanlage zwischenspeichern – das ist ein spannendes, aber auch schnell sechsstelliges Abenteuer.

Eine Notstromversorgung ist mit einer PV-Anlage nebst großer Batterie aber durchaus realisierbar. Der Wechselrichter muss dann entsprechend ausgelegt und „schwarzstartfähig“ sein. Das bedeutet, dass die Anlage auch dann anläuft, wenn das Netz abgeschaltet oder ausgefallen ist. Dazu muss die Hauselektrik im Notstrombetrieb unter allen Umständen zuverlässig vom Netz getrennt werden. Schließlich möchte man weder die gesamte Gemeinde mit den paar kWh aus dem Akku versorgen noch das vielleicht aus gutem Grund abgeschaltete Netz wieder unter Spannung setzen.

Wirklich unterbrechungsfrei ist so eine Notstromversorgung allerdings nicht: Die Umschaltzeiten der Wechselrichter sind in dieser Betriebsart recht lang, Server & Co. würden den Ausfall ohne zusätzliche Pufferung nicht überstehen. Hinzu kommt noch, dass so ein System aus Batterie und Wechselrichter nur eine begrenzte Entladeleistung hat. Sie liegt je nach Fabrikat und Größe zwischen 1 und knapp 6 kW. Das Haus – oder besser, die per Notstrom versorgten Komponenten und Stromkreise – dürfen diese nie überschreiten. Da der Aufpreis für einen notstromfähigen Wechselrichter vor allem bei großen Anlagen nicht allzu hoch ausfällt, lohnt es sich trotzdem, dieses Feature zumindest einmal mit dem Anlageninstallateur zu besprechen.

Mit Wind

Wenn die Sonne nicht scheint, weht oft der Wind. Da liegt es nahe, neben der PV-Anlage auch gleich noch ein Windrad aufs Dach zu pflanzen. Prinzipiell ist das durchaus möglich. Größtes Hindernis für einen wirtschaftlichen Betrieb ist hier die tatsächlich nutzbare Energie aus dem anströmenden Wind. Selbst modernste Anlagen können maximal 45 Prozent der Windenergie in elektrische Leistung umwandeln (siehe Seite 16).

Dieser Idealfall wird aber nur von sehr großen Windrädern erreicht. Die vielerorts angebotenen Mikro-Windkraftanlagen haben in der Regel einen viel schlechteren Wirkungsgrad. Schon allein aufgrund ihrer geringen Flügelgröße erzeugen sie nur wenig Energie und das oft nur unter Idealbedingungen. Diese herrschen „auf dem Dach“ aber eigentlich nie, denn Verwirbelungen durch das Dach, umstehende Gebäude und Bäume vermindern die nutzbare Energie erheblich. Die Physik lässt sich hier auch durch noch so futuristisch anmutende Flügelkonstruktionen nicht überlisten.

Die Kombination aus PV-Anlage und Mikrowindkraftanlage auf dem eigenen Grundstück birgt aber noch weitere Fallen: Der Betrieb einer solchen Mini-Anlage ist zwar in den meisten Bundesländern nicht genehmigungspflichtig. Doch das gilt nur, wenn man den erzeugten Strom nicht ins öffentliche Netz einspeist. Doch wie stellt man fest, woher der eingespeiste Strom stammt? Kommt er aus der PV-Anlage, die korrekt angemeldet ja ins Netz einspeisen darf, oder aus dem Windrad auf dem Dach, das das nicht darf? Klar ließe sich das technisch ermitteln, doch der Aufwand übersteigt den Nutzen deutlich. Trotzdem kann sich eine Kleinwindkraftanlage lohnen. Für wen, das erörtern wir ab Seite 106.

Für die Umwelt

Ein Aspekt der privaten Erzeugung CO_2-freier elektrischer Energie blieb bislang unbeachtet: Wer seinen Strom selbst aus Wind und Sonne erzeugt, schont bei richtiger Auslegung der Anlage nicht nur sein Portemonnaie, sondern auch die Umwelt. Bei PV-Modulen kann man inzwischen von einer Lebensdauer von mehr als 30 Jahren ausgehen. Zwar werden Solarpanels über die Zeit schwächer, doch der Energieertrag ist auch nach langer Betriebsdauer noch beachtlich. Natürlich verlieren auch die gegebenenfalls vorhandenen Akkus im Laufe der Jahre einen Teil ihrer Kapazität, dramatisch ist das bei modernen Speichersystemen aber nicht meht. Unterm Strich spart so eine PV-Anlage über die Lebensdauer gerechnet weit mehr CO_2 ein als die Produktion, der Transport und die Installation gekostet haben. Allein das motiviert viele Menschen heute, in Fotovoltaik zu investieren – sei es in Form einer großen Anlage auf dem Dach oder auch als kleines Balkonkraftwerk.

Wer daheim keine Möglichkeit hat, Solarenergie zu nutzen, kann trotzdem einen Beitrag zur Energiewende und damit zur Erhaltung unserer Umwelt leisten: An vielen Orten entstehen aktuell Bürgerwindparks und Bürger-Solaranlagen. An diesen kann man sich finanziell und manchmal auch durch Mitarbeit beteiligen. (gs) c't

IMPRESSUM

Redaktion

Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-300
Telefax: 05 11/53 52-417
Internet: www.heise.de

Leserbriefe und Fragen zum Heft:
sonderhefte@ct.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@ct.de oder xxx@ct.de. Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

Chefredakteur: Jobst-H. Kehrhahn (keh)
(verantwortlich für den Textteil)

Konzeption: Christian Wölbert (cwo)

Koordination: Pia Ehrhardt (piae), Angela Meyer (anm)

Redaktion: Ernst Ahlers (ea), Patrick Bellmer (pbe), Christian Hirsch (chh), Gregor Honsel (grh@heise.de), Michael Link (mil), Jan Mahn (jam), Urs Mansmann (uma), Angela Meyer (anm), Andrijan Möcker (amo), Georg Schnurer (gs), Carsten Spille (csp), Dirk Weyel (dwe), Dorothee Wiegand (dwi), Jörg Wirtgen (jow), Christian Wölbert (cwo)

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Clemens Gleich, Berti Kolbow-Lehradt, Bastian Sundermann, Johannes Weniger

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Tim Rittmeier (tir), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

DTP-Produktion: Lara Bögner, Beatrix Dedek, Madlen Grunert, Lisa Hemmerling, Cathrin Kapell, Paula Krause, Kirsten Last, Martina Lübke, Steffi Martens, Marei Stade, Matthias Timm

Digitale Produktion: Christine Kreye (Ltg.), Melanie Becker, Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, Martin Kreft, Pascal Wissner

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Illustration: Andreas Martini, Wettin

Titel: Steffi Martens, www.freepik.com

Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.heise.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

Geschaftsführer: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglieder der Geschaftsleitung: Jörg Mühle, Falko Ossmann

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich fur den Anzeigenteil),
www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenverkauf: Verlagsbüro ID GmbH & Co. KG,
Tel.: 05 11/61 65 95-0, www.verlagsbuero-id.de

Leiter Vertrieb und Marketing: Andre Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Firmengruppe APPL Druck GmbH & Co. KG,
Senefelder Str. 3–11, 86650 Wemding

Vertrieb Einzelverkauf:
DMV DER MEDIENVERTRIEB GmbH & Co. KG
Meßberg 1
20086 Hamburg
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 145 1815
E-Mail: info@dermedienvertrieb.de
Internet: dermedienvertrieb.de

Einzelpreis: € 14,90; Schweiz CHF 27.90;
Österreich € 16,40; Luxemburg € 17,10

Erstverkaufstag: 26.07.2022

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Printed in Germany.

Alle Rechte vorbehalten.

© Copyright 2022 by
Heise Medien GmbH & Co. KG



Bild: Andreas Martini

Balkonkraftwerke senken Stromkosten

Schon kleine Photovoltaikanlagen alias „Balkonsolar“ können die Stromkosten kräftig drücken und die passende Hardware gibts steckerfertig. Doch vor dem Aufbau gilt es, einige Hürden zu überspringen – oder zu ignorieren. Wir liefern Ihnen das Grundwissen zu Technik und Recht.

Von **Jan Mahn und Andrijan Möcker**

Kühlschrank, Router, Smart-Home-Steuerung, NAS, Raspis und Heimserver: Im Haushalt gibt es so einiges, das rund um die Uhr nach Strom lechzt. Wer dazu noch viel im Heimbüro arbeitet oder regelmäßig sein Elektrofahrrad lädt, dreht über das Jahr fleißig am Zähler. 2828 Kilowattstunden (kWh) hat ein deutscher Haushalt laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) im Jahr 2021 durchschnittlich aus dem Netz bezogen. Das sind rund 904 Euro bei einem 2021 realistischen Strompreis von 32 Cent pro kWh – für 2022 hat der BDEW schon 37 Cent errechnet. Dass Strompreise in nächster Zeit sinken, ist angesichts der weltpolitischen Lage eher unrealistisch.

Die gute Nachricht: An Energie fehlt es auf dem Planet Erde wahrlich nicht. Von der Sonne kommen im Idealfall etwas über 1000 Watt auf jedem beschienenen Quadratmeter an. Die Photovoltaik – umgangssprachlich auch „Solarstrom“ genannt – erlaubt seit Jahrzehnten, diese Strahlung in elektrische Energie umzuwandeln; massentaugliche Technik ist mittlerweile bei 23 Prozent Wirkungsgrad angekommen. Das klingt nicht herausragend, ist aber zu verschmerzen, weil der Energieträger Sonnenschein kostenlos und die Technik langlebig ist.

Jahrzehntelang war Photovoltaik nur etwas für Immobilienbesitzer – vorwiegend für solche mit großen, unbeschatteten Dächern, am besten Hallen

oder Scheunen (mehr dazu ab Seite 98). Mieter sowie Besitzer von Eigentumswohnungen oder Häusern mit kleinen oder verwinkelten Dächern sowie Balkonen konnten dagegen nur neidisch zuschauen, wie andere von der solaren Energie profitierten. Eine kleine Anlage vom Fachbetrieb anschließen und registrieren zu lassen sowie ein Gewerbe für den Verkauf des Stroms anzumelden, lohnte nicht.

Seit 2019 sieht das anders aus: Die Normungsgremien, des VDE haben sich dazu durchgerungen, den Weg freizumachen für sogenannte „steckerfertige Photovoltaikanlagen“, die bis zu 600 Watt für den Eigenbedarf erzeugen. Dem vorausgegangen war ein harter Kampf, den Solarpioniere und Organisationen wie die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. und Green Planet Energy (ehemals Greenpeace Energy) über Jahre geführt haben – und noch heute führen.

Energie vom Balkon

Bekannt ist das Konzept unter Namen wie Balkonkraftwerk, Balkonsolaranlage, Mini-PV oder Guerilla-PV. Die Idee: Wer ein paar Quadratmeter sonnenbeschienene Fläche hat, installiert dort ein bis zwei Photovoltaikmodule und einen Mikrowechselrichter, der mit dem Stromnetz verbunden ist. Für maximal 600 Watt Einspeiseleistung darf der Wechselrichter ausgelegt sein, damit die vereinfachten Bedingungen für Balkonkraftwerke gelten.

Verwendet wird die Energie vorwiegend im eigenen Haus, aus dem Netz muss man nur noch kaufen, was man nicht selbst produziert. Ein Beispiel am Nachmittag: Kühlschrank und Smart Home verursachen eine Grundlast von 150 Watt. Gleichzeitig scheint die Sonne, der Wechselrichter produziert 200 Watt. In diesem Fall bewegt sich der Zähler nicht, Sie müssen keinen Cent bezahlen. Die überschüssigen 50 Watt landen im Netz – die schenken Sie zwar dem Netzbetreiber, aber das ist im Angesicht der sonst nötigen Bürokratie verkraftbar. Ein anderes Beispiel zu einer anderen Tageszeit: Sie sitzen abends am Spiele-PC, haben die Festbeleuchtung eingeschaltet und brauchen 500 Watt. Vom Balkonkraftwerk kommen in der Abendsonne noch 75 Watt. Am Zähler fließt dann nur die Differenz von 425 Watt vorbei, die Sie aus dem Netz beziehen.

Lohnt sich das?

Die Beispiele machen deutlich: Ein Balkonkraftwerk lohnt sich vor allem dann, wenn man den Eigenverbrauch in den Phasen der größten Eigenproduktion maximiert. Wer um 12 Uhr in der Mittagssonne Waschmaschine oder Spülmaschine abfährt, muss nicht zusehen, wie selbst produzierte Energie ohne Bezahlung im Netz versickert. Home-Office-Arbeiter sind klar im Vorteil, in die Zielgruppe für Balkonkraftwerke fallen aber auch all jene, die gern automatisieren, vernetzen, auswerten und optimieren.



Kaum Platz nötig: Mikrowechselrichter für Balkonkraftwerke sind ungefähr nur so groß wie dieses Heft, wenn auch dicker und schwerer. Sie kosten zwischen 200 und 400 Euro, sind wetterfest und können daher direkt hinter dem Solarmodul montiert werden.

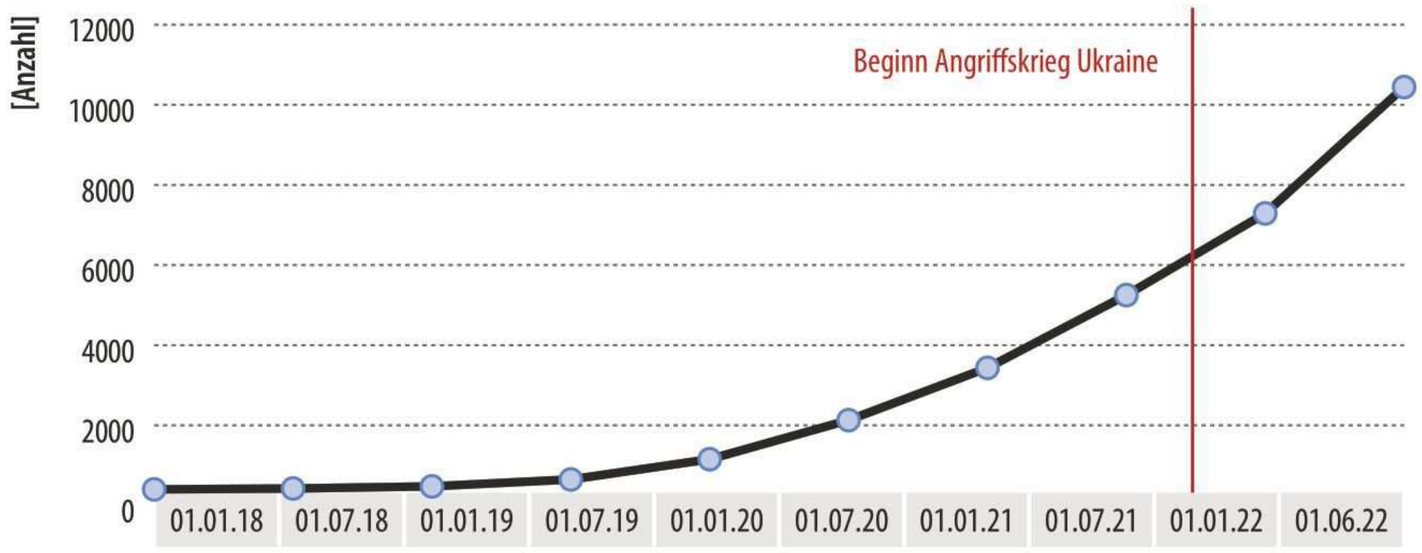
Bild: Sebastian Müller



Seit Anfang 2019 sieht die Technische Anschlussregel VDE-AR-4105 auch das Installieren von kleinen Photovoltaikanlagen bis 600 Watt Spitzenleistung durch Laien vor. Die Anlagen rechnen sich nach sechs bis neun Jahren und haben eine Lebensdauer von mindestens 20 Jahren.

Balkonkraftwerke in Deutschland

Die Daten aus dem Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur zeigen unter anderem die Auswirkungen der Energiepreissteigerungen: Seit Anfang 2022 wächst die installierte Leistung durch kleine Photovoltaikanlagen (bis 600 Watt Peak) rasant.



Eine präzise Aussage, wann sich die Investition in ein Balkonkraftwerk rentiert, ist angesichts der vielen Variablen (Wetter, Verbrauch, Strompreisänderungen etc.) nicht möglich. Einstellen kann man sich bei einer 600-Watt-Anlage grob auf Kosten um 700 Euro und eine Amortisationszeit von sechs bis neun Jahren. 90 bis 100 Euro Stromkosten kann man im Jahr unter guten Bedingungen vermeiden.

PV-Anlagen sind aber für deutlich längere Zeiträume konstruiert als Heimelektronik: Die Module halten problemlos 30 Jahre, Wechselrichter gerne mal 15. In ihrer Lebenszeit spielen die Geräte also sicher die Ausgaben wieder ein und sparen nebenbei auch mehr CO_2 als für die Herstellung freigesetzt wurde.

Wer die Wirtschaftlichkeit genau ausrechnen will, sollte den sehr umfangreichen Stecker-Solar-Simulator der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) ausprobieren (siehe ct.de/w7fb). Einziger Kritikpunkt an diesem Rechner: Aktuell kann man lediglich eine jährliche Strompreissteigerung von bis zu drei Prozent in die Berechnung einbeziehen. Angesichts der Entwicklungen in der ersten Jahreshälfte 2022 erscheint das zu wenig.

Nicht vergessen darf man bei all der Wirtschaftlichkeitsberechnung den Spaß beim Betreiben – Hobbys und Urlaube sind schließlich auch nicht wirtschaftlich und müssen keinen Amortisationsrechnungen standhalten. Aus eigener Erfahrung und Gesprächen mit anderen Balkonkraftwerksbetreibern können wir festhalten: Es bereitet einfach Freude, den eigenen Modulen beim Produzieren zuzuschauen. Maximieren kann man die Freude, wenn der Wechselrichter eine Schnittstelle zum Auswerten hat, oder man zwischen Wechselrichter und Steckdose eine Energiemesssteckdose steckt.

Energiepreise und Nachfrage

Seit ein paar Monaten bewegen sich Balkonkraftwerke heraus aus der Nische für technikbegeisterte Energiesparer und hinein in den Massenmarkt, Anfang 2022 wurden Balkonkraftwerke bereits in den ersten Baumärkten gesichtet. Um die Entwicklung dieses Trends mit Zahlen zu belegen, haben wir einen für das Thema unschlagbaren Datenschatz angezapft: Die Bundesnetzagentur betreibt das Marktstammdatenregister (siehe ct.de/w7fb). Wer eine Energieerzeugungsanlage (also auch ein Balkonkraftwerk) betreibt, muss sie dort online melden. Die Daten des Portals haben wir nach Balkonkraftwerken (aktive PV-Anlagen zwischen 150 und 600 Watt) gefiltert und die installierte Leistung über die Zeit kumuliert. Im Diagramm oben sehen Sie, wie sich die installierte Leistung seit 2018 entwickelt hat. Deutlich zu erkennen ist der Knick im März 2022 – vieles spricht dafür, dass der Krieg gegen die Ukraine

und die Diskussion über steigende Energiepreise das Interesse noch einmal angefacht haben. Auch die absoluten Zahlen können sich sehen lassen. Anfang Juni waren 20 000 Anlagen mit zusammen 10 000 Kilowatt installierter Spitzenleistung gemeldet.

Doch die hohe Nachfrage hat auch Schattenseiten. Wenn Sie jetzt selbst über ein Balkonkraftwerk nachdenken, haben wir schlechte Nachrichten für Sie: Seit März 2022 sind die deutschen Webshops mit der Hardware (zahlreich zu finden unter dem Suchbegriff „Balkonkraftwerk“) größtenteils leergefegt. Auf der Fachmesse Intersolar in München kamen wir mit dem Wechselrichterhersteller AEconversion ins Gespräch. Er entwickelt seine Geräte in Deutschland und lässt in Asien fertigen – und bestätigte uns, was wir nach der Recherche in den Webshops schon erahnt hatten: Bereits im März war der gesamte Vorrat des Herstellers für das Jahr 2022 verkauft, obwohl er sich nach den Erfahrungen in der Pandemie großzügig bevorratet hatte. Nachschub ist laut AEconversion bestellt, doch stockende Lieferketten machen sich auch hier bemerkbar. Anderen Wechselrichterherstellern ergeht es ähnlich und statt Bestellknöpfen haben viele Shops heute Wartelisten.

Die rasant gestiegene Popularität der Anlagen hat eine Forschergruppe der HTW Berlin veranlasst, sich mit den Beweggründen der Betreiber zu beschäftigen. Ihre Studienergebnisse mit den Auswertungen einer Onlineumfrage mit über 2000 Teilnehmern erschien im Mai 2022 (siehe ct.de/w7fb). Ein Ergebnis rüttelt auch am Klischee des allzeit korrekten Deutschen: Nur 45 Prozent der befragten Betreiber gaben an, das Gerät wie vorgeschrieben dem Netzbetreiber gemeldet zu haben, 42 Prozent haben es im Marktstammdatenregister eingetragen. Die häufigsten Gründe: „Es ist zu kompliziert“ (33 Prozent der Nicht-Anmelder) und „Ich habe nichts davon“ (28 Prozent). Mit diesen Ergebnissen muss man auch unser Diagramm neu einordnen: Rechnet man die Werte hoch, könnten schon über 20 000 Kilowatt Spitzenleistung und über 40 000 Anlagen installiert sein – bei etwa 40 Millionen Haushalten in Deutschland. Demnach hinge immerhin in jedem tausendsten Haushalt ein Balkonkraftwerk.

Selbst loslegen

Bevor es ans Beschaffen des Materials geht, ein bisschen Begriffsklärung: Eine photovoltaische Zelle (auch Solarzelle) aus Silizium erzeugt eine Spannung, wenn sie von der Sonne beschienen wird. Mit den einzelnen fragilen Siliziumscheiben hat man als Kunde aber wenig zu schaffen, man kauft sie immer fertig gruppiert und verdrahtet in Form von Modulen (auch „Panels“ genannt). Die Hersteller von Modulen installieren die Zellen auf einer Trägerplatte, verschalten sie, verkleben sie mit einer Glasscheibe und stabilisieren alles mit einem Aluminiumrahmen. Eine gängige Größe für Module der 300-Watt-Klasse ist 160 × 100 Zentimeter.

Als Anschlussstecker hat sich europaweit der einpolige MC4 durchgesetzt; auf der Rückseite des Solarmoduls kommen somit zwei kurze Kabel heraus. Für jedes Modul gibt der Hersteller in einem Datenblatt oder einem Aufkleber auf der Rückseite die elektrischen Eckdaten an. Die sogenannte Nennspannung (U_{MPP}) gibt an, welche Spannung unter Last und optimalen Bedingungen (unter anderem 25 Grad Modultemperatur) im Prüfstand ermittelt wurden. Für ein handelsübliches 300-Watt-Modul sind es gerne um 40 Volt. Die installierte Leistung gibt man in Watt Peak oder Kilowatt Peak (kWp) an – es geht also um die maximal gelieferte Leistung unter optimalen Bedingungen. Im Sommer herrschen die indes selten, sodass von beispielsweise 330 Wp rund 250 bis 290 Watt überbleiben – etwa, weil das Modul in der Sonne sehr heiß geworden ist.

Eine weitere wichtige Einheit heißt Kilowattstunde. Eine Leistung von 1000 Watt, die eine Stunde lang bezogen oder produziert wird, ergibt eine Kilowattstunde (kWh). Um einzuschätzen, wie viele Kilowattstunden Ihre Anlage produziert, gibt es für die Wetterbedingungen in Deutschland eine grobe Faustformel: 1 kWp installierte Leistung erzeugt rund 1000 kWh im Jahr.

Die 300- oder mittlerweile auch 400-Watt-Module sind die gleichen, mit denen man auch Häuser, Industriehallen oder Freifeldanlagen eindeckt. Größere Module mit 450 bis 700 Wp gibt es, die bis zu 35 Kilogramm schweren und über zwei Meter großen

Typische Kosten

Produkt	realistischer Preis
Komplettpaket 600 W (Wechselrichter und Module)	750 €
Komplettpaket 300 Watt (Wechselrichter und Modul)	350 €
Wechselrichter 300 W	210 €
Wechselrichter 600 W	280 €
Modul 300 W, neu	250 €
Modul 300 W, gebraucht	150 €
Befestigungsmaterial	80 €

Module erschweren die Balkonmontage jedoch erheblich. Speziell für Balkonsolaranlagen, aber auch für größere Anlagen auf verwinkelten Dächern, haben die Hersteller neben den 1,6- bis 2-Meter-Modulen auch kleinere Maße im Programm. Eine besonders gute Klimabilanz haben Module aus deutscher oder europäischer Fertigung – von Herstellern wie Aleo, Heckert, Solarwatt oder Meyer Burger.

Wen die weißen Linien um die blauen Module stören, der greift zu komplett dunklen „Full-Black"-Modulen. Eine weitere Alternative: Ultraleichte oder flexible Module ohne Glasplatte und Alurahmen. Erfunden wurden sie mal für Camping und Boote, sie machen aber auch an Balkongittern eine schlanke Figur. Jedoch muss man ihre Eignung zur Geländermontage vorab genau prüfen beziehungsweise beim Hersteller erfragen, denn viele Module sind nur mit einer großen Kontaktfläche zur Wärmeableitung wirklich effizient.

Bei klassischen Modulen kann man mit etwas Bereitschaft zur Recherche und Abholung viel Geld sparen. Statt sie in einem Shop für Balkonkraftwerke zu kaufen, sucht man gezielt in Kleinanzeigen nach gebrauchten Modulen oder Restposten. Mit Auslaufmodellen und kleinen Restposten aus großen Projekten können einige Firmen wenig anfangen und verkaufen sie günstig.

Balkonkraftwerk ≠ Notstromversorgung

Ein Missverständnis rund um Balkonkraftwerke hält sich hartnäckig: Zusätzlich zur Einsparung von bis zu 600 Watt habe man mit den Modulen auch automatisch eine Notstromversorgung von 600 Watt, wenn es im Netz einen Stromausfall gebe – so das Gerücht. Doch daraus wird nichts: Balkonkraftwerke sind keine Insel- oder Notstromanlagen, haben keinen Batteriespeicher und die Wechselrichter speisen nur dann Energie ein, wenn sie passende Spannung und Frequenz im Netz messen. Fällt das Netz aus, wirkt der sogenannte NA-Schutz und der Wechselrichter schaltet sofort ab.

Wer an Notstromversorgung interessiert ist, kann dieselben PV-Module installieren, muss aber gezielt nach Inselanlagen (Wechselrichter ohne Netzanschluss) oder Notstrom-Speichersystemen suchen. Im einfachsten Fall hat man eine Box mit Akkus und einer Steckdose zu Hause, die man auch zum Camping mitnehmen könnte. Bei einem längeren Stromausfall steckt man Kühlschrank oder Handyladegerät dort ein. Wer gleich sein ganzes Haus auf Notstrom umrüsten will, muss sich auf größere Umbauarbeiten einstellen und eine Fachfirma kontaktieren.

Spannung wechsel dich

Viel anfangen kann man im Hausnetz mit den 20 bis 50 Volt Gleichspannung eines Solarmoduls nicht. Der obligatorische Wechselrichter wandelt die Gleich- in Wechselspannung um und speist sie – synchron zur Netzspannung – ins Stromnetz ein. Das oder die Solarmodule werden also mit dem Wechselrichter verbunden und dieser wiederum mit der Netzspannungsseite (230 Volt). An kleinen Photovoltaikanlagen setzt man Mikrowechselrichter ein; sie sind etwa so groß wie eine gedruckte c't, wenn auch dicker und schwerer, und kommen im wetterfesten Metallgehäuse. Nötige Steckverbinder sind in der Regel vormontiert.

Mikrowechselrichter speisen nur auf einer von drei Phasen ein. Ein Problem für den Spareffekt ist das nicht, denn Stromzähler – auch digitale Zähler – arbeiten in der Regel saldierend: Verbraucht man auf Phase 1 und 2 je 50 Watt und produziert auf Phase 3 rund 100 Watt, ist die Differenz dennoch 0 und der Zähler steht.

Der Wechselrichter übernimmt außerdem die im Photovoltaikjargon als „MPPT" (Maximum Power Point Tracking/Tracker) abgekürzte Leistungspunktsuche, bei der der Lastwiderstand ständig an den Innenwiderstand des Solarmoduls angepasst wird. Der optimale Leistungspunkt schwankt mit der Intensität der Sonneneinstrahlung und nur durch ständige Anpassung holt der Wechselrichter auch bei bedecktem Himmel möglichst viel Energie aus dem Modul.

Dabei muss man einiges beachten: Will man mehrere Module in Reihe schalten (die Spannung addiert sich dann) – etwa weil drei 100-W-Module besser an den Balkon passen als ein 300-Watt-Modul – sollten alle dieselben Leistungs- und Spannungswerte haben, also bestenfalls vom gleichen Typ sein; die Eingangsspannung am Wechselrichter darf ebenso nicht überschritten werden. Alle Module müssen gleich ausgerichtet sein, damit der Leistungspunktsucher (MPP-Tracker) effizient arbeiten kann; zwei Panels nach Süden und zwei nach Westen reduzieren die Ausbeute. Möchte man Module in mehrere Richtungen ausrichten, um mittags und morgens respektive abends möglichst viel zu ernten, greift man ent-

weder zu zwei 300-Watt-Wechselrichtern oder zu einem 600-Watt-Gerät mit zwei separaten Eingängen und einem MPPT pro Eingang. Letzteres ist oft günstiger. Details zur Anzahl der MPPT sowie der erlaubten Eingangsspannung verrät das Datenblatt.

Im einfachsten Fall braucht man für eine Balkonsolaranlage also zwei Teile: Ein 300-Watt-Modul und einen 300-Watt-Mikrowechselrichter (Befestigungsmaterial mal außen vor). Die kurzen Kabel der Module reichen fürs Anschließen oft aus, denn die wetterfesten Modulwechselrichter finden direkt hinter dem Panel Platz. Ist der Abstand bei mehreren Modulen größer – etwa bei unterschiedlichen Himmelsrichtungen – überbrücken MC4-Verlängerungskabel die Distanz.

Produktauswahl

Die Auswahl an Mikrowechselrichtern auf dem Markt ist relativ überschaubar: AEconversion, APSystems, Huayu, Envertech und Hoymiles sind etablierte Hersteller. Angesichts der steigenden Nachfrage springen immer mehr Händler auf und bieten teilweise OEM-Geräte unter eigenen Markennamen an. Einen ausführlichen Test dazu, der auch die Schnittstellen für die Auswertung via Funkprotokoll, App und Web berücksichtigt, lesen Sie in einer der nächsten Ausgaben.

Wichtig beim Kauf: Der Wechselrichter muss einen eingebauten „Netz- und Anlagenschutz“ (NA-Schutz, früher ENS genannt) nach VDE-AR-N 4105 haben, der die Einspeisung sofort stoppt, wenn der Strom ausfällt. Fast alle Wechselrichter haben einen, uns sind nur vom Hersteller Enphase Geräte ohne NA-Schutz begegnet (dort wird ein Zusatzgerät benötigt), die nicht für Balkonkraftwerke gedacht sind.

Der Versandhändler Pearl ist mit seiner Eigenmarke revolt auf den Zug aufgesprungen und bietet Wechselrichter für 300, 600 und 1300 Watt Wechselspannungsleistung an, inklusive WLAN-Schnittstelle. Eine App liefert die Ausbeutestatistiken.



Auch wenn die schlechte Verfügbarkeit frustet, tun Sie sich den Gefallen und kaufen Sie keine günstigen No-Name-Wechselrichter von außerhalb Europas bei Amazon, eBay oder Aliexpress. Fehlende Konformität, extrem heiße Gehäuse und Hochfrequenzstörungen sind bei diesen Geräten keine Seltenheit.

Steckerstreit

Hat man Mikrowechselrichter und Modul aufgetrieben, muss man ersteren noch mit dem Stromnetz verbinden. Das nötige Anschlusskabel braucht auf einer Seite einen Steckverbinder, der zum Wechselrichter passt. Bei einigen Herstellern ist das ein dreipoliger Betteri-Stecker, andere nutzen hier einen Wieland RST16. Meist liegen die zugehörigen Kabel im Webshop direkt in Klickweite zu den Wechselrichtern.

Ausgerechnet um die letzte und auf den ersten Blick unspektakulärste Komponente gibt es den größten Streit: den Steckverbinder auf der Netzseite. Nahe liegt, die Balkonsolaranlage in die alltägliche Schutzkontaktsteckdose zu stecken, wie sie oft als wetterfeste Variante auf Balkonen zu finden ist. Wer das aus baulichen Gründen nicht kann und das Kabel irgendwie in die Wohnung geführt hat, nutzt irgendeine andere Steckdose. Technisch funktioniert das problemlos. Und wer Angst davor hat, dass beim Abstecken an den Pins des Steckers Spannung anliegt, der kann aufatmen: Der NA-Schutz verhindert genau das.

Kritiker argumentieren indes, dass der deutlich langsamer reagierende NA-Schutz (200 Millisekunden) die Funktion des Fehlerstromschutzschalters (10 bis 30 Millisekunden, auch FI oder RCD genannt) untergrabe, sodass die Spannung im Fehlerfall – etwa beim Fön in der Badewanne – unnötig lange weiter anliege. Andere halten dagegen, dass induktive Lasten wie Staubsauger oder Waschmaschinen genauso lang oder sogar länger nachlaufen würden.

Bereits seit Jahren wird dieser fachliche Streit in den Normungsgremien der DKE (einer Organisation des VDE) ausgetragen. Zuletzt führte der Vorstoß, den Anschluss per Schuko-Stecker in der Norm zu platzieren, zu einer Patt-Situation in der Arbeitsgruppe – vorerst landete der Schuko-Anschluss im informellen Teil. Stattdessen fordert die Norm, vom Elektriker eine Einspeisesteckdose mit separater Absicherung (also einem neuen Kabel quer durch die Wohnung zum Sicherungskasten) setzen zu lassen.

Die Anschlussdose muss vom deutschen Hersteller Wieland stammen. Alternativ kann der Elektriker das Gerät auch ganz ohne Stecker fest verdrahten – Hauptsache, berührungssicher. Ausführlich haben wir bereits darüber berichtet [1]. Laut HTW-Studie haben 75 Prozent ihre Anlage per Schuko-Stecker angeschlossen. Hausbrände oder Personenschäden im Zusammenhang mit Balkonkraftwerken sind noch nicht bekannt geworden.

Haben Sie sich entschieden, welche Hardware es sein soll und ob Sie per Schuko oder normgerecht per Wieland-Stecker anschließen wollen, beginnt ein kleiner Hürdenlauf. Für den haben Sie aber ausreichend Zeit: Bis die bestellten Teile ankommen, vergeht aktuell eben viel Zeit.

1. Hürde: Hauseigentümer

Für Mieter und Mehrparteienhausbewohner beginnt der Hürdenlauf am eigenen Balkon. Sie müssen sich einen Standort suchen. Beschattungsfrei sollte er sein, im Idealfall in Südausrichtung – doch auch mit einem Ost- oder Westbalkon müssen Sie das Projekt nicht beerdigen. Auch dort kann man eine Anlage wirtschaftlich betreiben, die Spitzenergebnisse liefert sie dann aber morgens oder nachmittags. Soll das Modul auf einem geräumigen Balkon einfach stehen, brauchen Sie niemanden fragen. Sie dürfen ja auch Tische und Blumentöpfe aufstellen, ohne um Erlaubnis zu bitten.

Das Einverständnis von Vermieter oder Hausverwaltung brauchen Sie, wenn Sie die Module am Balkongeländer installieren wollen. Grundsätzlich gilt: Wenn es im Haus üblich ist, die Geländer ohne Genehmigung zu dekorieren (etwa mit bunten Sichtschutzen oder Sat-Schüsseln), können Sie auch ein Balkonkraftwerk aufbauen. Sind solche Dekorationen und Satellitenschüsseln genehmigungspflichtig, gilt das auch fürs PV-Modul. Tipp für Notfälle: Stellt sich der Vermieter quer, weil die Energiewende das „einheitliche Erscheinungsbild“ des Mehrfamilienhauses gefährde, kann man aus einem Solarmodul und vier Beinen auch einen Tisch bauen – solange man daran nicht frühstückt, produziert er Strom.

Große Aufmerksamkeit erregte ein Urteil des Amtsgerichts Stuttgart vom 30.3.2021 (Aktenzeichen 37 C 2283/20). Die Klägerin hatte von einem Mieter verlangt, eine auf dem Balkon aufgestellte (nicht ans Geländer gehängte) Anlage zu entfernen und unterstellte vertragswidrige Nutzung des Balkons nach §541 BGB. Das Gericht folgte der Argumentation nicht und stellte klar, das Aufstellen sei nicht vertragswidrig. In der Begründung holte die Richterin das große Besteck raus: Die Anlage diene dem Umweltschutz, der als Staatsziel in Art. 20a im Grundgesetz verankert ist.

2. Hürde: Netzbetreiber

Die nächste Hürde haben die Netzbetreiber errichtet – in vielen Städten sind das Tochterunternehmen der lokalen Stadtwerke. Denen gefällt das Konzept Balkonkraftwerk naturgemäß nicht, da selbsterzeugter Strom nicht durchs Netz geleitet wird – schön für Sie, ungünstig für Unternehmen, die ihr Geld mit Netzdurchleitung verdienen. Wer ein Balkonkraftwerk betreiben will, ist verpflichtet, es seinem Netzbetreiber zu melden. Dafür stellen die meisten ein verkürztes Formular bereit, das man schnell ausfüllen kann. Soweit ist die Forderung auch verständlich: Der Netzbetreiber hat durchaus ein Interesse zu erfahren, wo in seinem Netz Strom herkommt. Er ist schließlich für die Stabilität seines Netzes verantwortlich.

Doch leider begnügen sich manche Netzbetreiber nicht mit der reinen Anmeldung. Sie verlangen auf dem Formular eine Bestätigung, dass das Gerät mit einer Wieland-Einspeisesteckdose an einer separaten Zuleitung angeschlossen wurde. Die Art der Steckdose und der Zuleitung haben keinen Einfluss auf die Netzstabilität – und damit könnte es den Netzbetreibern theoretisch egal sein. Diese verweisen aber auf ihre technischen Anschlussbedingungen und fordern, dass die Energieerzeugungsanlage normgerecht angeschlossen werden muss. Energiewende-Aktivisten sehen darin reine Verhinderungstaktik.

Noch einen Schritt weiter ging lange Zeit der Netzbetreiber Netze BW aus Baden-Württemberg. Er verlangte auf dem harmlos wirkenden Formblatt, dass die maximale Wirkleistungseinspeisung der Anlage auf 70 Prozent der installierten Leistung beschränkt wird – eine technische Maßnahme, die für Großanlagen erfunden wurde und bei 600 Watt eines Balkonkraftwerks nicht rational zu erklären war. Im Juni 2022 erschien plötzlich ein neues Formular auf der Homepage, in dem diese Forderung fehlt. Die alte Fassung haben wir für die Nachwelt gesichert, Sie finden beide Dateien über ct.de/w7fb.

Wer ein Balkonkraftwerk plant, sollte sich vorab informieren, welche Hürden der lokale Netzbetreiber in den Weg zu legen gedenkt. Viele Balkonkraftwerkbetreiber, die keine Einspeisesteckdose einbauen,

verzichten auch auf die Anmeldung beim Netzbetreiber, um sich potenziellen Ärger zu sparen.

Nach der Anmeldung beim Netzbetreiber muss man seine Erzeugungsanlage noch im Marktstammdatenregister eintragen. Das ist schnell erledigt, die Plattform ist nicht allzu komplex: Account unter marktstammdatenregister.de anlegen und eine neue Anlage eintragen, fertig.

3. Hürde: Zähler

Während eine versäumte Anmeldung beim Netzbetreiber folgenlos bleibt, ist mit der nächsten Hürde nicht zu spaßen: Der Stromzähler muss mit einer sogenannten Rücklaufsperre ausgestattet sein. Die alten schwarzen Zähler mit der drehenden Scheibe (sogenannte Ferraris-Zähler) haben eine solche Sperre meist nicht. Das hat zur Folge, dass der Zähler rückwärts dreht, wenn der Verbrauch kleiner als die Produktion ist. Auf die Weise würde man das gesamte Netz als gigantischen Speicher missbrauchen. Tagsüber wird zurückgespult, nachts dreht er sich langsam vorwärts. Das klingt verlockend, kann in Deutschland aber diverse Straftatbestände erfüllen – bis hin zur Steuerhinterziehung, weil man die Steuern auf den bezogenen Strom vermeidet.

Die sogenannten „modernen Messeinrichtungen“, also die digitalen Zähler, die aktuell installiert werden und bis 2032 flächendeckend hängen sollen, haben immer eine Rücklaufsperre.

Wer einen alten Zähler hat, sein Balkonkraftwerk beim Netzbetreiber meldet und vom Grundversorger auch seinen Stromzähler bekommt (das ist die Standardkonfiguration), wird schnell nach der Anmeldung die Nachricht bekommen, dass demnächst ein Techniker zum Einbau des modernen Zählers vorbeikommt. Aufpassen muss man mit Stadtwerken, die für die wenigen Kilowattstunden im Jahr einen deutlich teureren Zweirichtungszähler verlangen – bis zur Änderung des Formulars im Juni 2022 (siehe oben) gehörte Netze BW dazu.

Ein Tipp, um ohne Kontakt zum eigenen Netzbetreiber an einen rücklaufgesperrten digitalen Zähler zu kommen: Man sucht sich einen alternativen Messstellenbetreiber – Angebote für vernetzte Zähler inklusive Online-Auswertung haben wir bereits vorgestellt (siehe Seite 68).

4. Hürde: Befestigung

Abseits der elektrischen und bürokratischen Probleme müssen Sie noch ein mechanisches lösen: die Anbringung. Beim Aufhängen am Balkongitter ist Vorsicht angebracht. Ein abstürzendes Modul kann lebensgefährlich sein, Windlast ist ein reales Problem und einige der dünnen Balkongitterhaken in den Solarshops wirken alles andere als vertrauenserweckend; mehr wie umfunktionierte Blumentopfhalter.

Weil es so viele verschiedene Balkone gibt, gibt es auch keine pauschal optimale Installation, nur ein paar Tipps: Kunststoffkabelbinder zur Aufhängung sind tabu, das Modul muss an möglichst vielen Punkten (oben und unten) gesichert sein, damit auch Wind keine Chance hat. Stabile Halterungen, die für Lasten über Personen konstruiert und höchsten Anforderungen an Sicherheit gerecht werden, findet man bei Händlern für Veranstaltungstechnik. Sogenannte Halfcoupler mit Nennlasten von 200 oder 500 Kilogramm können Module fest an vielen Rohren von Balkongittern halten. Und auch ein weiteres Prinzip aus diesem Fachbereich kann man übernehmen: Eine zweite, unabhängige Sicherung des Moduls in Form eines kurzen Sicherheitsseils (Suchbegriff „safety drahtseil“) schützt vor Absturz, wenn die Halterung versagt.

Fazit

Balkonkraftwerke sind, sofern es einen guten Standort und regelmäßigen Eigenverbrauch gibt, auf der einen Seite eine überschaubare Investition, die sich finanziell lohnt. Gleichzeitig sind sie auch ein politisches Statement: Man nimmt einen Teil der Energiewende in die eigenen Hände, macht sich unabhängiger von Gas- und Kohlekraftwerken. Und wenn man einmal damit anfängt, werden auch die Nachbarn schnell neugierig und steigen ein. Wenn alle im Mehrfamilienhaus ein Balkonkraftwerk haben, ist auch das einheitliche Erscheinungsbild wiederhergestellt.

Dass viele Vermieter und vor allem die Netzbetreiber den Betrieb nicht gerade befördern, ist frustrierend. Zu den Unterstützern der Idee zählen bereits einige Kommunen – deren Fördermaßnahmen stellen wir in einer der nächsten Ausgaben vor. Trotz des großen Schubs im Jahr 2022 steht das Thema aber eher am Anfang: Wenn die Lieferketten wieder funktionieren, könnten die Anlagen bald ein Massenphänomen werden und einige Hürden fallen. Auch der fachliche Streit um Schuko- oder Wieland-Stecker ist noch nicht entschieden – es ist nicht ausgeschlossen, dass das, was viele Betreiber heute schon tun, in einigen Jahren in der Norm steht: Steckerfertige Anlagen mit dem Schuko-Stecker in die Balkonsteckdose stecken. (amo) c't

Literatur

[1] Jan Mahn und Andrijan Möcker, Steckerdiskussion, VDE: Einspeisesteckdose für Balkonkraftwerke bleibt vorerst Pflicht, c't 13/2022, S. 40

Normen und Solar-Rechner

ct.de/w7fb



Bild: Andreas Martini

Photovoltaikanlagen installieren

Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach rechnet sich. Doch wie groß sollte sie sein, muss ein Batteriespeicher her, was sagt das Finanzamt dazu und was ändert sich durch das Osterpaket der Bundesregierung? Diese und weitere Fragen beantworten wir hier.

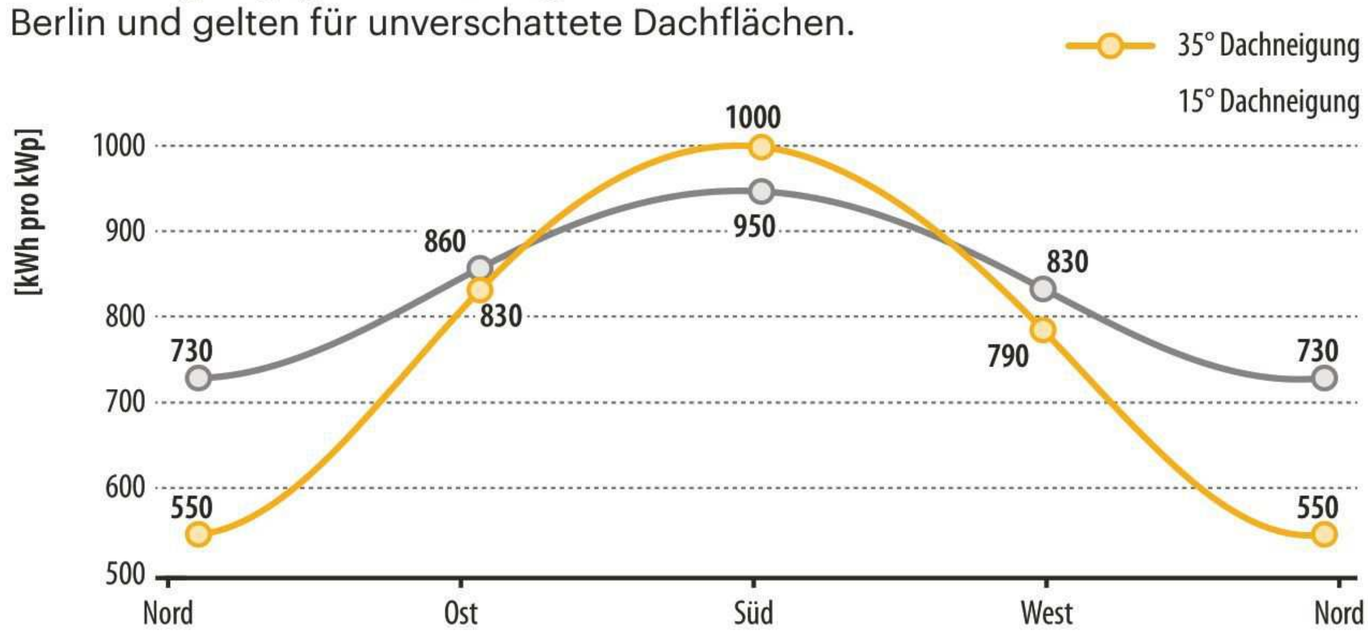
Von **Johannes Weniger und Jörg Wirtgen**

Die Strompreise steigen und viele Haushalte verbrauchen immer mehr Strom, sei es durch größere Fernseher, durch das neue E-Auto, durch mehr Homeoffice oder durch Klimageräte, die aufgrund der heißen Sommer nötig sind. Den Ausweg, eine eigene Photovoltaikanlage aufs Dach zu bauen, haben allein 2021 in Deutschland über 200.000 Privathaushalte gewählt. Damit entwickelt sich die Solartechnik immer mehr zum festen Bestandteil der Stromversorgung von Einfamilienhäusern. Zwei Jahre zuvor waren es noch weniger als 100.000 neu installierte Photovoltaikanlagen im

Daten: PVGIS, Standort Berlin

Jährlicher Solarstromertrag

Auch Ost- und Westdächer bringen noch akzeptable Solarstromerträge. Die höchsten Solarstromerträge erzielen Sie auf südlich ausgerichteten Dachflächen mit einem Neigungswinkel um 35°. Ebenfalls können Norddächer in Betracht gezogen werden, sofern die Dächer eine geringe Neigung haben. Die in der Darstellung angegebenen Ertragswerte sind Durchschnittswerte für den Standort Berlin und gelten für unverschattete Dachflächen.



Marktsegment bis 20 kWp, der bei Einfamilienhäusern typischen Größe.

Diese manchmal auch nur als Kilowatt ohne p für Peak angegebene Kennzahl beschreibt die theoretische Maximalleistung der Anlage und hat sich als Maß für die Größe einer PV-Anlage etabliert. Der konkrete Ertrag einer Photovoltaikanlage hängt unter anderem vom Standort, von der Ausrichtung und vom Neigungswinkel der Solarmodule sowie vom Grad der Verschattung ab und schwankt von Jahr zu Jahr. Als Daumenregel gilt: An guten Standorten liefert eine Photovoltaikanlage in Deutschland jährlich einen Stromertrag von etwa 1000 kWh/kWp.

Die rasante Marktentwicklung sowie technologische Innovationen haben die Preise für die Komponenten von Photovoltaikanlagen beachtlich reduziert. Die Nettopreise für schlüsselfertige Dachanlagen bis 10 kWp sind in Deutschland in den vergangenen 20 Jahren um durchschnittlich 80 Prozent gesunken. Nach Angaben des Marktforschungsinstituts EuPD Research waren kleine Photovoltaikanlagen im Jahr 2020 im Mittel für rund 1300 Euro/kWp zu haben. Eine 10-kWp-Anlage kostete demnach durchschnittlich 13.000 Euro netto. Steigende Rohstoffpreise und Lieferengpässe haben in den vergangenen beiden Jahren allerdings keinen Halt vor der Solarbranche gemacht. Dadurch kostet eine Photovoltaikanlage heute schätzungsweise etwa zehn bis zwanzig Prozent mehr als noch vor zwei Jahren.

Solarstrom für unter 10 ct/kWh

Aber auch bei einem Nettopreis von 1500 Euro/kWp können Sie noch günstig Strom produzieren, wie der PV-Stromkostenrechner der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) anschaulich zeigt (siehe ct.de/w47n): Die während des Betriebs anfallenden Kosten für Wartung, Versicherung und Zählermiete betragen üblicherweise rund 250 Euro pro Jahr, als Leistungsabnahme der Solarmodule rechnet man mit 0,5 Prozent pro Jahr. Damit betragen die sogenannten Stromgestehungskosten einer 10-kWp-Anlage bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren 10,5 ct/kWh.

Allerdings spricht auch viel dafür, dass gut geplante Photovoltaikanlagen mit hochwertigen Solarmodulen und einer ordentlich ausgeführten Unter-

Nettopreise für Solarstromanlagen

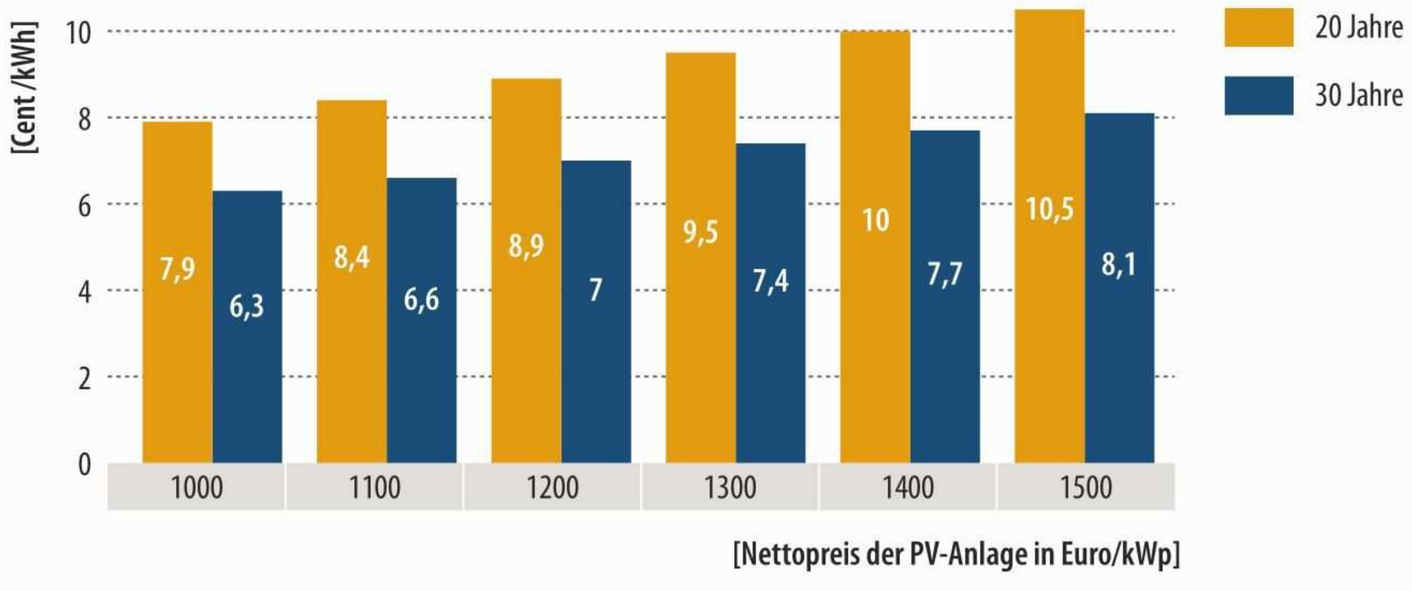
Je größer die Photovoltaikanlage, desto geringer der Preis pro Kilowatt Peak: Wenn Sie die Photovoltaikanlage möglichst groß bauen, fallen die Fixkosten für das Gerüst, die Inbetriebnahme und andere Faktoren, die nur wenig von der Anlagengröße abhängen, weniger stark ins Gewicht.



Daten: Verbraucherzentrale NRW (2019)

Einfluss der Nutzungsdauer

Je länger die Photovoltaikanlage betrieben wird, desto günstiger ist auch der produzierte Solarstrom. Es lohnt sich also bei der Produktauswahl auf hochwertige und langlebige Produkte zu setzen. Die Grafik zeigt zudem, welchen Einfluss die Anlagenpreise auf die Stromgestehungskosten haben.



Daten: PV-Stromkostenrechner der DGS

Tipps für den Weg zur eigenen Photovoltaikanlage

- Holen Sie mindestens von zwei Fachbetrieben Angebote ein. Lassen Sie mindestens eines der Angebote nach einem Beratungstermin vor Ort erstellen, damit es Ihre individuellen Gegebenheiten berücksichtigt.
- Ausführliche Erfahrungsberichte zu den in den Angeboten aufgeführten Produkten finden Sie häufig im photovoltaikforum.com. Dort werden zudem Angebote näher unter die Lupe genommen (siehe ct.de/w47n).
- Nutzen Sie herstellerneutrale Beratungsangebote von lokalen Solarvereinen oder Verbraucherzentralen. Diese kennen auch etwaige regionale Förderprogramme. Eine Übersicht über verschiedene regionale und überregionale Solarberatungsstellen finden Sie unter ct.de/w47n.
- Planen Sie ausreichend Vorlaufzeit ein. Aufgrund der hohen Nachfrage und Auslastung der Fachbetriebe müssen Sie mit über einem halben Jahr Wartezeit rechnen, bis alle Komponenten lieferbar sind und die Photovoltaikanlage installiert werden kann. Besonders bei den Wechselrichtern, die den Gleichstrom der Solarmodule in Wechselstrom wandeln, sind derzeit mehrmonatige Lieferzeiten üblich.
- Bestehen Sie auf einen Wechselrichter von einem der Hersteller, die ein ausgereiftes Energiemanagement im Produktportfolio haben und es stetig erweitern. Dadurch ist es zukünftig in der Regel einfacher, die Leistungsaufnahme von nachträglich hinzukommenden Elektrofahrzeugen oder Wärmepumpen an die überschüssige Solarstromleistung anzupassen. Sobald Sie nämlich mehr als einen steuerbaren Stromverbraucher einbinden wollen, benötigen Sie einen übergeordneten Energiemanager, der alle steuerbaren Verbraucher berücksichtigt.
- Wenn Sie mit dem Gedanken spielen, zukünftig einen Batteriespeicher nachzurüsten, sollten Sie von vornherein einen sogenannten Hybridwechselrichter einbauen. Er bindet sowohl die Photovoltaikanlage als auch den Batteriespeicher ein, sodass kein separater Batteriewechselrichter erforderlich ist. Achten Sie zudem darauf, dass der Hybridwechselrichter zu den Batterien mehrerer etablierter Hersteller kompatibel ist.

konstruktion sogar 30 Jahre und mehr ihren Dienst verrichten werden. Dann produziert eine 10-kWp-Anlage sogar für 8,1 ct/kWh Strom. Damit ist der Solarstrom vom eigenen Hausdach aktuell etwa um den Faktor drei günstiger als Strom aus dem Netz, der für Privatpersonen meist 30 ct/kWh und mehr kostet. Steigt der Strompreis weiter an, fällt der Kostenvorteil des selbst erzeugten Solarstroms zukünftig noch größer aus. Mit einer Photovoltaikanlage können Sie steigenden Strompreisen somit gelassener entgegensehen.

Ertragssteuerliche Vereinfachung

Ob für Ihre Kostenkalkulation der Netto- oder Bruttopreis der Photovoltaikanlage relevant ist, hängt davon ab, in welchem Modell Sie die Anlage aus umsatzsteuerlicher Sicht betreiben. Möchten Sie die beim Kauf bezahlte Mehrwertsteuer vom Finanzamt erstattet bekommen, müssen Sie die Anlage als unternehmerische Tätigkeit betreiben. Dies ist mit Mehraufwand bei Ihrer jährlichen Steuererklärung verbunden, zudem müssen Sie zusätzliche Umsatzsteuervoranmeldungen abgeben und Umsatzsteuer für den selbst verbrauchten Solarstrom an das Finanzamt abführen.

Um den laufenden Aufwand zu verringern, können Sie nach den ersten fünf Betriebsjahren in die sogenannte Kleinunternehmerregelung wechseln. Sie sind ab dann von der Umsatzsteuerpflicht befreit. Der Wechsel ist möglich, wenn Ihre umsatzsteuerpflichtigen Einkünfte unter 22.000 Euro pro Jahr liegen – was selbst bei der Volleinspeisung einer 100-kWp-Anlage noch locker passt. Nicht ratsam ist es, von vornherein die Kleinunternehmerregelung zu wählen, weil Sie dann nicht in den Genuss des Vorsteuerabzugs und damit der Erstattung der Mehrwertsteuer der Baukosten durch das Finanzamt kommen.

Zusätzlich fällt auf Ihre Einnahmen aus dem Betrieb der Photovoltaikanlage Ertragssteuer an. Deren Behandlung hat das Bundesfinanzministerium deutlich vereinfacht: Aus zwei im Juni und Oktober 2021 veröffentlichten Schreiben geht hervor, dass Photovoltaikanlagen bis 10 kWp als steuerlich unbeachtliche „Liebhaberei“ behandelt werden können. Wenn

Sie diese Vereinfachung nutzen möchten, müssen Sie dies zuvor beim zuständigen Finanzamt schriftlich beantragen. Generell gilt: Wer sich nicht mit steuerlichen Belangen befassen möchte, sollte den Rat eines Steuerberaters suchen.

Neuerungen im EEG 2023

Die Vorzüge der Photovoltaik hat auch die neue Bundesregierung erkannt und will mit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2023 den Ausbau der Photovoltaik beschleunigen. Nach dem vorliegenden Kabinettsbeschluss erhalten Haushalte, die den Solarstrom vorrangig selbst nutzen, für in das Stromnetz eingespeiste Stromüberschüsse 6,53 ct/kWh. Dieser Einspeisetarif gilt für Anlagen bis 10 kWp. Für größere Anlagen ist die Einspeisevergütung individuell in Abhängigkeit von der Anlagengröße zu ermitteln. Beispielsweise erhält eine 15-kWp-Anlage laut Einspeisetarif für Anlagen bis 40 kWp für die ersten 10 kWp die gleichen 6,53 ct/kWh und für die weiteren 5 kWp noch 6,45 ct/kWh, zusammen also eine mittlere Einspeisevergütung von 6,51 ct/kWh.

Bislang wurden diese Fördersätze monatlich je nach Ausbautempo nachjustiert. Neu im EEG 2023 ist, dass die Einspeisevergütungssätze zunächst einmal bis Februar 2024 eingefroren werden. Danach sollen sie nach den Plänen der Bundesregierung nur noch halbjährlich gesenkt werden.

Am 1. Juli ist zudem komplett weggefallen, was die Installation von Photovoltaikanlagen mit mehr als 30 kWp ausbremste: Bisher musste man auf den selbst verbrauchten Strom eine EEG-Umlage abführen. Mit dem EEG 2023 erhält der Ausbau der erneuerbaren Energien außerdem eine ganz neue Bedeutung: Erneuerbare Energieanlagen „liegen im überragenden öffentlichen Interesse und dienen der öffentlichen Sicherheit“. Diese neue Einordnung wird vermutlich zukünftig die Installation von Photovoltaikanlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden erleichtern.

Dachfläche vollständig ausnutzen

Wie groß sollte die eigene Photovoltaikanlage werden? Diese Frage kommt während der Planungsphase früher oder später auf. Zunächst zum Flächenbedarf: Solarmodule mit einem Modulwirkungsgrad von 20 Prozent belegen etwa 5 m² je 1 kWp Leistung. Aufgrund von Dachfenstern, Gauben und Dachaufbauten sowie durch geometrische Restriktionen – bedingt durch das Format der Solarmodule – werden in der Praxis eher 6 m² bis 8 m² Dachfläche je 1 kWp Solarmodulleistung benötigt. Eine 10-kWp-Anlage belegt somit auf Einfamilienhäusern durchschnittlich eine Dachfläche von 60 m² bis 80 m².



Bild: Rolf Haid/dpa

Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach lohnt aus ökologischer Sicht auf jeden Fall und auch finanziell, wobei das von mehreren Faktoren abhängt.

Ist noch mehr Platz auf dem Dach vorhanden, sollte dieser aus energetischer Sicht ebenfalls zur Solarstromproduktion genutzt werden. Dabei müssen es nicht immer nur Dachflächen sein, die nach Süden ausgerichtet sind. Auch auf Ost- und Westdächern können Sie noch akzeptable Solarstromerträge von jährlich über 800 kWh/kWp erreichen. Selbst Photovoltaikanlagen auf flach geneigten Norddächern sind kein Tabu mehr.

Gelegentlich taucht die fragwürdige Empfehlung auf, die Größe der Photovoltaikanlage so zu wählen, dass die jährliche Solarstromerzeugung dem aktuellen Stromverbrauch entspricht. Für einen Haushalt, der jährlich 4000 kWh Strom benötigt, würde demnach eine 4-kWp-Anlage ausreichen. Diese künstliche Beschränkung der Anlagengröße ist jedoch aus mehreren Gründen wenig sinnvoll. Zum einen vermeiden Sie durch eine Photovoltaikanlage umso mehr Kohlendioxidemissionen, je mehr Solarmodule Sie installieren. Nach Angaben des Umweltbundesamts vermeidet 1 kWh Solarstrom im deutschen Strommix etwa 0,6 Kilogramm Kohlendioxid-Äquivalente. Mit einer 10-kWp-Anlage, die jährlich 10.000 kWh produziert, erleichtern Sie also Ihren persönlichen Kohlendioxidrucksack derzeit um 6000 Kilogramm pro Jahr – und mit jedem weiteren Kilowatt Solar-

Photovoltaik auf dem Mehrfamilienhaus

Als Mieter ist man auf die Initiative des Vermieters angewiesen, doch nur sehr idealistische treiben den technischen, finanziellen und regulatorischen Aufwand, um mit einer Dach-PV die Stromrechnung ihrer Mieter zu senken – Stichwort Mieterstrom. Etwas besser mag es bei regionalen Wohnungsbaugenossenschaften aussehen, doch die meisten Vermieter und Gesellschaften dürften den Ertrag der PV selbst einstreichen, wenn sie überhaupt eine bauen.
Zumal: Wer hat schon die Gelegenheit, sich die Mietwohnung danach auszusuchen, ob eine PV mit Mieterstromoption auf dem Dach steht. Vielleicht baut man sich dann doch lieber eine Klein-PV auf den Balkon (siehe Seite 90).

Mehr Optionen haben Wohnungseigentümergemeinschaften (WEG), Baugruppen oder gemeinschaftlich organisierte Wohnquartiere. Größtes Hemmnis: Der Strombedarf der einzelnen Wohnungen – egal ob genossenschaftlich, gekauft oder gemietet – zählt nie als Eigenbedarf, da die Bewohner nicht personenidentisch mit dem Anlagenbetreiber sind.

Wollen die Bewohner den gemeinschaftlich gewonnenen PV-Strom selbst nutzen, müssen sie daher ein Mieterstromkonzept (das auch bei Eigentumswohnungen so heißt) umsetzen: Sie gründen eine Energiegesellschaft, die die Anlage betreibt und mit den einzelnen teilnehmenden Bewohnern Stromlieferverträge abschließt. Dann rüsten sie die Elektrik im Haus so um, dass der PV-Strom zumindest in die teilnehmenden Wohnungen gelangt und dass möglichst präzise gezählt wird, wie viel Strom die PV erzeugt und wie viel davon in welcher Wohnung landet. Das geht beispielsweise per Summenzähler mit virtuellen Zählpunkten, per doppelter Sammelschiene oder per Smart Metern, was aber alle-samt aufwendige Lösungen sind. Neubauprojekte sollten sich früh in der Planungsphase diesbezüglich beraten lassen. Wer den Aufwand scheut – gerade als Baugruppe hat man eine Million andere Dinge zu erledigen –, lagert Bau und Betrieb der Anlage an einen sogenannten Contractor aus. Die müssen die gleichen Pflichten erfüllen und lassen sich das über einen etwas höheren Strompreis bezahlen; einige nehmen allerdings Aufträge erst ab Anlagengrößen an, die nicht jedes Mehrfamilienhaus erreicht.

Eine weitere Möglichkeit ist, dass die WEG die Anlage zum Eigenbedarf betreibt. Möglicherweise ziehen Aufzug, Passivhauslüftung oder die Pumpe für den Warmwasserkreislauf auch während der Sonnenstunden so viel Strom, dass nur wenig eingespeist werden muss und die Gemeinstromrechnung ordentlich sinkt. Die Kostenersparnis kommt über die Nebenkostenabrechnung allen Bewohnern zugute, auch etwaigen Mietern. In einer Tiefgarage im eigenen Haus könnte die WEG eine Elektrotankstelle bauen. In vielen Fällen dürfte die WEG sogar ohne Batteriespeicher auskommen.

Hat man Gewerbetreibende im Haus, lohnt sich ein Gespräch mit ihnen: Vielleicht möchten sie den kompletten PV-Strom abnehmen, was in puncto Elektroinstallation und Abrechnung einfacher umzusetzen ist als Mieterstrom und ebenfalls eine Batterie überflüssig macht. Vielleicht möchten sie sogar die Dachfläche pachten und eine eigene PV installieren. Gerade einige größere Ketten haben durchaus Erfahrungen mit solchen Konzepten. Wenn alles nichts fruchtet, kommt immer noch eine Volleinspeisung in Frage – betreibt nicht die WEG die PV, sondern eine eigens gegründete Gesellschaft, kann diese immerhin auch mit anderen Mitgliedern und Kostenschlüsseln arbeiten als die WEG.

Stolperfallen gibt es bei allen Konzepten zuhauf. Beispielsweise verlieren Wohnungsgenossenschaften möglicherweise Steuervorteile, wenn sie Einnahmen durch die PV erzielen. Auch verliert man ohne Batterie die Fördermöglichkeit nach KfW 40 Plus – wobei Mehrfamilienhäuser die nötige Anlagengröße sowieso nur schwierig erreichen. Für ein Quartier aus mehreren Baugruppen in verschiedenen Rechtsformen wird die Zusammenarbeit beliebig komplex. Suchen Sie sich daher unbedingt die Unterstützung von mindestens Ihrem Steuerberater und einem Energieberater mit Erfahrung in solchen Projekten.



Für Vermieter ist es wenig attraktiv, PV-Anlagen zur Entlastung der Mieter zu bauen. Aber für WEGs, kleine Genossenschaften oder Quartiere mit Engagement geht da was.

modulleistung um weitere 600 Kilogramm. Zum anderen können größere Photovoltaikanlagen zu einem günstigeren Preis pro kWp realisiert werden. Denn die Ausgaben für das Gerüst, für die Inbetriebnahme oder für den Wechselrichter steigen nur vergleichsweise wenig mit zunehmender Anlagengröße. Kurz gesagt: Eine doppelt so große Photovoltaikanlage ist nicht doppelt so teuer.

Von vornherein die gesamte Dachfläche mit Solarmodulen zu belegen, vermeidet weitere Nachteile: Meist ist es sehr aufwendig, die Anlage nachträglich zu erweitern, denn das erfordert einen weiteren Wechselrichter und kann Umbauten im Zählerschrank zur Folge haben. Zudem werden Solarmodule in der Regel nach wenigen Jahren durch neue Produktgenerationen abgelöst, die sich in Format und Aussehen unterscheiden.

Mit Solarstrom mobil

Ein weiterer Punkt, der für größere Photovoltaikanlagen spricht: Falls Sie sich in den nächsten Jahren ein Elektroauto anschaffen, steigt Ihr persönlicher Stromverbrauch deutlich. Bei einer jährlichen Fahrtstrecke zwischen 10.000 und 20.000 Kilometer müssen Sie je nach Typ mit einem Stromverbrauch von 1500 bis 4000 kWh rechnen. Natürlich wird ein Elektroauto in den seltensten Fällen ausschließlich zu Hause geladen. Eine Umfrage des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI zeigt, dass durchschnittlich etwas mehr als die Hälfte der Ladevorgänge zu Hause und ein Viertel am Arbeitsplatz stattfindet [1].

Für ein über Nacht aus Netzstrom geladenes Elektroauto reicht in vielen Fällen eine einfache Wallbox - für gelegentliches Laden vielleicht auch eine vom Fachbetrieb überprüfte Schuko-Steckdose – weitere Tipps dazu in [2]. Doch wenn Sie möglichst viel des eigenen Solarstroms ins Auto leiten wollen, kommen Sie nicht um eine ins häusliche Energiemanagement eingebundene Wallbox herum. Idealerweise installieren Sie eine steuerbare Wallbox mit sogenannter Phasenumschaltung: Um ein Elektroauto dreiphasig zu laden, ist eine minimale Leistungsaufnahme von 4,2 kW erforderlich. Erst wenn die überschüssige Solarstromleistung diesen Wert überschreitet, kann das Elektroauto im dreiphasigen Ladebetrieb ausschließlich mit Solarstrom betankt werden. Der einphasige Ladebetrieb dagegen startet schon bei 1,4 kW. Die automatische Umschaltung zwischen dem ein- und dreiphasigen Laden je nach Höhe der Stromüberschüsse erlaubt es Ihnen, die Elektroautobatterie auch an wechselnd bewölkten Tagen mit möglichst viel Solarstrom zu laden.

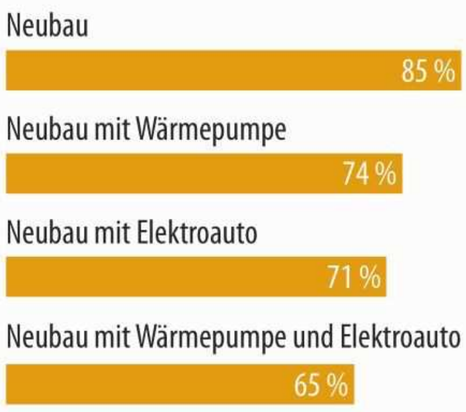
Das bestätigen auch Zahlen der SMA Solar Technology AG auf Basis von Feldmessdaten: Im Durchschnitt kommt bei einer intelligenten Wallbox mit integrierter Phasenumschaltung etwa jede zweite Kilowattstunde, die in das Elektroauto fließt, direkt von der Photovoltaikanlage. Mit der PV-Anlage auf dem Dach reduzieren Sie also auch die mobilitätsbedingten Kohlendioxidemissionen.

Mit Solarstrom heizen

Falls Sie eine Wärmepumpe betreiben oder planen, Ihre Heizung darauf umzubauen, erweist sie sich ebenfalls als durstiger Stromverbraucher und damit als Argument für eine möglichst große bebaute

Solarstromversorgung

Wie hoch die erzielbare Eigenversorgung mit einem Photovoltaik-Batteriesystem ausfällt, hängt auch davon ab, ob nur der Haushaltsstrombedarf gedeckt wird oder ob auch noch mit Strom geheizt oder ein Elektroauto betankt wird. Eine 10-kWp-Photovoltaikanlage kann zusammen mit einem Batteriespeicher fast zwei Drittel des Strombedarfs eines Dreipersonenhaushalts mit Wärmepumpe und Elektroauto decken.



Dreipersonenhaushalt (Strombedarf 4000 kWh/a) mit einer Solaranlage (10 kWp) und einer Batterie (10 kWh), Passivhaus mit einem Wärmebedarf von 4500 kWh/a, Elektroauto mit einer Fahrleistung von 10.000 km/a.

Daten: 24 Stunden Sonne Simulator

Dachfläche. Zudem: Installiert man einen Heißwasserspeicher, nutzt die Wärmepumpe überschüssigen PV-Strom dazu, ihn über den aktuellen Bedarf hinaus aufzuheizen. Um daraus in den sonnenlosen Stunden die nötige Vorlauftemperatur des Heizkreislaufes bereitzustellen, benötigt die Wärmepumpe später weniger Strom als im Normalbetrieb. In Grenzen mag schon ein ausgedehnter Heizungskreislauf mit großen Fußboden- und Wandheizungen in der Heizperiode als Puffer dienen.

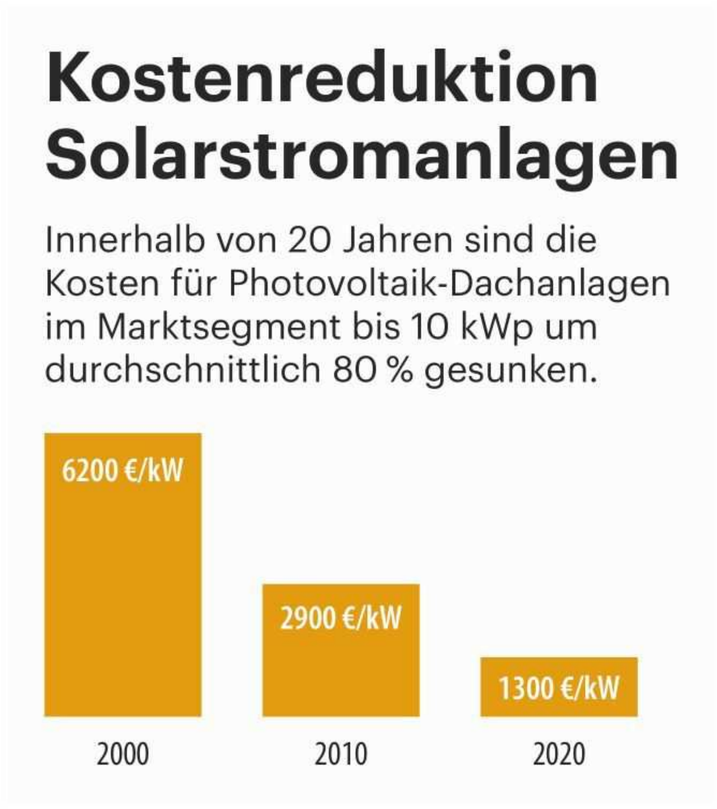
Schließt man die Wärmepumpe ans Photovoltaik-Energiemanagement an, lassen sich allerdings die etwas günstigeren Wärmepumpen-Stromtarife nicht mehr nutzen; ihr Preisvorteil wiederum schrumpft mittlerweile sowieso. Idealerweise planen Sie daher Wärmepumpe und Photovoltaik gemeinsam und lassen sich individuell beraten. Gerade das Nachrüsten von Wärmepumpen inklusive der Überlegungen, welche Dämmmaßnahmen sinnvoll sind, und ob die Heizkörper noch groß genug sind, ist alles andere als trivial – mehr dazu in [3].

Batterie – ja oder nein?

Bleibt die Frage nach der Batterie, die nur in Abhängigkeit der großen Verbraucher zu beantworten ist: Je mehr Solarstrom direkt an Elektroauto oder Heizung – oder auch ins eigene Kleingewerbe mit Klimaanlage oder einigen Arbeitsplätzen – fließt, desto weniger lohnt sich die Batterie. Auch erwirtschaften kleine PV-Anlagen zu geringe Überschüsse, um die Batterie zu füllen. Andererseits mag das Elektroauto an vielen Tagen auf dem Büroparkplatz stehen und nicht zu Hause; und in den sonnenreichen Monaten läuft die Heizung weniger. Ein weiteres Argument für die Batterie: Einige Modelle eignen sich als Notstromversorgung, überbrücken allerdings je nach Ladezustand und abgeforderter Leistung nur kurze Ausfälle und tun das nicht unterbrechungsfrei. Batterien mit Inselnetzfähigkeit laden sich auch während Stromausfällen von der PV-Anlage.

Als Faustformel gilt, dass sich ein Batteriespeicher lohnt, falls die PV-Anlage mehr als 0,75 kW pro 1000 kWh Jahresstrombedarf liefert. Die Speicherkapazität sollte dann 1 kWh pro kWp Nennleistung betragen. Größere Kapazitäten erhöhen den Autarkiegrad, beispielsweise kann man bei 1,5 kWh Speicher pro 1000 kWh Jahresverbrauch mit 70 Prozent Autarkie rechnen – mehr dazu in [4]. Noch größere Batterien sind nicht ratsam, da sie den Autarkiegrad nur wenig steigern. Im Extremfall kippt die Ökobilanz ins Minus. Wenn die Anschaffungskosten das Budget überschreiten, ist es in der Regel sinnvoller, möglichst viel PV aufs Dach zu bringen und die Batterie ein paar Jahre später zu kaufen, als die PV-Anlage kleiner zu dimensionieren, damit Geld für die Batterie übrig bleibt.

Daten: BSW Solar, EUPD Research



Fazit

Für Eigenheimbesitzer lohnt sich eine Photovoltaikanlage in aller Regel finanziell. Man hängt zwar von unsicheren Lieferketten und ausgelasteten Fachkräften ab und muss sich durch den Förderdschungel der zumindest momentan energiewendebereiten Regierung kämpfen – doch diese Hindernisse bestimmen nicht, ob ein Plus auf der Rechnung steht, sondern nur wann.

Vor allem lohnt sich die Photovoltaikanlage aus energetischer Sicht und als wichtiger Beitrag zur Senkung der persönlichen CO_2-Emissionen. Wer die Komplexität nicht scheut, denkt sie zusammen mit Dämmmaßnahmen, Heizung, Warmwasserbereitung und Elektromobilität. Sie lässt sich aber auch erfolgreich als Einzelprojekt planen und beschaffen. Zwar wartet einiger lästiger Papierkram auf Sie, aber keine andere Technologie ist in der Lage, mit dann doch so wenig Papierkram so viel CO_2-Einsparung zu erzielen.

Der Autor forscht und lehrt zur Speicherung von Solarstrom an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin. (jow) c't

Literatur

[1] A. Scherrer, U. Burghard, M. Wietschel und E. Dütschke, „Early Adopter von E-Fahrzeugen: Ladeleistungen, Eigenerzeugung und Einstellungen zum Lademanagement“, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 11–2019, S. 23–26, Nov. 2019

[2] Clemens Gleich, Steckdosen-Kraftstoff, E-Autos daheim günstig und sicher laden, c't 10/2022, S. 32

[3] Clemens Gleich, Wärmepumpe nachrüsten: Wie es geht und was Sie beachten sollten, heise+, heise.de/-7096535

[4] Johannes Weniger, Christof Windeck, Ratgeber: Photovoltaik-Anlagen mit Batteriespeicher fürs heimische Dach, heise+, heise.de/-6665026

Weitere Infos

ct.de/w47n



Bild: Andreas Martini

Strom erzeugen mit Kleinwindanlagen

Für Selbstversorger könnte der Wind eine interessante Alternative sein. Ein Windrad liefert auch nachts und bei Bewölkung Strom, solange keine Flaute herrscht. Warum aber sind kleine Windräder fast nirgends zu sehen?

Von **Bastian Sundermann**

Die Berliner Wohnungsbaugesellschaft Howoge hat große Pläne: Sie will Windenergie in der Stadt nutzen. Auf ein im Bau befindliches 20-stöckiges Hochhaus am Bahnhof Berlin-Lichtenberg möchte die Howoge vier Windenergieanlagen mit je 10 Kilowatt Leistung setzen. Die Windräder sollen etwas zurückgesetzt an den vier Ecken des Hochhauses stehen. Auf dem fertigen Rohbau sind bereits die Fundamente mit jeweils 25 Tonnen Gewicht verankert. Und angesichts dieser Zahlen ahnt man schon, dass Kleinwindanlagen einen großen Aufwand erfordern.

Die Rotoren mit 10 Metern Durchmesser sollen die Dachkante in 60 Metern Höhe nochmals um 15 Meter überragen, und mit 120.000 Kilowattstunden jährlich zur positiven Energiebilanz des Gebäudes beitragen. Eine Photovoltaikanlage mit 40 kWp Leistung soll weitere 40.000 Kilowattstunden im Jahr liefern. Hintergrund ist hier auch das neue Gebäudeenergiegesetz, das die Energiebilanz eines Neubaus durch Erzeugung erneuerbarer Energien am Gebäude verbessern soll.

Während der bürokratische Aufwand für Solarenergie auf dem Dach überschaubar ist, wartet auf einen Antrag für die Errichtung von Windrädern ein Hindernisparcours aus Vorschriften. Brandschutz, Lasten aus Windenergie und Anlagengewicht, Luft- und Körperschallemissionen, Schattenwurf, Abstandsflächen und „Beurteilung der baulichen Wirkung“ sowie natürlich der Naturschutz versorgen ein ganzes Heer von Gutachtern und Experten in verschieden Institutionen mit Arbeit. Die Howoge griff dabei ingenieurtechnisch auf ihre Bauwerksarchitekten, die eigene Haustechnik-Fachabteilung und das Ingenieurbüro KeyWindEnergy zurück, das sich seit Jahren auf die Beratung von Herstellern, Betreibern und Planern im Bereich der Windenergie konzentriert.

Leere Fundamente

Das anfängliche Wohlwollen der Behörden verwandelte sich bald in Skepsis und schließlich in Ablehnung. Die Begründung lieferte der mögliche

Bild: Howoge

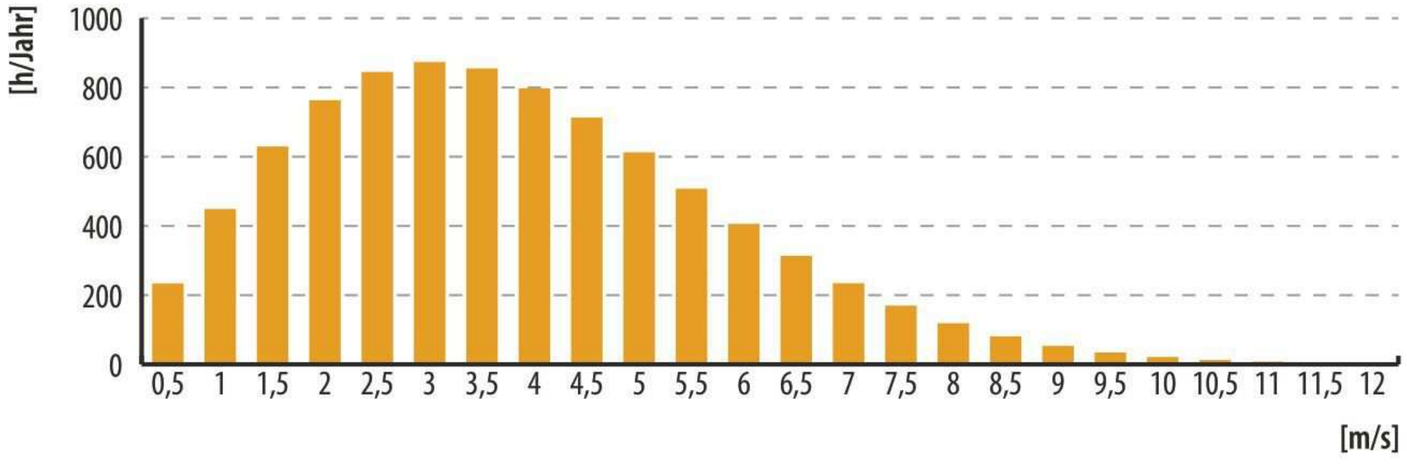


Von der geplanten Windanlage auf einem Howoge-Wohnhaus in Berlin-Lichtenberg existieren bisher nur Animationen.

Eiswurf von den Rotorblättern: An diesen könnte sich Eis ansammeln, das die Rotoren durch die Gegend katapultieren könnten. Ob die bereits fertiggestellten Fundamente auf dem Dach jemals eine Windenergieanlage tragen werden, ist deshalb noch offen.

Windhistogramm

Ein Windhistogramm gibt an, an wie vielen Stunden pro Jahr der Wind mit einer bestimmten Stärke weht. Die Verteilung hängt sehr stark vom Standort und der Höhe der Anlage ab.



Klassifizierung von Kleinwindanlagen

Klassifizierung	Leistung	Anlagenkosten	Stromgestehungskosten
Mikrowindanlagen, Klasse I	0,5 – 5 kW	4.000 – 6.000 €/kW	20 – 100 ct/kWh
Kleinwindanlagen, Klasse II	5 – 30 kW	2.000 – 4.000 €/kW	15 – 30 ct/kWh
Mittelwindanlagen, Klasse III	30 – 100 kW	2.000 – 3.000 €/kW	10 – 25 ct/kWh

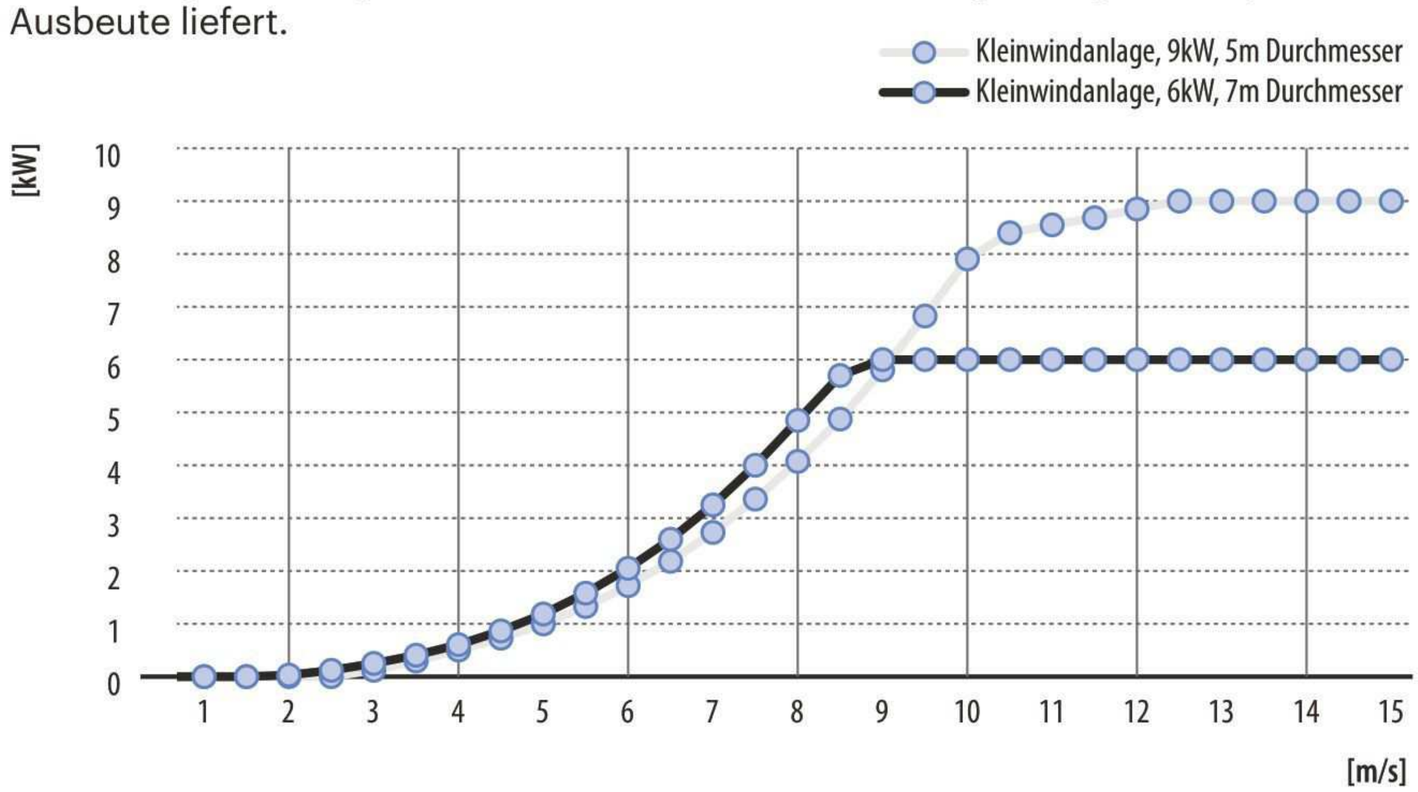
Der eigene Windstrom vom Dach muss aber nicht nur bürokratische, sondern auch technische Widerstände überwinden. Nicht jeder Bauherr kann für die Planung einer Kleinwindanlage ein eigenes Ingenieurbüro an den Start bringen. Als Kleinwindanlagen bezeichnet man Windräder mit einer Leistung bis 100 Kilowatt oder bis zu 200 Quadratmeter Rotorfläche, je nach Richtlinie. Bei solchen Anlagen lässt sich der rechnerische und konstruktive Aufwand abkürzen; noch größere Anlagen sind nochmals aufwendiger zu planen und zu genehmigen. Bis zu einer Leistung von 5 Kilowatt redet man von Mikro-, darüber bis 30 Kilowatt von Miniwindanlagen. Anlagen in diesem Leistungsbereich sind meist für Selbstverbraucher interessant. Bei 30 Kilowatt beginnen bereits die Mittelwindanlagen.

Physik lässt sich nicht austricksen

Die grundsätzliche Wirkungsweise einer Windenergieanlage wird bereits seit dem Altertum genutzt: Der Wind – Techniker sprechen von Anströmung – versetzt einen Rotor, gleich welcher Bauweise, in Drehung. Dabei entzieht der Rotor der Anströmung einen Teil der kinetischen Energie, die in modernen Anlagen ein Generator in Strom verwandelt. Die gewonnene Energie ist quadratisch proportional zum Rotordurchmesser und in dritter Potenz zur Windgeschwindigkeit. Letzteres gilt aber aufgrund konstruk-

Leistungskurven

Rotordurchmesser und Generatorleistung müssen gut aufeinander und auf das Windhistogramm abgestimmt sein, damit eine Windenergieanlage eine optimale Ausbeute liefert.



tiver Beschränkungen nur für einen kleinen Bereich der Windgeschwindigkeit, und auch nur bis zu einer Grenze, die man als Nennleistung bezeichnet, bei der die Anlage ihre Leistung abregelt.

Darunter liegt der Teillastbereich, den die sogenannte Leistungskurve beschreibt. Diese Leistungskurve ist für die Brauchbarkeit der Anlage entscheidend, nicht etwa die Höhe der Nennleistung. Diese wird nämlich erst bei Windgeschwindigkeiten von 10 m/s (36 km/h) und höher erreicht, und das ist zumindest im Binnenland sehr selten der Fall. Wenn der Rotor im Verhältnis zur Nennleistung zu klein bemessen oder aerodynamisch suboptimal gestaltet ist, bleibt er womöglich stets darunter. Das lässt sich den Prospekten der Kleinwindanlagen leider selten entnehmen.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal von Rotoren ist ihre Schnellläufigkeit. Hiermit ist das Verhältnis der Drehzahl und damit der Blattspitzengeschwindigkeit zur Windgeschwindigkeit gemeint. Je größer die Schnellläufigkeit ist, desto schneller dreht die Anlage und desto weniger Blätter hat sie. Schnelllaufende Dreiflügler funktionieren mittels des besseren aerodynamischen Auftriebs der Blätter effizienter als die viel langsamer laufenden, vielflügeligen Western Mills. Langsam laufende Anlagen mit vielen Flügeln brauchen grundsätzlich mehr Rotorfläche, um die Verluste auszugleichen und haben ein größeres Getriebe, was die Kosten nach oben treibt.

Das gilt auch für die großen Windenergieanlagen, die an Land bereits bei 5 Megawatt angekommen sind, Offshore-Anlagen liefern sogar bis zu 14 Megawatt. Alle nutzen horizontale Dreiblattrotoren, welche den bestmöglichen Kompromiss für die einander widersprechenden Ziele darstellen: Wenige Flügel verursachen einen geringen Bauaufwand und damit niedrige Kosten. Die höhere Blattspitzengeschwindigkeit führt zu niedrigen Verlusten und ermöglicht ein kleines Getriebe. Solche Anlagen verursachen aber auch mehr Lärm als langsamer laufende Anlagen mit mehr Flügeln und erzeugen optisch ein unruhiges Laufbild. Zweiblattanlagen mit ihrer noch höheren Drehzahl sind zwar noch ein wenig effektiver, konnten sich aber auch wegen des Lärms, den sie verursachen, und des optischen Eindrucks nie durchsetzen.

Die Physik lässt sich nicht austricksen: Eine langsam laufende Anlage mit kleinem Rotor, die sich ruhig bei jedem Wind auf dem Hausdach dreht und dadurch optisch wenig auffällt, wird nicht viel Energie liefern, egal wie revolutionär das Rotorkonzept auch scheinen mag.



Bild: Braun Windturbinen GmbH

Eine effiziente Kleinwindanlage hat typischerweise einen dreiflügligen Rotor und wird möglichst freistehend und hoch montiert, um optimalen Ertrag zu bringen.

Hoch oder quer

Windräder drehen entweder um eine horizontale oder um eine vertikale Achse. Vertikalachsrotoren, auch als Darrieus-Rotoren bezeichnet, fanden bereits in sehr großen Konstruktionen bis 3,8 Megawatt Leistung und 110 Metern Höhe Anwendung. Am Markt durchgesetzt haben sie sich aber nie, da sie als Schnellläufer meist zu laut und zu unruhig waren oder strukturelle Schwächen aufwiesen.

Umso erstaunlicher ist es, dass Modelle mit vertikalen Achsen und ähnliche Bauformen wie Schneckenräder oder Walzen bei Kleinwindanlagen recht häufig sind. Dabei ist das Hauptproblem bei dieser Art von Anlagen unabhängig von ihrer Größe offensichtlich: Statt auf einem hohen Mast im Bereich höher Windgeschwindigkeiten laufen diese Energieerzeuger direkt in der Bodengrenzschicht und das mindert den Ertrag erheblich. Nur einen Meter überm Dach montiert bringen sie nur sehr wenig Ertrag.

Die eigene Anlage planen

Wer eine Kleinwindanlage selbst errichten möchte, muss zunächst einige Fragen klären.

? Wen soll die Anlage versorgen?

! Wirtschaftlich lohnt sich eine Windanlage nur, wenn Sie den Strom größtenteils selbst verbrauchen. Bei Kosten von rund 25 ct/kWh aus einer derartigen Anlage lohnt es sich, wenn er Netzstrom für 30 bis 40 ct/kWh ersetzt. Speisen Sie den Strom hingegen ein, erhalten Sie nur 8 ct/kWh und damit weniger, als Sie die Erzeugung kostet.
Die Selbstversorgung lohnt sich nicht nur für Wohngebäude, sondern auch für Kleinbetriebe, Werkstätten oder Bauernhöfe. Sinnvoll kombinieren lässt sich Windenergie mit Photovoltaik und einem Batteriespeicher, sowie Heizungsanlagen.

? Wo soll sie stehen?

! Am besten da, wo der stärkste Wind zu erwarten ist. Damit wird es auf dem Hausdach schwierig. Um aus der Dachumströmung zu kommen, sollte der Rotor 15 Meter darüber liegen – in Wohngebieten in der Regel ein Ding der Unmöglichkeit. Dazu kommt der Aufwand, Körperschall und Vibrationen wirksam zu entkoppeln, was besonders bei Bestandsbauten nur sehr schwierig zu leisten ist . Beim Howoge-Projekt kamen dafür Spezialmatten zur Körperschallentkopplung zum Einsatz, die beispielsweise auch zur Lagerung von Gleiströgen beim Eisenbahnbau dienen. Kleinanlagen direkt auf Dächern sind eher eine Spielerei und können anders als Photovoltaik-Balkonanlagen (siehe Seite 90) nie rentabel zur Stromversorgung beitragen.

Der beste Platz ist auf einem Mast mit ausreichendem Abstand zu Gebäuden und großen Bäumen, weit genug in Hauptwindrichtung aber wiederum nicht zu weit, sonst wird der Kabelweg für den Anschluss zu teuer.

? Wie groß soll sie sein?

! Das hängt vom Standort, dem Windangebot und vom zur Verfügung stehenden Grundstück ab. Und vom eigenen Stromverbrauch. Mit der Größe der Anlage sinken die Kosten pro installiertes Kilowatt und damit auch die Stromerzeugungskosten, aber dafür steigt der Genehmigungsaufwand. Bei einem Grundstück ausreichender Größe und für die Eigenversorgung sind Anlagen ab 3 Kilowatt sinnvoll. Bei landwirtschaftlichen Betrieben, wo viel mehr Flächen zur Verfügung stehen und der Verbrauch höher ist, können bis zu 100 Kilowatt sinnvoll sein. Das hängt aber im Einzelfall vom Bundesland, der Art des Standorts und dem Genehmigungsaufwand ab.

? Wer soll sie errichten?

! Profis, die sich auskennen. Bei Anlagen über 30 Kilowatt ist das offensichtlich. Aber auch kleinere Anlagen sollten professionell geplant und gebaut werden. Wenn Sie Angebote einholen, sollten Sie darauf achten, welche Referenzen die Unternehmen vorweisen können und wie viele Anlagen sie bereits gebaut haben. Wichtig ist auch, wie sie Ihren Bauantrag unterstützen können und welche begleitenden Unterlagen sie bereitstellen. Zu einem guten Service gehört auch die Hilfe bei der Ertragsermittlung. Vergleichen sollen Sie auch die Leistungskurven und Schallemissionen der angebotenen Anlagen.

Sich eine 20-Kilowatt-Anlage an die Bordsteinkante liefern zu lassen, um dann alles selber zu machen, sollten Sie nur angehen, wenn Sie ein Bauunternehmen, einen Kranverleih und eine Schlosserei zur Hand haben. Allenfalls sehr kleine Anlagen bis rund 1 Kilowatt können Sie mit einigem handwerklichen Geschick sowie Materialien und Werkzeugen aus dem Heimwerkerbedarf selbst aufstellen.

Der Jahresertrag hängt von der Leistungskurve der Anlage, also der Leistung über die Windgeschwindigkeit, und der Verteilung der Windgeschwindigkeiten über das Jahr ab. Die Leistungskurve gibt es vom Hersteller, die Windverteilung ermittelt ein Gutachter oder man selbst über eine längere Zeitspanne mit einer Vorrichtung auf einem Messmast, der idealerweise dort steht, wo künftig die Windenergieanlage errichtet werden soll. Gerade wenn man eine größere Summe in eine Windenergieanlage

investieren will, sollte man an dieser Stelle nicht sparen. Für eine erste Einschätzung gibt es eine Karte beim DWD oder den „New European Wind Atlas“. Für die Einschätzung relevant ist die Windgeschwindigkeit in 10 Metern Höhe.

Gerade an windschwachen Binnenlandstandorten ist das Verhältnis von Rotorgröße und Nennleistung entscheidend für den Gesamtertrag der Anlage. Bei den Leistungskurven auf Seite 108 sind zwei typische Anlagen gegenübergestellt. Die Anlage mit geringerer Nennleistung, aber größerem Rotor erzeugt bei 4,5 m/s mittlerer Windgeschwindigkeit 10.500 kWh pro Jahr, die 9-Kilowatt-Anlage kommt trotz der höheren Spitzenleistung übers Jahr nur auf 9100 kWh. Bei einer höheren mittleren Windgeschwindigkeit würde sich das Verhältnis umkehren, aber solche Standorte sind in Deutschland selten. Diese findet man beispielsweise an der Küste oder auf exponierten Anhöhen.

Eine sehr einfache Überschlagsrechnung ist auch mit dem Ansatz von Volllaststunden möglich: Eine moderne, große Windenergieanlage im Binnenland ist optimal ausgelegt, wenn ihr Jahresertrag 25 Prozent dessen erreicht, den sie in einem Jahr unter Volllast erreichen würde. Man spricht vereinfachend von „25 Prozent Volllaststunden“. Offshore-Anlagen schaffen so gerechnet sogar 50 Prozent Volllastbetriebsstunden, weil dort häufiger kräftiger Wind weht und keine Verwirbelungen durch Topografie oder Hindernisse entstehen.

Die beiden dargestellten Vergleichsanlagen liegen bei 20 Prozent Volllaststunden für den großen Rotor und 11 Prozent für den kleinen. Wer überschlägig auf 15 Prozent kommt, hat die Anlage ungefähr richtig ausgelegt. Eine frei aufgestellte 500-Watt-Dachanlage an einem günstigen Standort bringt im Jahr einen Ertrag von 660 kWh. Damit sich das rentiert, darf sie nicht zu teuer ausfallen.

Genehmigungssituation

Bevor man darangeht, eine Anlage zu planen, muss man zuerst prüfen, was erlaubt ist. Die föderale Struktur Deutschlands spiegelt sich ganz extrem im Baurecht wider. Die Unterschiede zwischen den Bundesländern sind groß. Die schwarz-gelbe Koalition unter Laschet hat in Nordrhein-Westfalen Kleinwindanlagen oberhalb von 10 Meter Höhe einfach Großanlagen gleichgestellt und durch Anwendung der umstrittenen 1000-Meter-Regel, die einen Mindestabstand zur nächsten Wohnbebauung vorschreibt, praktisch verboten. Niedersachen hat umgekehrt die Höhe genehmigungsfreier Anlagen auf 15 Meter angehoben.

Bis hinunter auf Landkreisebene sind lokale Vorschriften zu beachten, daher gilt als wichtige Faustregel vor dem Aufbau einer Anlage: Kontaktieren Sie das lokale Bauamt und machen Sie sich mit den Vorschriften am Wohnort vertraut. Fast überall in Deutschland sind Mikrowindanlagen bis 10 Meter Höhe – gemessen wird das an der oberen Flügelspitze – und 3 Meter Rotordurchmesser genehmigungs- oder verfahrensfrei. Dennoch sollte man sich um eine Genehmigung bemühen. Ein genehmigter Bauantrag oder wenigstens eine positive Bauvoranfrage helfen im Zweifel auch, skeptische Nachbarn zu überzeugen – die man besser sowieso frühzeitig einbindet. Eine so kleine Anlage ist allerdings auch bei guter Planung nur schwer rentabel zu betreiben.

Besonders Kleinwindanlagen der Klasse III, also ab 30 Kilowatt, benötigen außer einer Baugenehmigung üblicherweise eine Reihe lokal unterschiedlicher Genehmigungen nach Bundesimmissionsschutzgesetz, vor allem zu Schattenwurf und Schall. Letzterer darf bestimmte Grenzwerte, abhängig vom Standort, nicht überschreiten. Wie laut die Umgebung bereits ist, wird nicht berücksichtigt. Auch wenn beispielsweise eine nahe Autobahn einen beständigen Lärmpegel produziert, darf eine Windenergieanlage am Schlafzimmerfenster des Nachbarn selbst in ruhiger Umgebung unhörbare 35dB(A) nicht überschreiten. Zur Bewertung stellen die Hersteller üblicherweise Unterlagen zur Verfügung. Dies gilt auch für die Statik größerer Anlagen.

Fazit

Auch wenn die Energieerzeugung aus Großwindanlagen in den kommenden Jahren kräftig zulegen wird, wird der Anteil von Kleinwindanlagen an der Grünstromerzeugung immer marginal bleiben. Daran wird sich in den Städten nichts ändern, denn dort stehen nicht nur bürokratische Hürden im Weg, sondern auch die Windverhältnisse und bauliche Fragen.

Im ländlichen Raum sieht es für den interessierten Anwender aber anders aus. Die richtigen Bedingungen vorausgesetzt – also genug Wind, genug Platz und tolerante Nachbarn – ist in der Kategorie bis 30 Kilowatt einiges möglich. Am besten funktionieren solche Anlagen in der Kombination mit Photovoltaik und Batteriespeicher.

Der Autor arbeitet als Projektleiter für die KeyWind-Energy GmbH in Berlin. (uma) c't

Literatur

[1] Patrick Jüttemann, Kleinwindkraft für Gewerbe und Privat, 2. Auflage, November 2020

Informationen zur Errichtung von Kleinwindanlagen

ct.de/wkvf



Bild: Shutterstock

Günstig dezentral heizen und kühlen

Wärmepumpen-Zentralheizungen mit Förderung sind teuer und derzeit schwer zu bekommen. Wir diskutieren dezentrale Alternativen.

Von **Clemens Gleich**

Mit Beginn des Ukrainekriegs setzte auch ein Run weg von Gas oder Öl hin zu nachrüstbaren Wärmepumpen-Installationen ein (siehe ct.de/wxt4). Die Auftragsbücher sind gestopft voll, Lücken entstehen nur dort, wo die weltweiten Lieferschwierigkeiten sie reißen. Angesichts der damit entstehenden hohen Preise stellen sich viele die Frage: Geht es nicht eine Nummer kleiner, eventuell auch dezentral?

Split-Klimaanlagen

Sie könnten statt einer großen Wärmepumpe im Keller in jeden Raum eine kleine Wärmepumpe bauen. Die sogenannten „Split-Klimaanlagen“ können üblicherweise außer kühlen auch heizen, sodass Sie es kühl im Sommer und warm im Winter haben können. In Deutschland gibt es das bisher eher selten, in Ferienhäusern und anderen Ländern wird jedoch oft genau so geheizt. Das „Split“ bezieht sich auf den geteilten Aufbau: Innen hängt ein Radiator mit Gebläse, außen hängt eine kleine Wärmepumpe mit Außenradiator und Gebläse, zwischen beiden fließt Kältemittel durch ein Loch in der Wand.

Das Kältemittel sorgt dafür, dass rein rechtlich ein Klimatechniker das Gerät anschließen und warten muss. Das erscheint manchen aufgrund der Banalität des Anschlusses mit Schnellverschlüssen (Google-Begriff: „Quick Connect“) unfair. Doch viele Kältemittel sind gefährlich. Das verbreitete R32 (Difluormethan) etwa isoliert per Treibhauseffekt 675 Mal stärker als CO2, bildet mit Luftsauerstoff leicht entzündliche Gemische (Explosionsgefahr) und ist zumindest schwach wassergefährdend (WGK 1). Es

liegt im Interesse aller, wenn nicht jeder Hausbesitzer damit Erstlingsexperimente veranstaltet.

Die sozial- und geldbeutelverträgliche Lösung besteht hier darin, den Besuch des Klimatechnikers kurzzuhalten. Sprechen Sie mit dem Fachbetrieb, was Sie selber schon erledigen können (Löcher bohren) und kaufen Sie Geräte mit Quick Connect, denn das banale Zusammenstecken spart auch den Fachleuten teure Zeit. Wie bei KFZ-Teilen müssen Sie Projekte à la „das hab ich im Internet billig gekauft, schließ' mir das an!" gut vorher absprechen, weil Fachfirmen für ihre Arbeit als Ganzes haften.

Vor- und Nachteile von Split-Klimaanlagen

Der große Vorteil von Split-Klimaanlagen ist das „Klima" im Wort: Die Sommer werden heißer, Fotovoltaik wird mehr, sodass es immer häufiger die Konstellation gibt: Leistungslieferung auf dem Dach überschneidet sich mit Leistungsanforderung zur Kühlung. Ein weiterer Vorteil sind geringere Schwellenkosten: Eine invertergesteuerte Anlage mit 3,5 kW Leistung und Funktion bis -30° C kostet ab etwa 2500 Euro. Um die Anzahl der Hasenställe an der Fassade zu reduzieren, kann ein Außengerät auch mehrere Innengeräte versorgen, wobei hier meist die nachträgliche Kältemittelführung das Limit bei 2 × innen zu 1 × außen setzt. Es gibt allerdings auch Außengeräte, die bis zu 5 Innengeräte bedienen. Sie können so Schritt für Schritt das Haus umrüsten, während die bestehende Heizung als Backup bleibt, bis klar ist, was damit geschehen soll.

Von den Kosten über die Lebenszeit sind Split-Anlagen schwer genau einzuschätzen. Anhand der geplanten Anlagenlaufzeiten und Wartungsempfehlungen kosten sie über die Zeit (TCO) etwas mehr als zentrale Lösungen. Da der „single point of failure" und Verrohrung fehlen, kann das in realen Situationen aber auch ganz anders aussehen. Für die geringe Betriebsstundenanzahl von Wochenend- oder Ferienhäusern eignen sich solche Heizungen sehr gut. Es spricht auch nichts gegen sie als Wohnhausheizung, wenn die Außenkästen Sie optisch nicht stören. Sie müssen sich dann nur noch etwas einfallen lassen zur Warmwasserbereitung.

Die Brauchwasser-Wärmepumpe

Der günstig anschaffbare elektrische Durchlauferhitzer wird bei hohem Verbrauch recht schnell recht teuer. Dann kann sich eine Brauchwasser-Wärmepumpe (BWWP) lohnen. Sie hebt Wärme aus der Luft auf ein höheres Niveau, mit dem sie Warmwasser heizt. Solche Geräte kosten typischerweise um die 2000 Euro plus Installation plus Zubehör.

Die Frage ist nur: Welcher Luft Wärme entziehen? Im Winter bietet es sich an, die Außenluft zu nehmen, weil die BWWP sonst die Energie verwendet, die die Heizung mühsam in die Wohnraumluft brachte. Im Sommer dagegen kann es schön sein, die Wärme der Innenräume ins Brauchwasser zu befördern, um zu kühlen. Manche Hausbesitzer stecken daher die Luftzufuhr zwischen Sommer und Winter um. Weiterer Vorteil: Das Gerät scheidet Kondenswasser ab, sodass die Luft im Aufstellraum tendenziell trockener wird. Das kann in alten Kellern nützlich sein. Wichtig ist, dass Zu- und Abluft in Häusern ohne Belüftungssystem ins gleiche Reservoir gehen, also entweder beide nach innen oder beide nach außen. Die Luftmenge, die durch die BWWP zieht, ist schlicht zu groß dafür, sie sinnvoll durch die Ritzen des Hauses zu blasen.

DIY: Luft-Solarkollektoren

Sonnenlicht, das auf eine dunkle Oberfläche trifft, erhitzt diese stark. Das ist das Prinzip der Solarthermie, die Heizungsbauer gern als Heizungsunterstützung nutzten, bevor es finanziell schlauer wurde, gleich Fotovoltaik zu installieren. Wenn man Luft statt Wasser durch einen Kollektor führt, wird das Prinzip noch einfacher. Ein temperaturgeregelter Lüfter sorgt dafür, dass die Warmluft ins Hausinnere gelangt, solange sie a) wärmer ist als die Innenluft und b) die Solltemperatur noch nicht erreicht wurde. Alternativ kann eine Low-Tech-Lösung auf die reine



Bild: Solarventi

Bei Solarluftkollektoren gibt es zwei Wege: bequem kaufen oder günstig selbst bauen.

Konvektionsströmung setzen. Als Zuluft eignet sich entweder die Außenluft (dann übernimmt das Gerät zusätzlich die Raumbelüftung) oder die Innenluft zirkuliert durch (dann ersetzt der Kollektor nur die verlorene Wärme, statt Winterluft aufheizen zu müssen).

Es muss jedem klar sein, dass so ein Solar-Luft-Kollektor im Winter nicht als alleinige Heizung ausreicht. Je nach Größe können solche Systeme jedoch (vor allem in den Übergangszeiten) erheblich Wärme zuliefern, die dann schon einmal nicht teuer aus zu bezahlenden Energieträgern kommen muss.

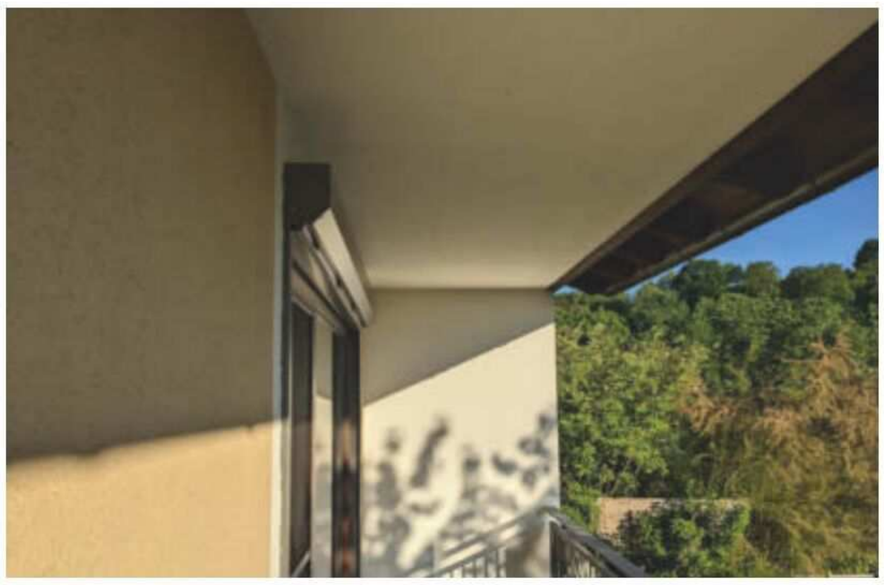
Die Technik wird seit langer Zeit zur kostengünstigen Holztrocknung angewendet, sodass es bewährte fertige Geräte gibt. Die Angebote von Grammer Solar etwa integrieren ein kleines PV-Modul, das den Lüfter antreibt. Damit wird das Modul unabhängig von Netzstrom, was für den Betrieb an Hallen oder Gartenhäusern wichtig ist. Ein 2 qm großer Twinsolar Compact kostet allerdings 1879 Euro, der Konkurrent SolarVenti SV20 1388 Euro.

Wer es günstig haben will, muss die Kollektoren selber bauen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Leistungsdichte belegen Kollektoren für nennenswerte Zuheizung viel Fläche. Das bedeutet an einem Wohnhaus: Große Teile der Südfassade müssen Sonnenwärme einfangen. Einen guten Einstieg sowie die nachfolgend erwähnten Beispielprojekte finden Sie über ct.de/wxt4, unter anderem einen Luftkollektor mit Wärmespeicher im Neubau. Interessanter dürfte ein Selbstbau-Projekt an der Fassade eines älteren Reihenendhauses sein. Der Erbauer kombiniert Solarkollektoren mit einer Split-Klimaanlage, um Heizöl zu sparen und hat für Interessierte ausführliche Auswertungen der Erträge online gestellt.

Ein weiteres schönes Beispiel ist eine Schuppenheizung aus dem US-Bundesstaat Montana. Die Idee funktioniert so gut, weil in unseren Breitengraden die niedrige Wintersonne auf senkrechten Wänden mehr Energie hinterlässt als auf Dachschrägen, während sich im Sommer der Ertrag entsprechend reduziert, wenn sowieso zu viel Wärme hereinscheint. Bei ohnehin anstehenden Fassadenarbeiten kann sich ein Blick auf diese uralte, simple Technik lohnen.

Wärmekollektoren am Südfenster

Ebenso alt wie simpel: Seit der Erfindung des Fensterglases kann man in einem nach Süden ausgerichteten Haus praktisch im solaren Wärmekollektor wohnen. Der Bau-Fachbegriff hierfür lautet „passive solare Wärmegewinne“. Sie fallen fast ausschließlich über Fenster an. Wärmt die Sonne alte, stark wärmedurchlässige Mauern, geht es eher um verringerte Wärmeverluste als um Gewinne.



Überhänge an der Fassade beschatten nur bei hohem Sonnenstand im Sommer.

Wie viel Licht und Wärmestrahlung ein Fenster einlässt, können Sie am „g-Wert“ in den technischen Daten ablesen. Ein niedriger g-Wert empfiehlt sich für im Sommer stark beschienene Glasflächen, ein hoher g-Wert für im Sommer meist verschattete, im Winter stark beschienene Flächen. Der Dachfensterhersteller Velux betont gern, wie wichtig die Kombination von g-Wert und Wärmedurchgangswert (U-Wert) für die Gesamtbilanz von Fensterflächen ist. Fördergelder richten sich derzeit nur nach dem U-Wert.

Sonne im Winter und Schatten im Sommer sind in unseren Breitengraden sehr banal durch einfache Überhänge erreichbar. In meinem Haus liegen die Südwestfenster alle zurückgesetzt, sodass unten der Balkon und oben das Dach weit übersteht.

Überhänge lassen sich auch vergleichsweise günstig herausstehend an der Fassade nachrüsten, meist wird gleich mit Seitenblenden gebaut. Eine Alternative sind am Fenster angebrachte Fallarmmarkisen, die Sie nach Bedarf steuern.

Fazit

Dezentrale Heizsysteme sind nicht nur möglich, sondern global betrachtet relativ üblich. Außer ihrer erhöhten Redundanz haben sie den großen Vorteil, dass sie stückweise installiert werden können, während zum Beispiel eine Gasheizung als Backup verbleibt.

So können Sie experimentieren, ohne die Gefahr zu frieren. Solare Zuheizlösungen gerieten durch billigen Brennstoff etwas in Vergessenheit. Die gestiegenen Energiepreise erinnern an ihren potenziellen Nutzen. (anm) c't

Infos und Beispielprojekte

ct.de/wxt4



secIT by Heise

DIGITAL 2022

ENTER THE NEXT LEVEL

IT-Security-Onlinekonferenz – 13. & 14.09.2022

Be prepared – Become a #secHero

Seien Sie dabei, wenn sich Security-Experten, Anbieter von Security-Werkzeugen und -Dienstleistungen und interessiertes Fachpublikum im September treffen! Auf zwei digitalen Bühnen präsentieren wir Ihnen die neuesten Trends, Lösungen und Informationen rund um die IT-Sicherheit.

Jetzt schnell sein: Bis zum 31.08. **kostenloses „Sponsored Ticket"** sichern unter **sec-it.heise.de**

Unsere Partner

AirIT SYSTEMS · auth0 · BeyondTrust · boxcryptor · CORDAWARE · DARKTRACE · FAST LTA · G DATA TRUST IN GERMAN SICHERHEIT · KnowBe4 Human error. Conquered. · snyk · SOPHOS · sosafe · XM Cyber

Frische Luft ohne Energieverschwendung

Effiziente Temperaturregelung

Mehr als **30 %** Energiekosten sparen mit homematic IP

Heizen nach Ihren Bedürfnissen

Einfache Bedienung

Smartes Wohnen, das begeistert.

homematic-ip.com