

Süddeutsche Zeitung

LANGSTRECKE

Sonderausgabe

**Smarte
Energiewende**

Die besten Reportagen,
Essays und Interviews
zum Thema



Lange Leitung

Wo es bei den
Nord-Süd-Trassen hakt
JAN SCHMIDBAUER

Bestens integriert

Über PV-Module, die als
solche nicht auffallen
NIELS HENDRIK PETERSEN

Intelligent gesteuert

Das Stromnetz von morgen
braucht Cleverness
BASTIAN BRINKMANN

SONDERAUSGABE
IN ZUSAMMENARBEIT
MIT SONNEN
[SZ.DE/LANGSTRECKE](https://www.sz.de/LANGSTRECKE)
#LANGSTRECKE





sonnen
energy is yours

Das beste Depot:
Der schlaue Heim-
speicher für Solarenergie!

Profitieren Sie
von 20% höherer
Einspeisevergütung.

Jetzt 750 €
Community-
Bonus
sichern!*

*Aktion gilt bis einschließlich 31. März 2024.

Sie wollen mehr erfahren oder haben Fragen: 0800 / 929 33 40 oder auf [sonnen.de](https://www.sonnen.de)

INHALT**STROMTRASSEN** : 35 Minuten

Jan Schmidbauer hört sich bei Gegnern und Befürwortern der Nord-Süd-Trassen um

SEITE 6

SYSTEM : 8 Minuten

Bastian Brinkmann spricht mit Energieökonom Lion Hirth über das Stromnetz der Zukunft

SEITE 22

ENERGIE : 8 Minuten

SZ-Autoren fassen zusammen, wo in Deutschland wie viel grüner Strom erzeugt wird

SEITE 25

WÄRMEWENDE : 9 Minuten

SZ-Autoren untersuchen, wie die Deutschen ihre Wohnungen heizen

SEITE 28

WINDKRAFT : 7 Minuten

Ralph Diermann geht der Frage nach, ob sich ein privates Windrad lohnt

SEITE 32

ZUKUNFT : 9 Minuten

Thomas Hummel erklärt, wie Deutschland bis 2045 klimaneutral werden kann

SEITE 35

DIGITALISIERUNG : 4 Minuten

Michael Baumüller über das neue Gesetz zum Rollout von Smart Metern

SEITE 39

GEOTHERMIE : 12 Minuten

Silvia Liebrich und Benedikt Müller-Arnold erörtern die Chancen von Wärme aus der Tiefe

SEITE 42

VIELE : 7 Minuten

Ralph Diermann beantwortet Fragen zu PV-Anlagen auf Mehrparteienhäusern

SEITE 48

FASSADE : 8 Minuten

Niels Hendrik Petersen berichtet von Solarmodulen, die kaum als solche erkennbar sind

SEITE 52

BAUSTELLEN : 8 Minuten

Gastautorin Lamia Messari-Becker hat viele Ideen für mehr Nachhaltigkeit im Gebäudesektor

SEITE 56

NETZE : 7 Minuten

Michael Baumüller schreibt über den schleppenden Bau wichtiger Stromtrassen

SEITE 59

EINSICHT : 4 Minuten

Kathrin Werner warnt davor, bei der Windindustrie alte Fehler zu wiederholen

SEITE 62

VORHERSAGE : 13 Minuten

Tim Schröder stellt Forscher vor, die Stromerträge von Wind und Sonne im Voraus kennen

SEITE 65

VERÄNDERUNG : 4 Minuten

Michael Baumüller mit einem Plädoyer für ein umfassend neues Stromsystem

SEITE 71

GEMEINSCHAFT : 8 Minuten

Niels Hendrik Petersen über zwei Vorreiter der kommunalen Energiewende

SEITE 73

>>>

SMART METER : 8 Minuten

Ralph Diermann beantwortet zwei Handvoll Fragen zu digitalen Stromzählern

SEITE 76

BAUBRANCHE : 9 Minuten

Christine Mattauch spricht mit Lamia Messari-Becker über emissionsarmes Bauen

SEITE 79

POTENZIALE : 4 Minuten

Roland Preuß erklärt, warum eine Solaranlage auf dem Eigenheim eine gute Investition ist

SEITE 83

ÜBERSCHUSS : 2 Minuten

Petra Schneider über ein Pflegeheim, das mit seiner Solaranlage auch andere Gebäude mit Strom versorgt

SEITE 85

UNAUFFÄLLIG : 9 Minuten

SZ-Autoren haben vier beinahe unsichtbare Solaranlagen gefunden

SEITE 87

ENERGIEKOSTEN : 10 Minuten

Niels Hendrik Petersen kennt ein paar Tricks für geringere Energie- und Wärmekosten

SEITE 93

EINFANGEN : 7 Minuten

Isabel Pfaff besucht ein Unternehmen, das im großen Stil CO2 aus der Luft filtert

SEITE 97

VERPRESST : 3 Minuten

Michael Bauchmüller warnt davor, sich zu sehr auf die Abscheidung von CO2 zu verlassen

SEITE 100

INTERVIEW : 6 Minuten

Marlene Weiß spricht mit dem Forscher Niklas Höhne über Versäumnisse der Klimapolitik

SEITE 102

BÜRGER : 4 Minuten

Pauline Held über die Gemeinde Wildpoldsried, eine Vorreiterin der erneuerbaren Energien

SEITE 105

KÜHLEN : 4 Minuten

Nakissa Salavati erklärt, wie eine Wärmepumpe zur Klimaanlage wird

SEITE 108

SCHWERPUNKT

smarte Energiewende

VERNETZUNG : 13 Minuten

Sonnens Susan Käppeler spricht im Interview über intelligente Energienetze und smarte Stromspeicher

SEITE 112

COMMUNITY : 5 Minuten

Warum virtuelle Kraftwerke eine wichtige Lösung für das Gelingen der Energiewende sind

SEITE 118

ZUVERDIENST : 7 Minuten

Matthias Dilthey, Sonnens Chef-Trader, erklärt, wie er die Erlöse virtueller Kraftwerke maximiert

SEITE 122

HAUSBESUCH : 8 Minuten

Sonnens CEO Oliver Koch zeigt persönlich, wie das Unternehmen seine Technologien entwickelt

SEITE 125

WASSERSTOFF : 11 Minuten

Elisabeth Dostert und Benedikt Müller-Arnold über die künftige Rolle von Wasserstoff im Energiesektor

SEITE 131

FEUCHTIGKEIT : 5 Minuten

Andreas Jäger porträtiert Forscher, die Energie aus Wolken und Nebel gewinnen können

SEITE 136

WELTRAUM : 10 Minuten

Christoph von Eichhorn erklärt, wie die Esa Strom aus dem All auf die Erde schicken will

SEITE 138

LANDSCHAFTEN : 8 Minuten

Jörg Häntzschel wirbt dafür, mit Windrädern und Solaranlagen Frieden zu schließen

SEITE 144

IMPRESSUM

Süddeutsche Zeitung Langstrecke

VERLAG
Süddeutsche Zeitung GmbH
Hultschiner Straße 8
81677 München

Dies ist eine Anzeigensonderveröffentlichung der Süddeutschen Zeitung GmbH in Kooperation mit sonnen. Die Süddeutsche Zeitung ist weder für den Inhalt der Anzeigen noch für ggf. angegebene Produkte verantwortlich. Danke an das Team von SZ Institut.

AUSWAHL UND KOORDINATION
Dirk von Gehlen, *Michael Neißendorfer**, Andreas Freitag, Jan-Henrik Salz

GRAFIK UND ILLUSTRATIONEN
Eva Reiske (Layout und Collagen), Bernd Schifferdecker (Porträts)

PROJEKTKOORDINATION SONNEN
Yannick Dischinger

**freie/r Mitarbeiter/in*

MEHR ZUR LANGSTRECKE UNTER
sz.de/langstrecke

BILDNACHWEISE COLLAGEN
S. 17: imago/Markus van Offern; S.45: unsplash; S. 69: unsplash;
S.89: unsplash, imago/PantherMedia/Boris Zerwann; S.115: unsplash, sonnen;
S. 120: unsplash, imago/imagebroker, imago/Westend61 (2), PR, sonnen;
S. 126-129: sonnen; S. 141: unsplash

Sonderausgabe in Zusammenarbeit mit sonnen



Lange Leitung

STROMTRASSEN

Für die Energiewende braucht das Land Stromtrassen wie den Südlink, gerade jetzt. Wer seinem geplanten Verlauf von Norden nach Süden folgt, fährt immer noch dem Widerstand entgegen. Reise durch ein aufgeladenes Land



VON
JAN SCHMIDBAUER

LESEDAUER: 35 MINUTEN

Manchmal reichen ein paar Stunden, um den Gesamtzustand Deutschlands zu beschreiben. Der 15. Januar 2023, ein Sonntag, im Süden nur Wolken und Regen. Im Norden so starke Böen, dass die Windräder am frühen Abend fast so viel Strom produzieren konnten, wie das ganze Land braucht. In Süddeutschland hätten sie ihn gerne genommen, sogar die Schweizer und Österreicher wollten den günstigen Strom. Ging aber nicht.

In Baden-Württemberg ließ der Netzbetreiber Transnet BW also Kohlekraftwerke hochfahren, fragte die Schweizer nach zusätzlicher Kraftwerksleistung und bat die Stromkunden per App, zwischen 17 und 19 Uhr bitte keine Waschmaschine anzustellen.

Und im Norden drosselten sie die Windräder. Solche Tage gibt es immer wieder in Deutschland, kriegt nur kaum einer mit. Dann produziert der Norden so viel Strom, dass sie gar nicht wissen, wohin damit. Und im Süden, wo sie ihn haben wollen, kommt er nicht

an. Eigentlich sollte dieses Problem längst gelöst sein. Wenn die Bürokratie nicht wäre, die Zauneidechse in Bad Sooden-Allendorf, der wütende Heiko Ifßeib in Marksuhl. Und, na ja, Bayern.

Ein Mittwoch im Februar: Der Netzbetreiber Tennet hat die Presse nach Wilster eingeladen. Am Horizont drehen sich ein paar Windräder. Davor ein Feld, 270 Meter lang, 200 Meter breit. Pünktlich zum Atomausstieg sollten hier die ersten Meter von Südlink liegen, einer Stromtrasse, die als künftige Hauptschlagader der deutschen Energiewende gilt. Bislang liegen auf dieser Baustelle aber nur 126000 Tonnen Sand herum. Die Wüste von Wilster.

Hier soll diese Reise also beginnen. Eine Reise von Wilster in Schleswig-Holstein nach Berggrheinfeld in Bayern. Zwei Orte, die mit einer 538 Kilometer langen Stromleitung verbunden werden sollen. Mittlerweile heißt es, 2028 könnte es so weit sein. Dann sollen vier dicke Kupferkabel unter der Erde liegen und die Energie mit einer konstanten Spannung von 525000 Volt durchs Land transportieren. Gar nicht konstant ist allerdings die gesellschaftliche Spannung auf dieser Strecke: Je südlicher man kommt, desto geladener sind die Menschen. Am Ende dieser Reise wird man in einem Ort ankommen, in dem Bürger wegen dieser Stromtrasse vor Gericht ziehen. Wo sie gelbe Warnschilder in die Felder gerammt haben: Betreten verboten! Also lieber erst mal zurück in den Norden.

Auch Tim Meyerjürgens ist nach Wilster gekommen, der Deutschlandchef von Tennet, einem niederländischen Staatskonzern. Wenigstens auf der anderen Seite der Landstraße kann er ja was zeigen. Da stehen zwei grüne Hallen. Und durch eine davon läuft er jetzt mit seinen Besuchern.

Meyerjürgens, 47, hat einen Helm aufgesetzt und eine textmarkergrüne Jacke angezogen. Er steht vor einem Gewirr aus Metallstangen, Isolatoren und Kabeln. Das wichtigste Kabel ist schwarz und nicht viel dicker als ein Unterarm. Kann aber so viel Strom transportieren, wie ein großes Kernkraftwerk erzeugt, sagt er. Seit zwei Jahren verbindet dieses Kabel mehrere Wasserkraftwerke in Norwegen mit dieser Halle in Schleswig-Holstein. Wenn in Norddeutschland zu wenig Wind weht, kann das Kabel den Strom aus Norwegen hierherbringen. Wenn die norddeutschen Windräder mehr Energie produzieren, als hier verbraucht wird, läuft die Sache andersrum. Nennt sich Nordlink.

In fünf Jahren soll dort, wo der Sand liegt, ein ähnliches Gebäude stehen. Der Startpunkt von Südlink.

JE SÜDLICHER MAN
KOMMT, DESTO
GELADENER SIND DIE
MENSCHEN

„DER STAAT
VERSUCHT,
SEINE BÜRGER ZU
VERARSCHEN“,
SAGT EIN GEGNER
IN BAYERN

Dann soll der Strom weiterfließen nach Bayern, und auf einer zweiten Route nach Baden-Württemberg. Dahin, wo er gebraucht wird. Und theoretisch auch zurück. Wird nur seltener vorkommen. „Eine Energiewende ohne Südlink wäre keine Energiewende“, sagt Klaus Müller, der Chef der Bundesnetzagentur.

„Der Wirtschaftsstandort Deutschland wird stark von großen Netzausbauprojekten wie Südlink abhängen“, sagt der Chef von Tennet.

„Der Staat versucht, seine Bürger zu verarschen“, sagt der Vertreter einer Bürgerinitiative in Bayern.

Die Atomkatastrophe von Fukushima war gerade mal ein Jahr her, da erklärten die vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber, was passieren muss, wenn Deutschland aus der Kernenergie aus- und in die Erneuerbaren einsteigt. 149 Seiten lang war ihr Bericht, und die entscheidenden Sätze standen am Schluss: „Bundesweit ergibt sich ein erheblicher Entwicklungsbedarf. Der Schwerpunkt sind leistungsstarke Nord-Süd-Verbindungen.“ Gemeint waren Stromtrassen, die die Energie Hunderte Kilometer weit transportieren, sogenannte Hochspannungs-Gleichstrom-Verbindungen.

Das war 2012. Und an der Diagnose der Netzbetreiber hat sich nichts geändert. Stromtrassen wie Südlink werden dringend gebraucht, sagen sie. Die zuständige Bundesnetzagentur sagt das auch. Tage wie der 15. Januar sind zwar nicht gefährlich, es drohte kein Blackout. Aber wenn Kohlekraftwerke im Süden hochgefahren und Windräder im Norden gedrosselt werden müssen, entsteht mehr Kohlendioxid als nötig. Und es entstehen Kosten. 2,2 Milliarden Euro mussten die Stromkunden allein im ersten Halbjahr 2022 für die Eingriffe ins Netz zahlen.

Die geplanten Stromautobahnen, zu denen neben Südlink auch Südostlink oder Ultranet gehören, sollen das ändern. Aber Vorsicht: Beim Wort Autobahn fängt aus Sicht der Gegner schon die Verarsche an. Südlink wird den Strom ohne Zwischenhalte von Nord nach Süd transportieren, weil dann weniger Energie verloren geht. Abfahrten in Hessen oder Thüringen gibt es nicht. Und dann ist da noch die Sache mit dem Stromhandel. Die neuen Trassen werden auch gebaut, damit der Strom innerhalb Europas besser fließen kann. So wie jetzt schon zwischen Schleswig-Holstein und Norwegen. Davon profitieren die Stromkunden, heißt es bei der Bundesnetzagentur. Die Trassengegner sagen, dass davon nur einer etwas hat: die Energiewirtschaft.

Seit Russland die Ukraine angegriffen hat, ist der Widerstand gegen Südlink leiser geworden, heißt es

bei Tennet. Es gebe weniger Diskussionen, weniger Bürgerinitiativen. Verschwunden ist der Widerstand aber nicht. Das wird später noch zu spüren sein. Man wird Leute treffen, die von „Monstertrassen“ reden, von „Lobbyismus“ und „Propaganda“. An der Elbe hört man so was nicht. Hier kreischen nur die Möwen.

Tennet baut Südlink gemeinsam mit dem Netzbetreiber Transnet BW aus Stuttgart. Bevor sie anfangen können, müssen sie aber noch auf die, Vorsicht Verwaltungsdeutsch, Planfeststellungsbeschlüsse warten. Die Genehmigungen für alle Abschnitte, in die Südlink unterteilt wurde. Losgehen soll es deshalb erst 2024. In Wewelsfleth an der Elbe hat die Bundesnetzagentur eine Ausnahme gemacht. Hier darf Tennet erste Arbeiten erledigen lassen. Jetzt, wo das Klima zu kippen droht und Deutschland unabhängig von Putin werden muss, darf's ruhig ein bisschen schneller gehen. Die Kabel sollen die Elbe in einer fünf Kilometer langen Röhre unterqueren. Bis 2028 soll gebuddelt werden. Der Kassierer auf der Elbfähre Glückstadt-Wischhafen nimmt's gelassen. Südlink? Kein Problem, sagt er. „Unser einziges Problem ist der Schlick.“

Knapp 60 Kilometer südlich der Elbe, in der niedersächsischen Gemeinde Anderlingen, wartet Friedhelm Brunckhorst schon am Feuerwehrhaus. Im Hauptberuf kümmert er sich um 1800 Ferkel. Im Nebenjob ist der 50-Jährige Bürgermeister, ehrenamtlich. Sehr ländlich, diese Gegend. Der Bürgermeister und Ferkelzüchter Friedhelm Brunckhorst sagt: „Wer kein Plattdeutsch kann, hat's schwierig hier.“

Er fährt mit seinem Diesel-Golf durch die Gemeinde, vorbei an Maisfeldern, Biogasanlagen und Wiesen voller Zugvögel. „Kraniche, jo. Das sind noch wenig.“ Dann bleibt er stehen, mitten auf der Landstraße. Nicht für einen Kranich, sondern für die Trasse. Friedhelm Brunckhorst schaut aus dem Autofenster, der Diesel nagelt vor sich hin. Er sagt: „Die kommt hier links vom Acker runter, geht hier einmal unter der Straße drunter, geht hier wieder auf den Acker und läuft dann, so ganz grob, zu dem Schuppen dahinten.“

Dann fährt er weiter, vorbei an Wäldern und Feldern. „Was willst du hier groß für Einwände haben?“, sagt er. Gut, da drüben bei dem Waldstück hatten Archäologen wohl Bedenken wegen einer alten Grabstätte. „Weil da vor Tausenden Jahren mal irgendwelche verbuddelt worden sind“, sagt Brunckhorst. Ach ja, und der Kfz-Prüfer, der dicht dran wohnt am geplanten Verlauf der Trasse, war auch nicht begeis-

AN DER ELBE
HÖRT MAN KAUM
KRITIK. HIER
KREISCHEN NUR
DIE MÖWEN

tert. Was der Kfz-Prüfer bestätigt: „Wir haben so'n bisschen rumgemoppert.“ Das war's aber auch.

In Anderlingen stehen keine Protestschilder, es gibt keine Bürgerinitiative, und es ist auch keiner der 900 Einwohner auf die Suche nach Feldhamstern oder Gelbbauchunken gegangen, jedenfalls hat der Bürgermeister keinen erwischt. Sie haben Tennesse sogar Tipps gegeben. Zum Beispiel, welche Wege die Bauarbeiter meiden sollten, wenn sie mit ihren tonnen schweren Kabeltrommeln nicht einsinken wollen in den Moorlandschaften von Anderlingen.

Friedhelm Brunckhorst hat sein Auto wieder am Feuerwehrhaus geparkt. Eines will er noch loswerden. „Ihr im Süden habt doch mittlerweile Angst, dass die Industrie weggeht“, sagt er. „Sollen Mercedes und BMW doch hier oben ein Werk bauen. Ich glaub, wir könnten damit klarkommen.“

Bayerns Ministerpräsident Markus Söder beschwert sich ja oft, wie viel sein Bundesland an die anderen zahlen muss, Stichwort Länderfinanzausgleich. Einen Länderelektrizitätsausgleich gibt es bis jetzt nicht. Aber würde es ihn geben, wäre die Fließrichtung eine andere. Dann würden Nord- und Ostdeutschland die Hauptlast tragen, weil es dort mehr Windräder gibt, also auch günstigeren Strom. An den

Energiemärkten spielt das bislang keine Rolle: Im Süden kostet der Strom genauso viel wie im Norden. Die EU-Kommission will Deutschland deshalb schon lange in mehrere Preiszonen aufspalten. Würde bedeuten: Im Süden, wo BMW seine Autos baut und Wacker seine Chemikalien produziert, wird der Strom deutlich teurer. Deutschland konnte das immer mit dem Argument verhindern, dass sich das Problem durch die neuen Stromtrassen von selbst erledigt.

Bayern müsste also ein riesiges Interesse daran haben, dass sie kommen. Theoretisch. Praktisch aber haben viele Bürger in Bayern und nicht zuletzt die CSU diese Stromtrassen immer am lautesten bekämpft. Die CSU, der es damals gar nicht schnell genug gehen konnte mit dem Atomausstieg.

Im April 2011, vier Wochen nach Fukushima, gab Horst Seehofer der SZ ein Interview. „Die Energiewende muss sitzen. Sie muss jetzt kommen, nicht irgendwann in ein paar Jahren“, sagte er. Es klang fast, als würde der Ministerpräsident gleich in eine Arbeitshose schlüpfen und den Freistaat höchstpersönlich mit Erneuerbaren zupflastern. Mehr als die Hälfte des bayerischen Stroms kam aus der Kernkraft. Und Seehofer wollte bis 2022 raus aus dieser Technologie, genau wie sein damaliger Umweltminister Markus Söder, der damals auffallend oft zur grünen Krawatte griff. Seehofer verkiff sich bei einer siebenstündigen CSU-Vorstandssitzung im Kloster Andechs sogar den Gang aufs Klo, damit nur keiner gegen den Atomausstieg stimmt. Mit Erfolg. Der Atomausstieg kam, im Juni stimmte auch der Bundestag dafür. Und klar war, dass die entstehende Lücke nicht nur mit Gaskraftwerken, sondern auch mit neuen Stromleitungen gestopft werden muss.

Drei Jahre nach Fukushima, im April 2014, lief Seehofer dann durch das bayerische Dorf Bergen bei Ingolstadt, wo die Menschen schon auf ihn warteten, mit Plakaten in der Hand und Wut im Bauch. In Berlin kämpfte SPD-Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel für neue Stromtrassen mit bis zu 75 Meter hohen Masten. In Bergen kämpften sie dagegen. Und Seehofer sagte: „Wir wären von allen guten Geistern verlassen, wenn wir diese wunderschöne Landschaft beschädigen oder zerstören würden.“ Atomausstieg ja, Stromtrassen nein.

Es gab damals überall Widerstand gegen den geplanten Ausbau der Netze, auch im Norden. Wer will schon neben Strommasten wohnen? Aber es war Seehofer, der sich 2015 durchsetzte. In Berlin entschied die große Koalition, den Südlink und die ähnlich große Trasse Südostlink, die von Sachsen-Anhalt nach

DIE MENSCHEN SIND
UNTERSCHIEDLICH.
DIE BÖDEN
DARUNTER AUCH

Bayern laufen soll, unterirdisch zu verlegen, als Erdkabel. Schon damals war klar, dass das mindestens drei Mal so teuer wird, von zehn Milliarden Euro ist mittlerweile die Rede. Es war klar, dass drei Jahre Planung umsonst waren. Dass Erdkabel viel schwerer zu reparieren sein werden, weil sie nun mal unter der Erde liegen. Und doch versprach man sich etwas von dieser Lösung: Ruhe.

Der Chef der Bundesnetzagentur sagt: „Es gab ja die große Hoffnung, dass das zur Befriedung beitragen würde. Ich glaube, dass der Beweis zu dieser These immer noch aussteht.“

Der Chef von Tennet sagt: „Wir haben von Anfang an drauf hingewiesen, dass wir das nicht für beschleunigend halten.“

Wer dem geplanten Verlauf von Südlink folgt, der lernt nicht nur, wie unterschiedlich die Menschen in diesem Land sind, sondern auch: die Erde darunter. Südlink wird nicht unter Häusern und Wohnungen verlegt, sondern hauptsächlich unter landwirtschaftlichen Böden. In Anderlingen sind sie sandig, hier wächst nicht viel außer Mais. 156 Autokilometer südlich, in Ditterke bei Hannover, sieht das anders aus.

„Das ist hier eines der vielen fruchtbaren Gebiete, die wir in Europa haben“, sagt Steffen Mogwitz. Es ist Donnerstag. Er sitzt in seinem schwarzen Volvo-SUV und biegt auf einen Feldweg ab. Mogwitz ist 64 und der Geschäftsführer von Progranus, einem Familienbetrieb, der hier 1300 Hektar Land bewirtschaftet. Und was für eins. „Lössboden“, sagt er. Hält das Wasser länger als die sandigen Böden in Anderlingen, ist aber auch nicht so gierig wie ein Tonboden, der es gar nicht wieder hergibt. Ideal also.

Dass Tennet eine Schneise durch diesen Boden graben will, ist für Steffen Mogwitz „eine Megakatastrophe“. Draußen fängt es an zu regnen, aber er hat Allrad, spricht also nichts gegen eine Tour durch den Schlamm. Mogwitz schaut raus aufs Feld. „Sie sehen, hier ist alles gleichmäßig grün. Das wäre dann nicht mehr so.“ Das ist jedenfalls seine Sorge.

Bei Tennet sagen sie, dass mit der Entscheidung für das Erdkabel der Protest nur verschoben wurde. Von den Bürgern zu den Bauern.

Unter den Feldern von Steffen Mogwitz werden nicht nur vier Kabel liegen, die rein rechnerisch so viel Strom transportieren können, wie drei bis vier Kernkraftwerke produzieren. Unter seinen Feldern wird es auch wärmer. Auf bis zu 50 Grad sollen sich die Kabel erhitzen können, sagt Mogwitz, auch wenn sie bei Tennet sagen, dass es in der Praxis eher weniger ist und Gasleitungen mehr Wärme abstrahlen.

”
HIER IST ALLES
GLEICHMÄSSIG GRÜN.
DAS WÄRE DANN
NICHT MEHR SO
“

KARTOFFELN
UND ERDKABEL?
KEINE GUTE
KOMBINATION

Sicher ist aber, dass sein Acker umgegraben wird. 40 bis 45 Meter breit ist der sogenannte Arbeitsstreifen, der für die Verlegung der Kabel nötig ist. „Das heißt, Sie haben eine ganz andere Wasserführung hier in diesem Boden.“ Muss er ja immer wieder erklären. Dass so ein Acker ein empfindliches System ist. Dass hier Drainagen drinliegen, die wichtig für die Wasserführung sind. Kapierten vor allem die Städter nicht, sagt er. Die Leute, die so gerne die Grünen wählen.

Wenn in Deutschland ein Stromkabel vergraben wird, dann kommen nicht nur viele Kubikmeter Erde hoch, sondern auch die großen gesellschaftlichen Konflikte. Stadt gegen Land. Nord gegen Süd. Ost gegen West. Naturschutz gegen Klimaschutz. In Bayern hat ein Bauer mal einen Biologen vom Feld gejagt, sagen sie bei Tennet. „Schleich di oder i schiaß.“ Auch in Thüringen wurden immer wieder sogenannte Betretungsverbote ausgesprochen.

Steffen Mogwitz lässt die Arbeiter, die hier schon Probebohrungen machen, in Ruhe. Aber auch er hat seine Probleme mit Südlink. Mogwitz macht sich Sorgen, vor allem um seine Kartoffeln, mit denen er eine Fast-Food-Kette beliefert. Innovator heißt die Sorte, ideal für Pommes, sehr helles Fruchtfleisch. „Das finden die Deutschen gut.“

Die Kartoffel ist nur sehr empfindlich. „Eine Mimose“, sagt er. Und seine Angst ist, dass die Kartoffeln krank werden könnten. Dort, wo das warme Kabel läuft. Und später überall. Er schaut auf den Acker. „Nehmen wir an, hier wäre diagonal das Kabel durch und sie würden ein infektiöses Milieu haben, dann würde diese Kartoffel ihnen die ganze Partie des Feldes versauen, wenn sie die ins Lager tun.“ Weil unter seinen Ledersitzen mittlerweile auch eine südlinkartige Hitzeentwicklung spürbar ist, sucht Steffen Mogwitz jetzt nach dem Schalter für die Sitzheizung. Gefunden. Wenn's so eine Taste bloß für die Trasse gäbe.

Wobei: Er will sie ja nicht stoppen. Er will nur dafür sorgen, dass sie entlang der Feldwege verlegt wird und nicht quer über den Acker. Damit die Temperatur und die Feuchtigkeit in seinem Acker gleichmäßig sind und die Kartoffeln sich gleich entwickeln. Noch ist das möglich, weil vor dem Abschluss des Planfeststellungsverfahrens nur ein 1000 Meter breiter Korridor feststeht. Also versucht er, das Schlimmste zu verhindern. Die Kommunikation laufe bislang gut, sagt er. Und trotzdem versteht er nicht, warum der ganze Ärger überhaupt sein muss. Warum man nicht einfach ein paar Masten aufstellt. Wie früher.

Die meisten Bauern haben für den Eingriff in ihre Äcker eine dauerhafte Pacht gefordert. Jetzt gibt es

nur eine einmalige Entschädigung, die von vielen Faktoren abhängt, zum Beispiel von der Fruchtbarkeit des Bodens. Die Beispielrechnung von Tennet passt jedenfalls nicht auf einen Bierdeckel, sie füllt eine ganze Powerpoint-Präsentation. Der Konzern kommt auf gut 20000 Euro für einen 100 Meter langen Abschnitt. Steffen Mogwitz hat seine Entschädigung noch nicht verhandelt. Er sagt nur, dass er drauf verzichten würde, wenn sie hier Masten aufstellen, statt Kabel zu verlegen. Was aber nicht geht, weil die Sache mit dem Erdkabel beschlossen ist.

Eines ist klar: Wenn alle so drauf wären wie er, hätte man Sümlink billiger haben können.

Klar ist aber auch, dass es keine Energiewende gibt ohne Lösungen, die die Menschen spalten. In Befürworter und Gegner. Gewinner und Verlierer. Erst sollte die Trasse östlich an Hannover vorbeilaufen. Dann ist es doch der Westen geworden, seine Heimat. Und dann auch noch unter der Erde. So gesehen ist Steffen Mogwitz ein Verlierer. Aber auch dort, wo Verlierer leben, gibt es Gewinner.

Einer von ihnen sitzt in einem dunklen Cocktailsessel und schaut auf Loch 18. Nur zehn Kilometer liegen zwischen dem Kartoffelacker von Steffen Mogwitz und dem Restaurant des Golfclubs Hannover. Trotzdem sieht man die Sache mit dem Erdkabel hier ganz anders. Michael Wermelt kann das erklären, ein Mann mit blauer Steppjacke und weißem Haar.

Seit zwanzig Jahren ist er Präsident des Golfclubs, der zu den ältesten im Land gehört. In diesem Jahr wollen sie den 100. Jahrestag feiern. Er sitzt im Sessel, nimmt einen Schluck Cappuccino und schaut raus auf den Rasen. „Die Angst war: Wenn das Ding hier als Oberleitung durchgeht, dann haben wir keinen Golfplatz mehr.“

Sie waren also erleichtert, als die Entscheidung für das Erdkabel kam. „Danach haben wir nur noch diskutiert, wie wir Support liefern können“, sagt Michael Wermelt. Die Stromtrasse ist für seinen Club jetzt eine Chance. Warum, erklärt er draußen auf dem Platz. „Rehburg-Loccum ist frei“, sagt die Dame im Sekretariat. Rehburg-Loccum hat nur keinen Strom mehr. Also schnappt sich Michael Wermelt eines der anderen Golfcarts aus dem Geräteschuppen und fährt zu Loch 10.

Hier kommt die Trasse rüber, sagt er, hinter Loch 10, wo die Lkws über die A 2 rauschen. Als sich der Club Ende der Fünfziger von zwölf auf achtzehn Löcher vergrößern wollte, war die Autobahn schon da. Platz gab es nur noch auf der anderen Seite der A 2. Seitdem haben sie hier einige Superlative zu bieten.

ERLEICHTERUNG
BEIM GOLFCLUB:
DER RASEN
BLEIBT UNVERSEHRT

„Alles festhalten“, sagt Michael Wermelt, und zuckelt mit seinem Golfcart über die – nach allem, was man weiß – erste private Autobahnbrücke Deutschlands, unten die Lkws, oben der Präsident.

Die Autobahn war immer ein Problem, mit dem sie sich arrangieren mussten. Ist wie bei Südlink: Was der Allgemeinheit nützt, kann für Einzelne eine Last sein. Jetzt ist die Autobahn ihr Glück. Tennesse wird die Erde hier nicht von oben aufgraben, um die Kabel reinzulegen. Die Kabel sollen stattdessen mit einer Bohrung unter der Autobahn durchgeführt werden, und unter dem Golfplatz und dem angrenzenden Fluss Leine gleich mit. Bei Tennesse heißt das „geschlossene Bauweise“. Für Michael Wermelt heißt das: Sein schöner Rasen bleibt unversehrt.

Er kennt natürlich die Klischees über seinen Sport. Die Leute, die sagen, es sei gar keiner, sondern nur ein Zeitvertreib für Reiche. Totaler Blödsinn, findet er, nur 120 Euro im Monat koste die Mitgliedschaft. Aber sie stehen hier schon unter Rechtfertigungsdruck. Wasserverbrauch, Düngemittelverbrauch, Nachhaltigkeit: Alles Dinge, mit denen sich ein Golfclub-Präsident im Jahr 2023 beschäftigen muss. Eine positive Haltung zu Südlink schadet da nicht. „Es ist unsere Aufgabe, mitzuhelfen und nicht dagegen zu sein“, sagt Michael Wermelt. Die Trasse werde eben gebraucht. „Man muss ja kein Grüner sein, um das zu begreifen.“

Es gibt auf dieser Reise keine Grenze, die die Menschen trennt in Gegner und Befürworter. Und doch gibt es eine Art Premiere in Bad Sooden-Allendorf, Nordhessen. Als Besucher wird man hier von einem Protestplakat begrüßt, es steht gleich am Ortseingang. „Keine Megastromtrasse. Bad Sooden-Allendorf wehrt sich.“

Eigentlich war man mit Matthias und Karin Grabing verabredet, beide Mitglieder der Bürgerinitiative „Werra-Meißner gegen Südlink“. Am Treffpunkt, auf einer Anhöhe über der Stadt, erscheint Matthias Grabing ohne seine Frau, dafür mit dem Who's who der Bad Soodener Trassengegner. Der Bürgermeister ist da. Ein Landwirt. Eine besorgte Anwohnerin. Der Kassenwart, der gleich wieder losmuss. Dafür kommt der Elektriker, was beim Thema Kabel sicher auch nicht schadet.

Es ist Freitagnachmittag. Es regnet. Matthias Grabing und die anderen wollen zeigen, wo Südlink langlaufen soll, also geht's einen matschigen Weg entlang. Auf einer Wiese, unter der alte Betonplatten durchschimmern, bleiben alle stehen. „Hier war früher Ende Gelände“, sagt die Anwohnerin. Über die

WAS DER
ALLGEMEINHEIT
NÜTZT, KANN
FÜR EINZELNE
EINE LAST SEIN

Betonplatten führen mal die DDR-Grenztruppen. Die Reste der innerdeutschen Grenze kann man noch sehen. Die Kabel von Südlink werden nicht sichtbar sein. Und trotzdem spricht für die Anwesenden fast alles dagegen. Auch die Sache mit dem europäischen Strommarkt.

„In Polen werden neue Kohlekraftwerke gebaut“, sagt Matthias Grabing. „Und die beziehen die Kohle aus Argentinien“, sagt die Anwohnerin.

Was stimmt: Durch die neuen Stromtrassen wird nicht nur grüner Strom fließen. Was auch stimmt: Im vergangenen Jahr kam laut Bundesverband der Energiewirtschaft nicht einmal 0,1 Prozent des in Deutschland verbrauchten Stroms aus Polen. Etwa dreißig Mal so viel kam aus Dänemark, wo der Anteil der Erneuerbaren bei 76 Prozent liegt. Was stimmt: Energiekonzerne profitieren vom Ausbau der Stromnetze. Was auch stimmt: Es geht nicht nur um Geld, sondern auch um Versorgungssicherheit und Solidarität. Als im vergangenen Sommer die Hälfte der französischen AKWs nicht lief, half Deutschland aus. Wenn hier mal Wind- und Sonnenflaute ist, kann es auch andersrum laufen.

Für die Trassengegner aus Bad Sooden-Allendorf ist Europa aber eh nicht der Hauptgrund gegen die Trasse. Der Hauptgrund ist Bad Sooden-Allendorf. Erstens, die Heilmittelquellen. Ist ja ein Kurort. Dann die vielen Wasserschutzgebiete. Streuobstwiesen, Kastanienbäume, Dachsbauten. „Eines ist ganz klar“, sagt Matthias Grabing. „Dass wir uns von Aluhelmtägern oder so distanzieren.“ Schiss vor Strahlung habe er jedenfalls nicht, sagt er. Fünf bis zehn Stunden beschäftigt er sich pro Woche mit der Trasse. Und das Hauptproblem fasst er so zusammen: „Bei uns wird die Natur kaputtgemacht, und wir haben nichts davon.“

Bad Sooden-Allendorf liegt ziemlich genau in der Mitte Deutschlands. Ungefähr so fühlen sie sich hier auch. Die im Norden haben Windräder. Die im Süden kriegen Strom. Und Bad Sooden-Allendorf? Kriegt nur Baustellen. Wobei das nicht ganz richtig ist. Weil Deutschland eine Demokratie ist, kriegt jeder auch das Recht, sich zu beschweren. Wird ja gerne vergessen, wenn es wieder heißt, die Chinesen hätten in vier Jahren einen schlüsselfertigen Flughafen hingestellt.

Ob Südlink eine Monstertrasse ist, darüber lässt sich streiten. Sicher ist, dass Südlink ein Bürokratiemonster ist. Die Netzbetreiber müssen sich mit jedem Grundstückseigentümer einigen, der betroffen ist. Auch noch mit Matthias Grabing, weil die Kabel unter seiner Streuobstwiese langlaufen sollen. Es müssen

WER VERDIENT
MEHR SCHUTZ?
DIE NATUR
ODER DAS KLIMA?

aber auch alle Bedenken von Bürgern geprüft werden. „Hinweise“ werden sie genannt.

Matthias Grabing hat seine Hinweise 2019 an die Bundesnetzagentur geschickt. Auf sieben Seiten hat er aufgelistet, was alles gegen eine Stromtrasse in Bad Sooden-Allendorf spricht. Feldwiesel, Waschbären, Mopsfledermäuse. Der Rotmilan, der Eichelhäher, der Zilpzalp, der so heißt, weil er zilpzalpt. Auch die zoologischen Eigenschaften der Zauneidechse hat er den Beamten schriftlich erläutert: „Sie ist von gedrungenem Körperbau und wirkt im Vergleich zur Mauereidechse kräftig und dick.“ Steht wortgleich in einem Online-Lexikon.

Es geht in Bad Sooden-Allendorf um die Frage, um die es überall geht, wenn in Deutschland die Energiewende vorangebracht werden soll: Wer verdient mehr Schutz? Die Natur oder das Klima? Der Zilpzalp oder der Planet, auf dem er zilpzalpt?

Matthias Grabing sagt, sie werden die Trasse nicht mehr verhindern. Aber sie wollen unbequem sein. Nerven. Damit Südlink so weit entfernt vom Ort verläuft wie möglich. Die Netzbetreiber hätten zwar schon reagiert, den Verlauf der Trasse weiter vom Ortskern entfernt. Matthias Grabing und die anderen wollen trotzdem weiter kämpfen, um jeden Meter,

BIS EINE
STROMTRASSE
RENDITEN
ABWIRFT, MÜSSEN
MILLIARDEN
INVESTIERT WERDEN

während anderswo um jeden Kubikmeter gekämpft wird. Die Energiekrise? Ändert daran nichts, sagen sie hier. Geht es nach ihnen, gäbe es ja sowieso bessere Lösungen als diese Stromtrasse. Sie stehen jetzt alle im Kreis. „Dezentralität, das ist das A und O“, sagt Grabing. „Genau“, sagt die Anwohnerin. „Wir sind ja nicht gegen die Energiewende“, sagt der Elektriker.

Deutschland braucht eine dezentrale Energiewende: Das sagen alle Trassengegner auf dieser Reise. Statt den Strom durchs Land zu transportieren, sollte man ihn dort erzeugen, wo er verbraucht wird, also mit Solaranlagen und Windrädern im Süden. Klingt gut. Nur sind Windräder in Süddeutschland so selten, dass man sie auch gleich unter Artenschutz stellen könnte. Neun Stück hat Baden-Württemberg im vergangenen Jahr gebaut, Bayern 14. In Schleswig-Holstein waren es 132. Und dann ist ja noch die Frage, wo der Strom für die Industrie herkommen soll? Wasserstoff, sagen die Trassengegner.

Haben sie natürlich alles geprüft bei der Bundesnetzagentur. Es wird auf absehbare Zeit nicht nur zu wenig Wasserstoff geben, um ganz Deutschland damit zu versorgen. Man braucht auch riesige Mengen Strom, um ihn herzustellen. „So reichlich sind wir dann im Norden auch wieder nicht mit Erneuerbaren gesegnet“, sagt ein Abteilungsleiter von der Bundesnetzagentur. Und der Vorschlag mit den deutschen

Gasnetzen, den man immer wieder hört? Dass man sie nutzt, um Wasserstoff durchs Land zu schicken? Der Abteilungsleiter sagt: „Wenn Sie jemanden finden, der mir das organisiert, dass wir am Tag X die bestehenden Leitungen auf Wasserstoff umstellen, dann geht das. Das wird aber nicht funktionieren.“ Dann müssten sie ja die Gasleitungen erst mal stilllegen und Millionen Menschen hätten keine Heizung. Wasserstoff ist ein Element, das sich leicht verflüchtigt. Und oft wirkt es, als sei das mit den Argumenten für Wasserstoff genauso.

Vor allem aber ist die Frage, wie lange alles noch dauern soll, wenn Deutschland seinen Plan jetzt wieder ändern würde. Von vorn anfängt. Tennet hat mal nachgezählt: 4,5 Milliarden Euro sind für Südlink insgesamt schon ausgegeben worden oder fest beauftragt, zwei Milliarden allein für die Kabel. Auf 12000 Ordner und 6000 USB-Sticks an Genehmigungsunterlagen kommen sie mittlerweile, 106 Tierarten wurden untersucht, 13659 Bürgeranfragen bearbeitet, 689 Infoveranstaltungen organisiert, 70000 Brötchen belegt. Wär' alles für die Tonne.

Der Chef der Bundesnetzagentur sagt: „Ich möchte eben auch nicht erleben, dass Unternehmen mir mitteilen: Die Stromversorgung ist so unsicher geworden, dass wir eine andere Investitionsentscheidung treffen.“ Heißt: Im Ausland produzieren.

Der Tennet-Chef sagt: „Eine der Bürgerinitiativen hat neulich wieder stolz propagiert, dass sie uns schon fünf Jahre gekostet hätten. Das wären aber fünf Jahre, die der Energiewende fehlen.“

Der Mann, der das mit den fünf Jahren gesagt hat, heißt Heiko Ißleib, ist 58, hat lange Haare und eine kurze Zündschnur, zumindest, wenn's um Stromtrassen geht. Er wartet vor einer Kirche in Marksuhl, in einem weißen Lieferwagen, der eigentlich sein Tourbus ist. Es ist Samstagmorgen. Gestern hat er mit seiner Band auf einer Hochzeit gespielt. Ißleib ist Musiker. „Unterhaltungshure“, sagt er. Seit Jahren kämpft er gegen Südlink, zehn bis fünfzehn Stunden pro Woche.

Er startet den Motor und fährt los, durch einen Ort mit vielen Fachwerkhäusern und wenigen Menschen auf der Straße. Auf einem Schotterweg hält Heiko Ißleib wieder an. Er schaut hoch zum Ende des Weges, wo hohe Tannen stehen, der Thüringer Wald, seine Heimat. „Da werden sie rauskommen, wenn sie es bauen“, sagt er. Wenn?

Heiko Ißleib glaubt, dass Leute wie er diese Stromtrasse noch verhindern können. „Logisch“, sagt er. Auch wenn sich durch den Krieg und die Energie-



krise viel verändert hat, auch für ihn. Es sei schwieriger geworden, die Leute zu erreichen, sagt er. „Diese Propaganda läuft ja.“ Und nein, er meint nicht die Propaganda von Putin. Er meint die „Propaganda“ der deutschen Bundesregierung, von Habeck, von den Netzbetreibern.

Heiko Ißleib ist hier aufgewachsen. Er hat viele Jobs gemacht in seinem Leben. Seit der Pandemie laufe die Sache mit der Musik nicht mehr so gut, sagt er, sein Geld verdient er jetzt als Hausmeister. Gelernt hat er mal Fleischer, da stand die Mauer noch. Und als er irgendwann selbst Lehrlinge ausbilden sollte, habe man ihn gefragt, ob er in die SED eintreten will. Wollte er nicht, sagt er. „Ungefähr eine Woche später war ich raus aus dieser Lehrwerkstatt und durfte nur noch Schweineköpfchen abpulen und so Zeugs.“

Heute hängt Heiko Ißleib Plakate auf und spricht von einem „Trassenwahn“. Er hat einen Protestsong gegen Südlink aufgenommen. Er darf alles sagen in diesem Land. „Nee, darf man auch nicht“, sagt er. Und dann ist er schnell bei Corona, bei den Demos, die er im Fernsehen gesehen habe. Das habe ihn „sehr an DDR-Verhältnisse“ erinnert, sagt er.

Im Tourbus von Heiko Ißleib vermischt sich etwas, das sich immer wieder vermischt auf dieser Reise. Die Ablehnung einer Stromtrasse und die Ablehnung gegen Politiker, gegen den Staat. Früher haben sich die Leute über die DDR-Bonzen aufgeregt, darüber, dass Honecker in Wandlitz Bananen kaufen konnte, sagt er. „Wie sich heute die Leute die Gelder zuschachern, in welchen Größen!“ Heiko Ißleib redet nicht von Mauertoten. Er redet von den Maskendeals. Von korrupten Politikern. Er sagt, dass diese Stromtrasse nicht für die Menschen gebaut werde, sondern nur für Energiekonzerne und Netzbetreiber, von denen einer auch noch aus dem Ausland ist.

Dass Tennet ein niederländischer Staatskonzern ist, hat das Misstrauen bei vielen Trassengegnern noch größer gemacht. Tennet hat das Netz 2010 vom deutschen Energiekonzern Eon übernommen. Der musste es abgeben, weil er aus Sicht der EU-Kommission seine Marktmacht ausgenutzt haben soll. Und wo Heiko Ißleib recht hat: Mit einer Stromtrasse lassen sich sehr gute Renditen erzielen. Bis es so weit ist, müssen aber erst mal Milliarden investiert werden. Tennet verhandelt schon mit der Bundesregierung und könnte das Netz wieder an Deutschland verkaufen, die Gespräche laufen seit Monaten. „Es geht ihnen das Geld aus“, sagt Heiko Ißleib und grinst.

Allein ist er hier nicht mit seinem Protest. Ganze Städte und Gemeinden haben sich in Thüringen mit

106 TIERARTEN
HABEN DIE
NETZBETREIBER
ÜBERPRÜFT

den Bürgerinitiativen zusammengeschlossen. Auch die Landesregierung kämpfte lange mit. Neben Südlink soll ja auch der Südostlink durch Thüringen laufen. 2027 soll er fertig werden und ebenfalls in Bayern enden. „Wir sind nicht das Stromklo Deutschlands“, hat Thüringens linker Ministerpräsident Bodo Ramelow mal gesagt, das war 2020, drei Jahrzehnte nach der Wende. Es hat auch mit der deutschen Geschichte zu tun, dass es so schwierig ist, ein paar Stromkabel durch Deutschland zu verlegen.

Thüringens Regierung verklagte damals sogar den Bund, ohne Erfolg, kündigte aber an, wieder zu klagen, sobald die Baugenehmigung für Südlink da ist. Doch Ramelows Regierung hat sich mittlerweile umentschieden. „Das Land Thüringen wird an einer Klage nicht festhalten“, sagt eine Sprecherin der Staatskanzlei. Grund sei unter anderem die „veränderte geopolitische Lage“.

Was nicht heißt, dass der Groll verschwunden wäre. Der Groll auf den Süden. Ramelow hat gerade nochmal nachgelegt, was vor allem mit Markus Söder zu tun hat, der die Kernenergie jetzt doch wieder nutzen will, und sei es für den Wahlkampf. „Ach, noch was zur Deutschen Solidarität“, twitterte Ramelow: „Welches Bundesland hatte niemals ein AKW, keinerlei Kohlekraftwerke, keinerlei Großkraftwerke, bekommt aber alle MegaStromleitungen um Bayern abzusichern (...)?“ Ja, richtig. Und Bayern? Das Land, das die Leitungen braucht? Dorthin geht es jetzt. Ans Ziel dieser Reise.

Es regnet nicht mehr am Samstagmittag in Bergheinfeld. Es hagelt. Und doch muss man jetzt mal raus aus dem Auto. Erstens, um sich die gelben Warnschilder anzuschauen, die hier mit Kraft in die Äcker gerammt wurden: Zutritt für Netzbetreiber verboten. Zweitens, um den Mann zu treffen, der hier lange mitgekämpft hat gegen Südlink.

Der Bürgermeister kommt im Elektro-Renault zum Umspannwerk gefahren. Dorthin, wo die Kabel einmal ankommen sollen. Tennen gehört zu den größten Gewerbesteuerzahlern in Bergheinfeld. Trotzdem ist der Widerstand gegen Südlink hier so groß wie fast nirgendwo sonst in Deutschland. Immer schon. Warum, will Ulrich Werner beim Griechen im Vereinsheim erzählen und nicht hier draußen, wo ihm die Hagelkörner um die Ohren fliegen.

Um ihn herum sitzen Familien und essen Fleischplatten mit Reis und Pommes. Dazwischen sitzt Ulrich Werner und bestellt einen Cappuccino. Der Bürgermeister hat Karteikarten mitgebracht, Bergheinfeld in Zahlen. 5300 Einwohner, 180 Strommasten, zwei

„WIR SIND NICHT
DAS STROMKLO
DES LANDES“, SAGTE
BODO RAMELOW

JEDE KLAGE
UND JEDE
VERZÖGERUNG
KOSTET GELD

Autobahnen, ein stillgelegtes Kernkraftwerk. Ulrich Werner, 59, CSU-Bürgermeister und von Anfang an Mitglied der Bürgerinitiative gegen Südlink sagt: „Wir kriegen immer alles ab.“

Das Kernkraftwerk hat streng genommen der Nachbarort Grafenrheinfeld abbekommen. Leben mussten allerdings auch die Bergrheinfelder damit. Seit 2015 ist es vom Netz. Die vielen Stromleitungen, die dazugehören, sind aber noch da. Das ist auch der Grund, warum Südlink bei ihnen ankommen wird. Von hier kann der Strom gut weitertransportiert werden. So einfach ist das. Und so kompliziert.

Es waren auch Bergrheinfelder, die mit ihrer Wut das Erdkabel herbeiprotestierten. Dass danach trotzdem keine Ruhe einkehrte in diesem Vorort von Schweinfurt, hat vor allem mit einem grünen Gebäude zu tun, das Tennet ein paar Hundert Meter vor dem Umspannwerk hinstellen will. Der Südlink-Konverter. Der nächste Brocken Infrastruktur. Eine grüne Halle, in der der Strom aus der Trasse in Wechselstrom umgewandelt werden soll. Dass Tennet die Menschen in Bergrheinfeld erst spät darüber informiert hat, trug, vorsichtig gesagt, nicht zur Beruhigung der Situation bei.

Russlands Krieg und Deutschlands Energiekrise haben aber auch hier etwas verändert. Ulrich Werner sagt, er werde kaum noch angesprochen auf den Südlink. Stattdessen wollen sie in Bergrheinfeld jetzt vier Windräder bauen. Und ja, es gebe auch hier im Norden von Bayern große Industriebetriebe, sagt er. Unternehmen, die viel Strom verbrauchen, aber auch viele Menschen beschäftigen, die ihre Jobs ganz gerne behalten würden. „Jeder weiß, wo wir hier leben, was für einen Energieverbrauch wir hier haben“, sagt der Bürgermeister. Er hat seine Karteikarten auf den Tisch gelegt. Auf einer steht: „Der Südlink wird kommen.“

Ein Satz, den die anderen aus der Bürgerinitiative so allerdings nicht unterschreiben wollen. Anfang April hat das Bündnis eine Klage beim Bundesverwaltungsgericht eingereicht. Es geht um die Teilgenehmigung für den Konverter. Um Wasserrecht, um Landschafts- und Artenschutz, um den Feldhamster. Aber natürlich geht es vor allem darum, den Südlink auszubremsen. Deshalb soll diese Reise nicht beim Griechen enden, sondern in einem deutschen Wintergarten.

Richard Bethmann hat drüben im AKW gearbeitet, 25 Jahre lang. Er hatte die Lizenz, den Reaktor zu steuern, sagt er. Und wenn er nicht im Kernkraftwerk war, konnte er von zu Hause zusehen, wie das Kernkraftwerk die Menschen mit Energie versorgt. Die

Wolke aus dem Kühlturm sieht er jetzt nicht mehr. Das AKW ist aus und er schon lange in Rente. Aber mit der deutschen Energieversorgung beschäftigt er sich immer noch. „Sie brauchen mir nicht irgendwas erzählen“, sagt er. Ein Satz, der den weiteren Verlauf des Gesprächs ganz gut zusammenfasst.

Das meiste hat man auf dieser Reise schon gehört, nur der Ton wird noch mal rauer im Wintergarten von Richard Bethmann. Der Staat? „Versucht, seine Bürger zu verarschen.“ Tendet? „Der totale Lobbyverein.“ Die Trasse? Viel zu teuer. Was er nicht sagt: Dass SüdlinK auch wegen Leuten wie ihm so teuer geworden ist. So teuer wird. Dass jede Klage und jede Verzögerung Geld kostet. Muss es nicht irgendwann einen Kompromiss geben?

Schon, sagt Richard Bethmann. „Aber man sollte so Kompromisse machen, dass es wirtschaftlich ist.“

Was ist wirtschaftlich? Was ist sinnvoll? Was ist die beste Lösung für die deutsche Energieversorgung? Es gibt darauf keine Antwort, die allen gefällt. Es werden also Enttäuschte zurückbleiben, Wütende. Menschen wie Richard Bethmann.

Er sitzt in seinem Wintergarten, zwischen Kakteen und Gartengerümpel. Was er will, sagt Richard Bethmann, ist eine gute Zukunft. Für seine Kinder und Enkelkinder. Für ihn heißt das auch: eine Zukunft ohne diese Stromtrasse.

Jan Schmidbauer hat ein Studium der Wirtschaftswissenschaften mit Schwerpunkt Energiewirtschaft absolviert und ist Redakteur der Seite Drei, wo sich die SZ in jeder Ausgabe der Reportage widmet – und Menschen und ihre Geschichten in den Vordergrund stellt.

„Wir müssen den Stromverbrauch intelligent steuern“

SYSTEM

Bald sollen Millionen Wärmepumpen Deutschland heizen,
doch wie viel Strom hält das Netz aus?

Ein Gespräch mit dem Energieökonomem Lion Hirth



INTERVIEW
BASTIAN BRINKMANN

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Hinter Lion Hirth stehen Kakteen auf einem Holzregal. Die haben die Corona-Monate in seinem Büro auch ohne ihn gut überstanden. Hirth, 38, lehrt und forscht an der Hertie School in Berlin. An der Hochschule werden junge Menschen so ausgebildet, dass sie gut Jobs in Ministerien bekommen. Hirth selbst ist auch öfter auf der anderen Spree-Seite im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, sein Rat wird hier geschätzt. Hirth gilt als einer der besten Kenner des

Strommarkts. Nur wenn der funktioniert, kann Deutschland 2045 klimaneutral werden. Daher soll Hirth jetzt mal erklären, was passiert, wenn von Autos bis Wärmepumpen alles elektrifiziert wird.

SZ: Sie schätzen, dass Deutschland 2045 ungefähr doppelt so viel Strom brauchen könnte. Hält das Stromnetz so viel mehr Saft überhaupt aus?

Lion Hirth: Manche fürchten, dass das Energiesystem durch erneuerbare Energie unzuverlässig wird, dass

es Spannungsabfälle und Blackouts gibt. Das Gegenteil ist der Fall. Aber dafür braucht es mehr Netze.

Klingt nach hohen Investitionen. Andererseits scheint die Sonne kostenlos zu sein, und der Wind weht, ohne Gebühren zu verlangen. Wird der Strom der Zukunft viel teurer oder total billig?

Die verrückte Antwort lautet: Sowohl als auch – und zwar je nach Uhrzeit. Denn es ist wünschenswert und wahrscheinlich, dass der Strompreis künftig variabel ist. Ob der Wind weht und die Sonne scheint, sollte sich in den Preisen niederschlagen. Wer in einer windigen Stunde Strom verbraucht, zahlt wenig. An einem kalten Winterabend, wenn auch noch viele ihr E-Auto laden, ist der Preis viel höher. Strom wird künftig also günstiger und teurer.

Puh, wenn man als Kunde jede Stunde auf die Preise schauen muss, wird's kompliziert.

Das braucht es hoffentlich nicht. Wir müssen den Stromverbrauch stattdessen intelligent steuern. Das E-Auto entscheidet automatisch, wann genau es lädt. Hauptsache, es ist morgen früh um acht Uhr voll, damit ich zur Arbeit fahren kann. Auch für die Netzstabilität ist das gut: Ein E-Auto kann sich entladen, wenn in meiner Ortschaft Strom sehr knapp ist. Dafür würde man Geld bekommen.

Aber was ist, wenn ich spontan um vier Uhr zu einer Spritztour aufbrechen will – oder wenn ich keine Lust habe, dass mein E-Auto als stabilisierender Akku für das Stromnetz benutzt wird?

Es wird eine Gruppe von Leuten geben, die das nicht wollen. Die möchten ihr Auto so schnell wie möglich laden. Sollen die ruhig machen! Ist halt nur teuer, wie First Class im Flugzeug. Wer First Class laden will, kann abends den teuersten Strom in sein Auto pumpen. Aber den meisten Menschen ist es das vermutlich nicht wert. Die wollen sich auch keine Apps herunterladen, um das kleinteilig zu steuern. Die wollen ihr Auto anstöpseln – und gut ist. Dafür brauchen wir die richtige Technik im Auto und die den richtigen Markt für Strom im Hintergrund.

Wenn ich dringend frische Unterhosen brauche, kann ich mit Wäschewaschen nicht warten, bis der Strom günstig ist. Oder dass es gar heißt: Waschmaschinen dürfen jetzt wegen Flaute nicht angestellt werden.

Waschverbote zu bestimmen Uhrzeiten sind Schwachsinn. Die Debatte um Waschmaschinen lenkt sowieso von den eigentlichen Herausforderungen ab.

Wieso?

Wir müssen uns um die großen Dinge kümmern. Es wird viel darüber geredet, dass Waschmaschine und

Spülmaschine nachts laufen sollen. Aber das ist Kleckerkram, den können wir eigentlich vergessen. Die großen Brummer sind Elektroautos und Wärmepumpen. Der Großteil des Stromverbrauchs in Privathaushalten wird dafür draufgehen.

Was geht in der Debatte um den Strom der Zukunft noch unter?

Viele Leute unterschätzen immer noch die Bedeutung der Windenergie. Windkraft wird den ganz überwiegenden Teil des deutschen Stromverbrauchs decken. Wenn es uns nicht gelingt, das auszubauen, können wir das CO₂-freie Energiesystem vergessen.

Windräder gelten als hässlich, laut, unzuverlässig. Warum ist Windkraft so unbeliebt?

In Schleswig-Holstein ist die gar nicht so unbeliebt, da gibt es viel Sympathie dafür. Paradoxerweise ist die Aversion in Landstrichen mit wenig Windrädern besonders ausgeprägt.

Können Sie mal ganz einfach erklären, wie ein Elektron aus dem Windrad in meinen Föhn kommt?

Nein, das geht nicht – und das ist das Verrückte und das Wunderbare am Stromnetz. Auf dem europäischen Kontinent, von Lissabon bis hinter Warschau, von Kopenhagen bis nach Istanbul, hängen wir alle am gleichen Netz. Alle Firmen, alle Kraftwerke, alle Solarzellen, alle Windräder sind verbunden. Das europäische Stromnetz ist eine der größten menschengemachten Maschinen der Welt. In diesem Netz, vereinfacht gesagt, vermischt sich der Strom aus allen Quellen. Es ist also unmöglich, den Weg eines Elektrons zu verfolgen. Milliarden Stellen erzeugen und verbrauchen im Gleichklang Strom, und nichts geht kaputt. Das ist eine faszinierende, riesige Zivilisationsleistung.

Klingt irgendwie auch beängstigend: Keiner hat den Überblick über unser Stromnetz?

Die Übertragungsnetzbetreiber stabilisieren das System, wenn notwendig. Aber im Wesentlichen reichen Physik und Marktwirtschaft, also das Spiel von Angebot und Nachfrage. Es braucht keine zentrale Stelle, die entscheidet, ob in Istanbul ein Föhn eingesteckt werden darf. Das Stromnetz ist ein techno-anarcho-libertäres, kapitalistisches System.

Libertärer Kapitalismus heißt: Marktwirtschaft ohne Regeln?

Nein. Wer das System stresst, muss dafür zahlen. Anders als Privatkunden kaufen große Fabriken Strom vorher ein. Sich zu wenig davon zu beschaffen, muss finanziell so unattraktiv sein, sodass man das nur selten und im Notfall macht. Es darf nicht so sein, dass alle draufzahlen, wenn Einzelne sich verzockt haben.

Wenn das ausgeschlossen ist, stabilisiert das System sich selbst. Übrigens ist es für die Netzstabilität enorm wichtig, dass das europäische Stromsystem so gigantisch groß ist. Braucht eine Fabrik plötzlich viel mehr Strom oder fällt ein Kraftwerk mal aus, ist das deutlich einfacher zu verdauen, als wenn es eigene Stromsysteme in Bayern und Berlin gäbe.

Die romantische Vorstellung, dass ein Dorf sich autark mit Energie versorgt, ist schlecht für die Netzstabilität?

Die Idee ist romantisch – aber ökonomisch gesehen absurd. Sie macht das System instabiler. Technisch ist es schon möglich, zu Hause eine eigene Stromversorgung aufzubauen, mit Solarzellen, Windrädern, Batterien. Aber das wird so was von teuer. Als würde jeder sein eigenes Essen anbauen: mühsam und sehr kartoffellastig.

2022 war das verrückteste Energiejahr seit Langem. Was können wir daraus lernen?

Die wichtigste Lehre aus der Stromkrise im vergangenen Jahr ist: Für die Wirtschaft und die Menschen ist es nicht verkraftbar, wenn mal eben die Stromrechnung auf das Mehrfache steigt. Kraftwerke und Kunden haben Angst vor Preisschwankungen, daher sind beide Seiten an langfristigen Verträgen interessiert.

Verstehen Sie die Ängste von Menschen, die fürchten, dass sie mit Wind und Solar nicht mehr so sorgenfrei leben können wie bisher?

Es steht mir gar nicht zu, Ängste abzusprechen. Ich kann als Energieökonom sagen, dass wir in der Lage sind, eine sichere und bezahlbare Stromversorgung basierend auf Wind und Solarenergie aufzubauen. Da habe ich überhaupt keinen Zweifel dran. Die Sorge, dass die Energiewende uns in die Steinzeit zurückkatapultiert, teile ich nicht. Dass mein Elektroauto intelligent lädt, wenn besonders viel Wind weht, ist ja eine Hightech-Lösung und nicht gerade Steinzeit.

Was macht Ihnen in der Energiewende am meisten Sorge?

Die gesellschaftliche Polarisierung bei dem Thema, vor allem beim Verkehr und beim Heizen. Ich sehe eine Verhärtung auf beiden Seiten der Diskussion. Einerseits ist die Ambitionslosigkeit in der Politik für den Verkehrssektor frappierend. Wasserstoff im Gaskessel ist in der Breite völlig unrealistisch. Andererseits sind die Erwartungen der Klimaschutzaktivisten nicht erfüllbar. In Berlin wurde per Volksabstimmung suggeriert, wir könnten hier schon 2030 keine Treibhausgase mehr emittieren – sorry, das geht nicht, das ist einfach unmöglich. Trotzdem dürfen wir uns wiederum nicht an den größten Beharrungskräften ori-

entieren, wenn wir vorankommen wollen. In der Klimapolitik herrscht manchmal der Anspruch, dass auch nicht nur ein Mensch sich einschränken muss: Es dürfe in der Energiewende keinen einzigen Verlierer geben. Das ist offen gesagt unrealistisch, da braucht es Ehrlichkeit.

Wer wird zu den Verlierern gehören?

Leute, die dreimal im Jahr nach Südostasien fliegen wollen. Langstreckenflüge kann man kaum elektrifizieren, die werden daher deutlich teurer werden. Ich kann mir schwer vorstellen, dass meine Kinder, wenn sie erwachsen werden, dreimal im Jahr Urlaub auf anderen Kontinenten machen.

Was ist das Schönste, was man ohne Strom machen kann?

Wandern gehen.

Intelligentes Steuern ist der Schlüsselbegriff für das Unternehmen Sonnen, das Haushalte mit nachhaltigen Energielösungen ausstattet. Ausführliches über Sonnen erfahren Sie im Schwerpunkt dieser Ausgabe auf Seite 111.

Wo Deutschlands grüner Strom entsteht

ENERGIE

Bis 2045 soll Deutschland klimaneutral sein.

Dabei steht Elektrizität im Zentrum. Doch wo kommt sie her?

Der Atlas des grünen Stroms der SZ und Prognos zeigt,
welche Regionen Vorreiter sind – und welche noch aufholen müssen



VON
MARKUS HAMETNER, OLIVER SCHNUCK,
MARIE-LOUISE TIMCKE UND KATHRIN WERNER

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Windparks vor der Küste, Solarzellen auf dem Dach, Wasserkraftwerke an der Donau und Biomasse-Anlagen für die Stadt – Deutschland hat den Weg zur Energiewende eingeschlagen. Und dabei spielt Strom eine überragende Rolle, weil künftig Millionen E-Autos mit ihm fahren und Wärmepumpen mit ihm heizen sollen, es soll schließlich auch eine Wärmewende und eine Verkehrswende geben. Umso bedeu-

tender, dass dieser Strom grün ist. Sonst kommt Deutschland den Klimaschutzzielen kein Stück näher.

Die gute Nachricht lautet: Ein großer Teil des deutschen Strombedarfs wird schon heute von grünen Energieträgern gedeckt. 2022 lag ihr Anteil am Stromverbrauch bei 46 Prozent. In diesen Tagen, wenn die Sonne scheint und der Wind weht, geht der Anteil auch mal deutlich über 60 Prozent. Bis 2030 sollen es dauerhaft mindestens 80 Prozent werden.

”
 DAMIT
 DIE ENERGIEWENDE
 GELINGEN KANN,
 MÜSSEN
 ALLE MITMACHEN
 “

Damit das gelingt, müssen noch viele Windräder, viele Solaranlagen, viele Biomasse- oder Wasserkraftwerke gebaut werden – überall in Deutschland.

Bislang geschieht das sehr unterschiedlich intensiv. Auch wenn ganze Bundesländer wie etwa Bayern den Windkraft-Ausbau aus Sorge vor „Verspargelung“ der Landschaft verzögert haben, gibt es sogar dort einzelne Landkreise, die einen anderen Weg gegangen sind, etwa der Landkreis Hof in Oberfranken. Und im Osten der Republik finden sich ganz nah beieinander Landkreise, die sehr stark und eher wenig auf Photovoltaik setzen. Das Basler Wirtschaftsforschungsinstitut Prognos hat den Ausbau erneuerbaren Energien in den deutschen Landkreisen gemeinsam mit der Süddeutschen Zeitung detailliert ausgewertet und in einem Atlas zusammengetragen: dem Atlas des grünen Stroms. Dort kann nun jeder nachschauen, wie es um den Ausbau der erneuerbaren Energien im eigenen Landkreis steht. Wo geht es gar nicht voran? Und wer steht überraschend gut da?

Monika Schnitzer, die Vorsitzende der Wirtschaftsweisen, sieht Anlass für Optimismus: „Der Fortschritt hat beschleunigt“, sagt sie. „Wenn die Ausbauziele erreicht werden, werden wir genügend grünen Strom haben.“ Ein wichtiges Wort in diesem Satz

lautet aber natürlich: wenn. „Damit die Energiewende gelingen kann, müssen alle mitmachen“, findet Jens Hobohm, Leiter Energiewirtschaft bei Prognos. „Deswegen ist es wichtig zu schauen, wie die Regionen beim Ausbau der erneuerbaren Energien vorankommen.“

Windkraft

Die Windkraft ist der aktuell wichtigste Energieträger für die Energiewende in Deutschland. Etwa ein Viertel der Stromproduktion erfolgte im vergangenen Jahr in Windparks vor den Küsten und an Land der Bundesrepublik. Es gibt ein deutliches Nord-Süd-Gefälle. Mit einer installierten Leistung von 1,4 Megawatt pro Quadratkilometer verfügt Dithmarschen in Schleswig-Holstein umgerechnet auf die Fläche über die meiste Stromleistung aller Landkreise aus Windkraft an Land. In einem Fünftel der Kreise steht allerdings kein einziges Windrad – vor allem in Süddeutschland.

„Natürlich weht in manchen Gegenden einfach mehr Wind als in anderen“, sagt Simon Müller, Deutschlandchef des Thinktanks Agora Energiewende. „Aber inzwischen ist die Technik vor allem bei den Rotorblättern so weit fortgeschritten, dass Windanlagen auch in Gegenden mit weniger Wind sehr wirtschaftlich sind.“

In den ersten fünf Monaten des Jahres wurden mehr als 1,1 Gigawatt zugebaut. Bis Ende 2024 müssen allerdings noch rund 10 Gigawatt errichtet werden, um die im Erneuerbare-Energien-Gesetz gesteckten Ziele einzuhalten. Bis 2032 sollen zwei Prozent der Landfläche Deutschlands für die Windkraft ausgewiesen werden, daraus lassen sich Ausbauziele für einzelne Landkreise ableiten. Prognos hat dazu die potenziell geeigneten Flächen ermittelt und die resultierenden Zielwerte mit der tatsächlicher Windleistung verglichen. In den meisten Landkreisen werden die abgeleiteten Ausbauziele deutlich unterschritten – besonders in Bayern und Baden-Württemberg.

Solarenergie

Im vergangenen Jahr lieferte die Sonne fast ein Viertel von Deutschlands grünem Strom. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz sieht vor, dass bis 2030 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 215 Gigawatt gebaut werden sollen. Aktuell verfügt Deutschland über rund 72 Gigawatt installierter Solarleistung, der Ausbau hat in den vergangenen Jahren aber deutlich an Fahrt aufgenommen. Mit knapp

fünf Gigawatt wurde in den ersten fünf Monaten bereits mehr als die Hälfte der neun Gigawatt zugebaut, die das Bundeswirtschaftsministerium für 2023 anstrebt.

In allen Landkreisen Deutschlands ist der Ausbau der Photovoltaik zumindest angelaufen. Wie sich der Ausbau bis 2040 auf die Bundesländer verteilen soll, dafür gibt es keine verbindlichen Ziele. In der Photovoltaik-Strategie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz heißt es, der Ausbau solle sich zu gleichen Teilen auf Dach- und Freiflächenanlagen verteilen.

Prognos hat einen Versuch unternommen, die Bundesziele auf die Landkreise herunterzuberechnen und mit den verfügbaren Dach- und Freiflächenflächen in Verbindung zu setzen. So kann man sehen, welche Regionen ihre Potenziale schon gut nutzen und wo noch viel mehr ginge. Demnach müssen fast alle Landkreise deutlich zuzubauen, damit das nationale Regierungsziel erreicht werden kann. Lediglich die Kreise Straubing-Bogen in Bayern und Märkisch-Oderland in Brandenburg stehen kurz davor, das Ausbauziel für 2040 zu erreichen.

Viele Pläne zur Energiewende, die in Berlin entworfen werden, hängen davon ab, dass sich vor Ort Menschen finden, die sie umsetzen. „Manchmal sind es einzelne Mitarbeiter in Behörden, die einen großen Einfluss auf die Planung haben“, sagt Müller von Agora Energiewende. Wenn ein Erneuerbaren-Gegner an einer Schaltstelle sitzt, könne er Projekte blockieren, die im Nachbar-Landkreis durchgewunken werden.

Biomasse und Wasserkraft

Im Vergleich zur Stromerzeugung aus Windkraft und Solarenergie spielt Strom aus Biomasse eine kleinere Rolle, und doch wurde im vergangenen Jahr rund ein Fünftel des grünen Stroms aus Biomasse erzeugt. Sie ist – je nach Energieträger – umstritten, unter anderem weil auf landwirtschaftlichen Flächen Energiepflanzen statt Nahrungsmitteln angebaut werden. Im Gegensatz zu Wind und Photovoltaik ist sie aber wetterunabhängig und kann das ganze Jahr über zur Stromerzeugung beitragen. Die leistungsstärksten Kreise nach Ausbau sind neben den landwirtschaftlich geprägten Flächenlandkreisen auch Städte wie Düsseldorf oder Bielefeld. Sie können die Abfälle der vielen Stadtbewohner verwerten, aber auch von der umliegenden Landwirtschaft versorgt werden.

Noch ortsabhängiger als Biomasse ist die Wasserkraft, die einen Anteil von drei bis vier Prozent der

jährlichen Bruttostromerzeugung in Deutschland deckt. Eine Anlage lohnt sich besonders, wo es einen großen Fluss mit entsprechenden Höhenunterschieden gibt. Das ist beispielsweise im Voralpenraum der Fall: Mehr als die Hälfte des aus Wasserkraft erzeugten Stroms kommt aus Bayern. Das Ausbaupotenzial der Wasserkraft ist in Deutschland gering, auch wegen der Regeln zum Gewässerschutz. Zudem laufen in den kommenden Jahren zahlreiche Genehmigungen aus, und bestehende Anlagen müssen saniert oder nachgerüstet werden.

Netze und Nachfrage

Trotz der großen Unterschiede zwischen den Landkreisen ist klar: Die einzelnen Regionen müssen ihren Bedarf nicht autark aus eigener Stromerzeugung abdecken. Soweit möglich wird der erzeugte Strom in ein überregionales Netz eingespeist, sodass starke Landkreise die erzeugerschwächeren ausgleichen können. Doch dieser Ausgleich hat Grenzen – und der Netzausbau stockt. In vielen Kommunen und Landkreisen gibt es zudem Widerstand von Anwohnern oder Naturschützern, wenn neue Wind- oder Solarparks geplant werden. Müller von Agora Energiewende sagt: Wenn die Anlagen erst mal stehen, seien die Menschen meist zufrieden. „Umfragen zeigen, dass die Zustimmung zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung insgesamt hoch ist, aber sogar noch höher, wenn man Anlagen in der Nähe hat.“

Die wichtigsten Hebel für die Energiewende, findet Wirtschaftsweise Schnitzer, sind der Netzausbau, die Beschleunigung der Genehmigungsverfahren und Bemühungen um Energieeffizienz und Flexibilisierung der Nachfrage nach Strom. „Solange wir den Strom nicht im großen Umfang speichern können, wird die Maximierung des Volumens vom grünen Strom nicht die einzige Strategie sein können.“

Die SZ berichtet regelmäßig über aktuelle Entwicklungen in Sachen Solarstrom und Energiewende. Nachrichten, Analysen und Reportagen zu diesem Thema finden Sie auf » www.sz.de/thema/Erneuerbare_Energien

SO HEIZT DEUTSCHLAND

WÄRMEWENDE

Kann die Wärmewende klappen? Ein Blick in die Zahlen zeigt, in welchen Regionen besonders alte Heizungen verbaut sind und warum die Menschen im Osten einen Standortvorteil haben



VON
MARKUS HAMETNER, NAKISSA SALAVATI UND
OLIVER SCHNUCK

LESEDAUER: 9 MINUTEN

Deutschland soll die Wärmewende schaffen, das ist das Ziel der Bundesregierung, auch wenn sie sich über den Weg dahin noch sehr uneinig ist. Wärmewende bedeutet: Das Land stellt sich um, Heizen soll bis spätestens 2045 klimaneutral sein. Schrittweise soll Wärme zum Großteil oder sogar komplett aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Die Bundesregierung kämpft um Einigkeit, Oppositionsparteien wie die

AfD gewinnen Zuspruch, und am Stammtisch fragen sich die Menschen: Kann das klappen?

Denn noch sind viele Punkte für ein reformiertes Heizungsgesetz ungeklärt. Nach dem bisherigen Plan soll jede neu eingebaute Heizungsanlage von 2024 an zu 65 Prozent mit erneuerbaren Energien betrieben werden – Ausnahme- und Übergangsregeln inklusive. Von den Neuerungen wären grundsätzlich Eigentümer betroffen, die neu bauen, die ihr bestehendes

Heizsystem umbauen oder austauschen wollen, deren Heizung kaputtgeht oder deren Öl- oder Gasheizung besonders alt und ineffektiv ist. Noch gibt es keine landesweite zentrale Erfassung, die zeigt, wo besonders viele alte Heizungen verbaut sind und wo bereits Anlagen ausgetauscht werden. Daten allerdings sind vorhanden – aus groß angelegten Umfragen etwa und auch aus Meldedaten der Schornsteinfeger. Wer das Puzzle zusammensetzt, erhält einen Eindruck, was auf das Land zukommt. Fünf Erkenntnisse.

Der Süden heizt noch mit Öl

Deutschland ist ein fossiles Heizungsland, das hat sich in den vergangenen Jahrzehnten kaum verändert: Etwa 70 Prozent der Haushalte heizen mit Öl oder Gas, 18 Prozent mit Fernwärme, der Rest verteilt sich auf alternative Heizungsarten, Wärmepumpen machen einen minimalen Teil aus, zeigt der Mikrozensus von 2022.

Wie geheizt wird, unterscheidet sich auch regional. Das Marktforschungsunternehmen Infas 360 hat die regionale Verteilung der verschiedenen Heizungstypen auf Basis des Mikrozensus 2018 für jede Postleitzahl hochgerechnet. In Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern etwa nutzen Haushalte noch großflächig Ölheizungen, im Norden dominiert das Erdgas. Warum das so ist, erklärt Thomas Engelke, Energieexperte der Verbraucherzentrale Bundesverband: „Im Norden ist die Erdgas-Infrastruktur traditionell besser ausgebaut als im Süden Deutschlands, weil dort in der Vergangenheit auch viel Erdgas gefördert wurde, zum Beispiel offshore in der Nordsee, in den benachbarten Niederlanden und in Niedersachsen. Im Süden wurden offenbar mehr Ölheizungen eingebaut, für die man keine Leitungen benötigt, weil der Rohstoff mit dem Tankwagen geliefert wird.“

Noch ein weiterer regionaler Unterschied lässt sich erkennen: Besonders in den ostdeutschen Bundesländern ist Fernwärme verbreitet, etwa 30 Prozent der Haushalte im Osten sind an das Wärmenetz angeschlossen, im Westen sind es nur knapp zehn Prozent. Dies könne daran liegen, dass in Ostdeutschland vor der Wende Siedlungen mit vielen Wohnungen gebaut wurden, die an die Fernwärme angeschlossen sind, vermutet Engelke. Diese Gegenden müssen sich nun nicht mehr umstellen: Wärmenetze gelten als klimafreundliche Heizungsart und sollen in Deutschland künftig eine größere Rolle spielen.

Wo die Heizungen besonders alt sind

Ist eine Gas- und Ölheizung 30 Jahre alt und ineffektiv, müssen Eigentümer sie austauschen, so regelt es das Gebäudeenergiegesetz (GEG) bereits. Wenn sich 2024 die Regeln ändern sollten, dürfte man das alte System nicht einfach mit einer rein fossil betriebenen Heizung ersetzen. Um abzuschätzen, was auf Haushalte und Handwerker zukommt, müsste man wissen: Wie viele Heizungen wären betroffen? Entsprechende Daten zum Alter der Heizungen sammelt der Zentralverband der Schornsteinfeger. Sie beziehen sich sowohl auf Wohn- als auch auf Nichtwohngebäude bis inklusive 2022. Nichtwohngebäude machen aber nur einen kleinen Anteil am Bestand aus. Knapp vier Millionen Gasheizungen und etwas weniger als drei Millionen Ölheizungen in Deutschland sind demnach vor der Jahrtausendwende errichtet worden. Während in den vergangenen Jahren wenig neue Ölheizungen in Betrieb genommen worden sind, setzten die Deutschen weiter auf Gas als günstigen und vermeintlich sicheren Energieträger beim Heizen. Die Bundesregierung geht davon aus, dass etwa vier Millionen Gas-

WÄRMENETZE

GELTEN ALS

KLIMAFREUNDLICHE

HEIZUNGSART

und Ölheizungen 2024 dreißig Jahre oder älter sein werden. Diese verteilen sich in etwa gleich auf Gas- und Ölheizungen. Etwa 1,6 Millionen von ihnen müssten der Regierung zufolge wegen Ausnahmen nicht sofort ausgetauscht werden.

Auch hier gibt es innerhalb Deutschlands große Unterschiede: Der Anteil der Ölheizungen, die im kommenden Jahr 30 Jahre oder älter sein werden, ist in den ostdeutschen Bundesländern deutlich höher als im Westen. Etwa jede zweite ostdeutsche Ölheizung wurde also vor 1995 hergestellt. Im Westen gibt es ein deutliches Nord-Süd-Gefälle: Sowohl in Baden-Württemberg (45 Prozent) als auch in Bayern und Hessen sind deutlich mehr als 40 Prozent der Ölheizungen aktuell oder bald 30 Jahre alt. Das ist umso bedenklicher, als ein Großteil der Gebäude in diesen Regionen noch mit Öl beheizt wird – es betrifft also eine hohe Anzahl von Haushalten. Besser sieht es in den übrigen Bundesländern aus, wobei auch hier der Anteil alter Ölheizungen jeweils über einem Drittel liegt. Für Gasheizungen ist eine solche Auswertung nicht möglich, da die Zahlen auf Ebene der Bundesländer nur für weniger als die Hälfte der Anlagen vorliegen.

MITTEL-
BIS LANGFRISTIG
LOHNT SICH
DIE WÄRMEPUMPE

Im Osten benötigen Häuser weniger Heizenergie

Je besser ein Haus gedämmt ist, desto weniger Energie fürs Heizen ist nötig – auch deswegen spielt Sanierung in der Debatte um die Wärmewende eine große Rolle. Denn Wärmepumpen benötigen dann möglichst wenig Strom und heizen effektiv, wenn die Wärme im Haus bleibt. Aber selbstverständlich drehen Menschen auch die fossil betriebene Heizung weniger auf, wenn sie in sanierten Räumen leben. Welchen Effekt das haben kann, zeigt sich im Vergleich zwischen Ost- und Westdeutschland. Der Anteil der Neubauten und der teil- oder vollsanierten Wohngebäude ist in den neuen Bundesländern höher als in den alten, der Anteil der unsanierten Gebäude wiederum ist im Westen deutlich höher, zeigt eine kürzlich veröffentlichte Auswertung der Deutschen Energie-Agentur (Dena) mit Daten aus 2021.

In der Folge benötigen viele Wohngebäude in Ostdeutschland weniger Energie, um beheizt zu werden, als in Westdeutschland. Der Grund dafür liegt vermutlich in den Investitionen nach der Wende: „Der Gebäudebestand war in ostdeutschen Bundesländern vor der Wende in einem eher schlechten energetischen Zustand. Nach der Wende wurde dann aber viel neu gebaut und saniert – und wie man sieht, durchaus erfolgreich, wenn der Energieverbrauch inzwischen unter dem bundesdeutschen Durchschnitt liegt“, sagt Energieexperte Thomas Engelke. Trotz Förderangeboten wird bundesweit nur etwa ein Prozent der Bestandsgebäude jährlich saniert – viel zu wenig, wenn man die Wärmewende schaffen will, sagen etwa Umweltexperten.

Mieter heizen häufiger klimafreundlich als Eigentümer

Wer zur Miete lebt, heizt oft klimafreundlicher als Eigentümer. Das liegt daran, dass gerade in eng besiedelten Gebieten, wo Menschen häufig mieten, die Fernwärmenetze gut ausgebaut sind und ganze Wohnviertel versorgen. Die Wärme entsteht zum Beispiel in einem städtischen Kraftwerk oder in einer Müllverbrennung, wird über ein Netz weitergeleitet und für Warmwasser und Heizung genutzt. Dem Mikrozensus des Statistischen Bundesamts zufolge heizen 18 Prozent der deutschen Haushalte mit Fernwärme. Mieter nutzen in Großstädten und deutschlandweit überdurchschnittlich häufig Fernwärme (30

und 20 Prozent), Eigentümer unterdurchschnittlich (13 und sechs Prozent), zeigt eine Umfrage der Marktforschungsfirma Infas 360. Die Bundesregierung möchte Wärmenetze deutlich ausbauen.

Die häufigste Alternative zur Fernwärme ist in Deutschland immer noch die Gas- und Ölheizung, in diesem Punkt unterscheiden sich Eigentümer- und Miets Haushalte kaum voneinander. Gut erklärbar ist auch, dass Eigentümer bereits jetzt häufiger Wärmepumpen einsetzen: Die Anfangsinvestition für Geräte und Installation ist teuer, mittel- bis langfristig lohnt sich die Wärmepumpe aber, sagen etwa Verbraucherschützer. Für Vermieter ist der Anreiz bisher sehr gering, viel Geld in eine neue Heizanlage in einem Mietshaus zu investieren, die sich erst langfristig lohnt: Den Verbrauch zahlen ohnehin die Mieter. Außerdem ist der Einbau von Wärmepumpen für große Gebäude noch nicht verbreitet. In Wohnungseigentümergeinschaften etwa ist er auch rechtlich und praktisch viel komplizierter als in einem Einfamilienhaus. Vermutlich wird auch deswegen der Anschluss ans Wärmenetz noch häufiger als heute die Alternative sein.

Die Wärmepumpe ist die bevorzugte Option

Heizungsinstallateure und Schornsteinfeger berichten, dass Kunden seit der Energiekrise und den Wärmewende-Plänen verunsichert sind und viele noch eine Gasheizung einbauen lassen, bevor der Einbau von 2024 an nicht mehr den Vorgaben entspricht. In einer Umfrage von Infas allerdings zeigt sich eine andere Tendenz: Mehr als 30 Prozent der Befragten, die einen Austausch der Heizanlage planen, gaben an, eine Wärmepumpe zu präferieren, 18 Prozent fänden Wärme aus Sonnenenergie besser, 17 Prozent eine fossile Heizung. Ob sich die Befragten tatsächlich auch für die jeweilige Heizungsart entscheiden, beantwortet dies freilich nicht.

Der bisherige Entwurf des neuen Heizungsgesetzes setzt sehr stark auf die Wärmepumpe. Fragt sich: Gibt es die Wärmepumpen, die eingebaut werden sollen? Heizungshersteller, Handwerker und die Bundesregierung haben sich darauf geeinigt, dass 500000 Wärmepumpen 2024 vorrätig sein sollen und verbaut werden können. 2022 wurden etwa 240000 Wärmepumpen verkauft. Tatsächlich haben Hersteller ihre Kapazitäten stark ausgeweitet, bauen oder erweitern Fabriken. Wie stark das Wärmepumpen-Geschäft wachsen wird, hat auch der US-Hersteller Carrier Glo-

bal erkannt und das deutsche Traditionsunternehmen Viessmann übernommen. Wärmepumpen dürfen also nicht mehr lange Mangelware bleiben. Fragt sich allerdings, ob es genug Handwerker gibt, um die Wärmewende umzusetzen: Der Handwerksverband für Sanitär, Heizung und Klima hat berechnet, dass es 60000 zusätzliche Installateure bräuchte, um wie nach Wunsch des Bundeswirtschaftsministeriums bis 2030 sechs Millionen Wärmepumpen einbauen zu können. Gelänge das, zeigen Schätzungen des Verbands, gäbe es 2030 wohl noch mindestens doppelt so viele Gas- und Ölheizungen wie Wärmepumpen.

Neben Wärmepumpen gilt die Geothermie als eine weitere Technologie mit großer Perspektive für die Zukunft. Vor allem Städte setzen auf klimaneutrale Wärme aus der Tiefe. Mehr darüber erfahren Sie auf Seite 42.

Strom aus der Luft

WINDKRAFT

Ein Windrad im Garten oder auf dem Dach?
Dafür müssen einige Bedingungen erfüllt sein – und billig sind die Anlagen
auch nicht gerade. Worauf Hausbesitzer achten sollten



VON
RALPH DIERMANN

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Sie gehören zum Western wie die Bohnensuppe aus dem Blechnapf: kleine, klapprige Windräder, die sich quietschend im Präriewind drehen und die Farmer mit Energie versorgen. Wer heute seinen eigenen Strom erzeugen will, schraubt sich in der Regel einfach eine Photovoltaikanlage aufs Dach. Doch es gibt mittlerweile auch eine große Auswahl sogenannter Kleinwindanlagen, mit denen Hausbesitzer nach Wildwest-Manier in ihrem Garten Windenergie er-

zeugen können – vom Bastel-Bausatz mit wenigen Hundert Watt Leistung bis zum wohnblockhohen 20-Kilowatt-Windrad. Rund 20000 Anlagen dieser Art sind hierzulande bereits installiert, schätzt der Bundesverband Kleinwindanlagen (BVKW).

Für die Photovoltaik benötigen Hausbesitzer nicht mehr als ein möglichst schattenfreies Dach. Wie ist das mit der Kleinwindkraft?

Das wichtigste Kriterium sind die Windverhältnisse

auf dem Grundstück: Die Anlagen liefern nur dann nennenswerte Erträge, wenn dort an vielen Tagen des Jahres eine ordentliche Brise weht. In dicht bebauten Gebieten ist das in der Regel nicht gegeben, sagt Stefan Hoffmann von der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen. „Umstehende Häuser und auch Bäume sowie andere Hindernisse bremsen den Wind so stark, dass die Anlagen nur sehr wenig Strom liefern können“, erklärt der Energieexperte. Bei Immobilien am Rand einer Siedlung oder in Alleinlage hängt die Eignung vom Einzelfall ab. Gute Bedingungen bieten oft Grundstücke, die auf einer Kuppe liegen. Gleiches gilt, wenn sich in der Hauptwindrichtung, meist Westen, keine Gebäude oder größeren Bäume befinden. Eine Daumenregel: Das Windrad sollte einen Abstand halten, der dem Zwanzigfachen der Höhe des Hindernisses entspricht. Wenn also in der Windrichtung ein Haus mit zehn Metern Höhe steht, sollte die Anlage mindestens 200 Meter entfernt installiert werden.

Wer sichergehen will, dass sein Standort für die Kleinwindkraft taugt, kann Experten mit einer Windmessung beauftragen, sagt Hoffmann. „Die Kosten von mehreren Hundert Euro lassen sich allerdings über die Erträge der Anlage meist nicht wieder hereinholen.“ Darüber hinaus muss das Grundstück natürlich genug Platz bieten, um dort ein Windrad aufstellen zu können. Abhängig von der jeweils gültigen Landesbauordnung, dem Gebietstypus des Standorts und der Höhe der Anlagen ist ein Abstand zum Nachbargrundstück von einigen wenigen bis ein Dutzend und mehr Metern vorgeschrieben.

Kann man die Anlage nicht einfach auf dem Dach montieren, wo die Windbedingungen womöglich besser sind?

Davon rät Hoffmann ab. „Wenn der Wind auf ein Haus trifft, kommt es dort zu Verwirbelungen. Das mindert den Ertrag der Anlage“, sagt der Verbraucherschützer. Zudem entstünden beim Betrieb Vibrationen, die sich auf die Gebäudestruktur übertragen. „Das könnte auf lange Sicht die Bausubstanz beschädigen.“ Dazu komme, dass Anlagen auf Dächern in der Regel sogenannten Körperschall erzeugen, der sich im Haus als unangenehmes Brummen bemerkbar macht.

Braucht man für die Kleinwindkraft eine Genehmigung?

In den meisten Bundesländern, etwa in Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen, sind die Mini-Windräder genehmigungsfrei, sofern sie gemessen bis zur Rotorspitze nicht höher als zehn Meter sind. Ebenso wenig sind die Betreiber verpflich-

tet, vor der Installation die Zustimmung der Anwohner einzuholen. Hoffmann empfiehlt aber, das im Sinne des nachbarschaftlichen Friedens dennoch zu tun. Das ist auch deshalb ratsam, weil Nachbarn die Möglichkeit haben, den Betrieb nachträglich untersagen oder einschränken zu lassen, falls die Schallgrenzwerte der „TALärm“-Vorschrift überschritten werden. Dabei zählt nicht, welche Geräusche das Windrad macht, sondern es kommt auf die Emissionswerte an, also darauf, mit wie viel Dezibel der Schall bei den Nachbarn ankommt.

Wie viel Strom liefern Kleinwindanlagen?

„Entscheidend ist hier weniger die Nennleistung der Anlage als vielmehr der Durchmesser des Rotors, also die Länge der Flügel“, sagt Hoffmann. Denn je größer die Fläche ist, die der Rotor durchstreift, desto mehr Wind kann die Anlage ernten – und desto üppiger ist der Stromertrag. In einer Musterrechnung für eine kleine Anlage an einem guten Standort im Binnenland kommt die Verbraucherzentrale NRW bei einem Rotordurchmesser von einem Meter auf einen jährlichen Ertrag von gerade einmal rund 100 Kilowattstunden. Bei einem Durchmesser von fast vier Metern sowie entsprechend höherer Leistung des Generators lässt sich dort dagegen eine mindestens zehn Mal so große Ausbeute erzielen.

GUTE

VORAUSSETZUNGEN

BIETEN OFT

GRUNDSTÜCKE, DIE

AUF EINER KUPPE

LIEGEN

Was passiert mit dem Windstrom, den Haushalte nicht selbst verbrauchen können?

Speisen sie Strom ins Netz, erhalten die Betreiber dafür derzeit lediglich rund acht Cent pro Kilowattstunde. Daher sollten die Haushalte unbedingt darauf achten, den erzeugten Strom möglichst vollständig selbst zu verbrauchen. Denn jede selbst genutzte Kilowattstunde Windstrom hat einen Wert von etwa 40 Cent – so viel, wie sie für Strom bei ihrem Versorger bezahlen müssen.

Was kosten die Anlagen?

„Käufer müssen inklusive Mast und Montage im Durchschnitt mit 6000 Euro pro Kilowatt Leistung rechnen, bei kleineren Anlagen etwas mehr“, erklärt Patrick Jüttemann, der das unabhängige Portal kleinwindkraftanlagen.com betreibt. Von günstigeren Angeboten sollten Haushalte lieber die Finger lassen, rät er. „Der Wind übt bei hohen Geschwindigkeiten eine enorme Kraft aus. Mit Billigware wird man da nicht lange Freude haben.“ Doch auch bei teuren Modellen empfiehlt es sich, darauf zu achten, dass sie von einer neutralen Instanz auf Herz und Nieren geprüft worden sind. Das tun unabhängige Labore: Sie haben Testfelder eingerichtet, in denen sie unter anderem messen, wie sich Anlagen mit Blick auf die Dauerbelastbarkeit und ihre Widerstandsfähigkeit bei Starkwind schlagen. Einige der in Deutschland angebotenen Kleinwindanlagen sind zudem nach der internationalen Norm IEC-61400-2 zertifiziert. Auch das ist ein Hinweis auf gute Qualität. Allerdings verzichten die meisten Hersteller auf diese Zertifizierung, da der Prozess viel Geld kostet. Darüber hinaus sollten sich Interessenten erkundigen, welche Erfahrungen andere Käufer mit der Anlage gemacht haben, sagt Jüttemann. „Der Hersteller kann oder will keine Betreiber nennen, bei denen man sich mal eine Anlage anschauen könnte? Das sollte skeptisch machen“, erklärt er. Das gelte vor allem, wenn der Anbieter keine anderen Referenzen vorweisen kann, etwa Prüfprotokolle von unabhängigen Testern.

Bleibt die Frage: Lohnen sich Mini-Windräder überhaupt?

Jüttemann redet nicht um den heißen Brei herum: „Rein wirtschaftlich gesehen ist die Installation einer Kleinwindanlage in Deutschland für Haushalte in der Regel nicht sinnvoll.“ Kaum eine private Anlage kann die Anschaffungskosten in ihrer Lebenszeit durch die Ersparnisse bei der Stromrechnung wieder hereinholen. „Wer vor allem Stromkosten sparen will, sollte davon Abstand nehmen und stattdessen in eine Photovoltaikanlage investieren“, empfiehlt Experte

Patrick Jüttemann. Solarsysteme sind, bezogen auf die Leistung, schon für ein Viertel der Kosten von Kleinwindanlagen zu haben. Der Experte weist allerdings darauf hin, dass es noch andere, nicht-monetäre Motive gibt, sich ein kleines Windrad in den Garten zu stellen: den Klimaschutz etwa, den Spaß an der Technik oder auch den Wunsch, sich damit etwas unabhängiger von der Energiewirtschaft zu machen. Besonderen Charme hat dabei die Kopplung mit der Photovoltaik. Die beiden Technologien ergänzen sich gut: Solaranlagen liefern oft dann Strom, wenn der Wind ausbleibt – und umgekehrt. So können Haushalte höhere Autarkiegrade erzielen. Zudem können die mit der Photovoltaikanlage erzielten Renditen dafür sorgen, dass die Verluste durch die Kleinwindkraft nicht mehr ganz so schmerzen.

Ralph Diermann ist Energiejournalist und taucht in dieser Langstrecke daher mehrmals auf. In einem weiteren Artikel schreibt er über Smartmeter, welche Vorteile sie mit sich bringen, und warum die kleinen grauen Kästen so wichtig für die Energiewende sind. Sie finden den Text auf Seite 76.

Ein Land unter Strom

ZUKUNFT

Dem Gesetz nach muss Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein. Wie das gelingen kann – ein Überblick



VON
THOMAS HUMMEL

LESEDAUER: 9 MINUTEN

Die Zukunft ist heute bereits real, zumindest Teile davon. Zum Beispiel in Feldheim, ein Ortsteil von Treuenbrietzen in Brandenburg. Wärme und Strom beziehen die etwa 130 Einwohner dort aus erneuerbaren Energien, die ortsnah produziert werden. Die Debatten um Gas, Öl, Kohle oder Atomkraft geht an dem Dorf, etwa 80 Kilometer südwestlich von Berlin

gelegen, vorbei. Das Industrieland Deutschland umzustellen auf eine klimaneutrale Energieversorgung ist indes eine weitaus größere Herausforderung. 2021 kamen 86 Prozent der Gesamtenergie aus Erdgas, Öl und Kohle plus Atomkraft. Dieser Anteil muss binnen 24 Jahren fast auf Null sinken. So schreibt es das Klimagesetz vor, das noch die alte Bundesregierung aus Union und SPD beschlossen hat. Wie soll das gehen?

Der Energieverbrauch

Zur Frage, wie die Transformation zu erneuerbaren Energien gelingen kann, gibt es etliche Studien, etwa vom Sachverständigenrat für Umweltfragen, vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), von der bundeseigenen Deutschen Energie-Agentur (dena), von der Fraunhofer Gesellschaft oder der Denkfabrik Agora Energiewende. Das Bundeswirtschaftsministerium stellte kürzlich „Langfristszenarien“ vor und berücksichtigte dabei auch mögliche Konsequenzen aus dem Ukraine-Krieg. Einige Kernaussagen sind indes überall gleich. Etwa: Der Energieverbrauch muss und wird erheblich sinken.

Die Tendenz wies bereits vor dem Ukraine-Krieg in diese Richtung. Benötigte Deutschland laut Umweltbundesamt 2011 noch mehr als 14000 Petajoule Primärenergie, waren es 2021 nur noch 12200. Das Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2045 den Wert auf etwa 7200 Petajoule zu senken. Dabei geht es nicht um kalte Wohnungen oder ums Fahrrad- statt Autofahren. Sondern vor allem um die Wechsel der Energieträger: „Das fossile Energiesystem ist erstaunlich ineffizient“, sagt Simon Müller, Direktor Deutschland bei Agora Energiewende. In vielen thermischen Kraftwerken und Heizkesseln gehen enorme Mengen an Energie verloren. Ein Benzinmotor verwendet von der im Kraftstoff enthaltenen Energie nur etwa 20 Prozent für die Fortbewegung, der Rest geht als Wärme in die Luft. Der Wirkungsgrad eines E-Autos hingegen liegt aktuell bei etwa 64 Prozent.

Großes Potenzial zum Energiesparen liegt zudem im Gebäudesektor. Von den etwa 21 Millionen Häusern in Deutschland wurden laut dena etwa 63 Prozent vor der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1979 gebaut, unsaniert benötigen diese bis zu fünf Mal mehr Energie als nach 2001 errichtete Häuser. Die Sanierung gerade älterer Gebäude ist also entscheidend. Und was in der Industrie an Effizienz möglich ist, zeigt sich aktuell durch die gestiegenen Preise. Wirtschaftsminister Robert Habeck sagte zuletzt, der Erdgasverbrauch sei hier um 25 Prozent zurückgegangen, die Produktion jedoch nur um 1,5 Prozent.

Die Elektrifizierung

Ein klimaneutrales Land steht unter Strom. „Wir brauchen eine Elektrifizierung aller Bereiche, soweit dies möglich ist“, sagt Christoph Kost, Gruppenleiter Energiewirtschaft am Fraunhofer Institut für Solare Ener-

giesysteme (ISE). Die zwei wichtigsten Transformationen dabei: Elektroautos für den Verkehr, elektrisch betriebene Wärmepumpen für die Gebäude.

Dadurch steigt die Nachfrage nach Strom bis 2045 erheblich. Von heute etwas weniger als 600 Terawattstunden (TWh) auf mindestens 1000 TWh, das Fraunhofer-Institut kommt sogar auf bis zu 1400 TWh, abhängig etwa davon, wie wirksam Effizienzmaßnahmen greifen. Und das alles mit erneuerbaren Energien. Heute liegt ihr Anteil etwa bei 45 Prozent, also bei etwa 250 TWh. Eine gewisse Rolle spielen dabei Biogas und Wasserkraft. Doch um die Ziele zu erreichen, „muss der Ausbau von Windkraft und Solar konsequent vorangetrieben werden“, sagt Agora-Experte Müller. Nach seiner Rechnung wird 2045 eine installierte Leistung an Photovoltaik von mindestens 385 Gigawatt benötigt (2021: 59 Gigawatt, bei der Windkraft an Land wenigstens 145 GW (2021: 56,3 GW), bei der Windkraft auf See 70 GW (2021: 7,8 GW).

Ob das gelingt, hängt auch davon ab, ob die Bevölkerung mehr Windräder akzeptiert. Wobei die Rechnung, für zweieinhalb Mal mehr Leistung braucht man zweieinhalb Mal mehr Windräder so nicht stimmt: Denn unter den aktuell etwas mehr als 28000 Anlagen in Deutschland sind viele ältere Modelle; neue Windräder versprechen oft das Vierfache an Leistung. Ein wichtiger Aspekt ist deshalb das Repowering, also der Ersatz alter Windräder.

Der Wasserstoff

Für alles, was nicht direkt elektrifiziert werden kann, heißt den Szenarien zufolge die Lösung Wasserstoff – und zwar „grüner“ Wasserstoff, hergestellt durch Elektrolyse aus erneuerbarem Strom. Potenziell könnte damit das bestehende Gasnetz weiter genutzt, mittels Brennstoffzellen Pkws angetrieben werden. Die Probleme: Effizienz und Kosten. Bei der Herstellung von Wasserstoff benötigt man große Mengen an Strom, weshalb ihn einige als „Champagner der Energiewende“ bezeichnen. Alle Studien kommen zu dem Urteil, dass dieser zunächst einmal dort eingesetzt werden sollte, wo eine Direktelektrifizierung nicht möglich sein dürfte: in der Stahl- und Chemieindustrie zum Beispiel, vermutlich auch in der Schifffahrt, in der Luftfahrt sowie im Schwerlastverkehr auf der Straße. Doch der Markt für grünen Wasserstoff muss erst entstehen. Deutschland wird viel davon importieren müssen, denn der Bedarf wird zu groß und das Land ist zu klein, um die dafür nötigen Windkraft- und Photovoltaikanlagen bereitzustellen. Die Bundesregierung hat des-

halb einig über Absichtserklärungen mit Ländern gezeichnet, die mehr Fläche, mehr Wind und mehr Sonnenstunden haben. Im November fiel die Entscheidung, in Hamburg den ersten Hafen zu bauen, wo Wasserstoff in Form von Ammoniak anlanden und gelagert werden kann. Er soll 2026 fertig sein. Christoph Kost vom Fraunhofer-Institut rechnet damit, dass es mindestens bis 2030 dauern wird, bis Wasserstoff eine relevante Rolle im Energiesystem spielt.

Problem Dunkelflaute

Kritiker erklären, dass ein System basierend auf Wind und Sonne nicht funktionieren könne, weil es in der Natur Phasen gibt, wo weder Wind wehe noch die Sonne scheine – also beides nicht zur Verfügung steht. Falsch, sagen die Autorinnen und Autoren aller Studien. Aus deren Sicht könne das Problem der sogenannten Dunkelflaute auf mehreren Wegen gelöst werden. Eine stärkere Vernetzung innerhalb Europas schaffe einen Ausgleich, denn weht an der Nordsee mal kein Wind, dann stürmt es vielleicht vor Portugal oder Griechenland. Zudem können Großbatterien und Pumpspeicherkraftwerke Energie für mehrere Stunden vorhalten. Schon heute werden an windigen und sonnigen Tagen Windräder und Photovoltaikanlagen vom Netz genommen, weil zu viel Strom im Netz ist. Statt sie abzustellen, könnte man aus dem überschüssigen Strom Wasserstoff oder sonstige Power-to-X-Derivate wie E-Fuels, Ammoniak oder Methanol produzieren, die als Speichermedien dienen. „Doch es wird auch einen Anteil an regelbarer Kraftwerksleistung geben müssen, die in der Dunkelflaute einspringen kann“, sagt Philipp Heilmaier von der dena, „das werden Wasserstoff-Kraftwerke sein.“ In den Wintermonaten könnten diese wochenlang laufen, im Sommer stünden sie still.

Die Stromnetze

„Erneuerbar erzeugte Energie allein bringt uns nichts, wenn er nicht vom Ort der Erzeugung zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern gelangt“, sagt Kerstin Andreae, Vorsitzende der Hauptgeschäftsführung des Bundesverbands der Energie und Wasserwirtschaft (BDEW). Um das zu garantieren, muss das Stromnetz erheblich ausgebaut werden. In manchen Szenarien des Bundeswirtschaftsministeriums um das Doppelte an Leistungskapazität. Und die Zeit drängt: „Die nächsten Jahre werden für den Umbau der Netzinfrastuktur entscheidend sein“, erklärt Andreae.

”
DIE NÄCHSTEN JAHRE
WERDEN FÜR DEN
UMBAU DER NETZ-
INFRASTRUKTUR
ENTSCHEIDEND SEIN

“

Die Digitalisierung

Während das fossile und atomare Energiesystem auf wenige, große Kraftwerke setzt, werden künftig Millionen Solarzellen und Zehntausende Windräder die Basis der Energieerzeugung sein. Dennoch muss das Stromnetz im Gleichgewicht gehalten werden. Ohne Digitalisierung wird das kaum möglich sein. Diese sei daher Voraussetzung für die Transformation, sagt Philipp Richard, Bereichsleiter Digitale Technologien bei der dena. Nur so ließen sich die physikalischen Probleme lösen, „ohne dass uns die Kosten durch die Decke gehen“. Etwa bei der Frage: Wie viel Strom produziert der Inhaber einer Photovoltaikanlage? Wie viel speist er ins Netz ein? Wie viel nutzt er selbst? Informationsaustausch durch Sensorik nennt das Richard. Wobei Kunden einwilligen müssen, dass diese Daten genutzt werden dürfen.

Zuletzt hat Minister Habeck angekündigt, das Messstellenbetriebsgesetz zu erneuern, um den Einbau von sogenannten Smart Metern in Deutschland praktikabel zu machen. Bislang scheitert das oft an einem hohen bürokratischen Aufwand; in Italien, Schweden oder Frankreich geht das unkompliziert. Diese Geräte dienen vor allem dazu, die Stromnachfrage an die neue Zeit anzupassen. Sie können etwa steuern, dass ein E-Auto dann lädt, wenn viel Strom im Netz ist. Herrscht später Dunkelflaute, kann das E-Auto ein Gebäude versorgen. Manche Batterien sind so groß, dass mit dem Strom ein durchschnittlicher Haushalt zwei Tage lang auskommen kann. Solche Wechselwirkungen sind auch in größeren Maßstäben denkbar. „Man möchte das gesamte System durchautomatisieren“, erklärt Richard und fordert: „Wir müssen da jetzt mit Schub rangehen.“

Elektrifiziert und digitalisiert sind sie bereits, die Haushalte, die das Energieunternehmen Sonnen in seinem virtuellen Kraftwerk bündelt. Wie dort die nachhaltige Energiewende schon Wirklichkeit geworden ist, erfahren Sie auf Seite 118.

Jetzt hilft nur noch ein Neustart

DIGITALISIERUNG

Jahrelang dümpelte die Verbreitung smarter Stromzähler vor sich hin.

Nun probiert die Regierung eine bewährte Methode, wenn es in der digitalen Welt mal hakt



VON
MICHAEL BAUCHMÜLLER

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Vieles ist leicht geworden durch die Digitalisierung. Es gibt Konferenzen, für die niemand mehr aus dem Haus gehen muss. Diese Zeitung lässt sich schon am Vorabend auf flachen Bildschirmen lesen, sogenannten Tablets. Das Internet macht quasi jedes Produkt jederzeit verfügbar. Derlei Digitalisierung wäre unmöglich ohne Strom – und ausgerechnet beim Strom fehlt von der Digitalisierung jede Spur.

Deshalb versucht die Bundesregierung nun, was man so macht, wenn es in der digitalen Welt hakt: einen Neustart. Am Mittwoch hat das Kabinett den Entwurf für ein Gesetz „zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende“ beschlossen. Endlich sollen damit intelligente Stromzähler im großen Stil kommen – und Millionen Haushalte könnten davon profitieren.

Bislang müssen die meisten Verbraucherinnen und Verbraucher noch auf Technologie des frühen

JEDER
STROMVERSORGER
SOLL EINEN
DYNAMISCHEN
TARIF ANBIETEN
MÜSSEN

vorigen Jahrhunderts vertrauen, den sogenannten Ferraris-Zähler. Er misst stur Kilowattstunde um Kilowattstunde. Vielerorts sind mittlerweile zwar schon digitale Zähler verbaut. Die weisen ihre ähnlich sture Messung allerdings einfach nur auf Displays aus. Die Zukunft beginnt dort, wo diese Messgeräte mit Netzbetreibern oder Geräten kommunizieren können – über sogenannte „Smart-Meter-Gateways“. Ginge es nach der Regierung, sollen sie sich bis 2030 durchsetzen.

Tausend Formalitäten haben den Durchbruch bisher verhindert. Zwar gibt es schon seit 2016 ein „Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende“. Doch vor allem rund um die Gateways baute es mehr Hürden auf, als es an anderer Stelle beseitigte. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik musste sie zertifizieren. Allerdings mussten dafür mindestens drei Unternehmen unabhängig voneinander solche Messsysteme anbieten. Allein diese Feststellung wurde für die Behörde zur Sisyphos-Aufgabe. Aberwitzige Auflagen für den Versand erschweren es, moderne Zähler überhaupt zu verschicken. Am Ende wurden die smarten Zähler nur da eingebaut, wo es gar nicht ohne geht. Nicht aber bei der breiten Masse der Haushalte. „Zu klein, zu langsam, zu spät“ sei der Fortschritt gewesen, klagt Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck (Grüne). „Wir müssen das Energiesystem klüger fahren.“

Dafür soll der Neustart nun sorgen. So sieht das Gesetz einen „agilen Rollout“ vor: Damit können zertifizierte Geräte schon eingebaut werden, auch wenn sie noch nicht alle denkbaren Funktionen beherrschen. Das sollen später dann Software-Updates bewerkstelligen. Schrittweise sollen mit der Zeit auch immer mehr der klugen Zähler zur Pflicht werden, und das zunächst bei Abnehmern mit einem Stromverbrauch jenseits von 100 000 Kilowattstunden im Jahr, wie etwa Gewerbebetriebe. Es folgen Verbraucher mit mehr als 6000 Kilowattstunden – auf einen solchen Jahresverbrauch kommt schon, wer ein Elektrofahrzeug regelmäßig lädt oder eine Wärmepumpe betreibt. Auch wer selbst Strom erzeugt, etwa über eine Solaranlage mit mehr als sieben Kilowatt Leistung, soll über kurz oder lang intelligent messen müssen.

Das hat Vorteile für beide Seiten, für Stromkunden und Netzbetreiber. Letztere können Angebot und Nachfrage von Strom leichter in Einklang bringen und haben einen besseren Überblick, was wo in ihrem Stromnetz los ist. Und die Stromkunden können in den Genuss von variablen Tarifen kommen. In man-

chen Stunden des Tages wird der Strom für sie damit viel billiger, in anderen teurer. Wer darauf seinen Verbrauch einstellen kann, spart richtig Geld.

Solche Schwankungen beim Strompreis gibt es jetzt schon. Wenn etwa der Wind ordentlich bläst oder die Sonne scheint, sackt der Strompreis im Großhandel ab. Die allermeisten Verbraucher bekommen davon aber nichts mit, ihre Verträge sind so flexibel wie ein Ferraris-Zähler – nämlich gar nicht. Von 2025 an, so sieht es das Gesetz vor, soll nun jeder Versorger einen dynamischen Tarif anbieten müssen. Und auch jeder Stromkunde soll in den Genuss eines intelligenten Zählers kommen können, selbst wenn sein Haushalt weniger als 6000 Kilowattstunden im Jahr verbraucht – und das binnen vier Monaten nach Beauftragung. Mehr als 20 Euro, so will es der Gesetzesentwurf, darf die intelligente Messung im Jahr nicht kosten.

Schon fürchtet die Stromwirtschaft, ein Run auf die neuen Messgeräte könnte deren Verbreitung komplizieren. Dies aber sei ineffizient, warnt Kerstin Andrae, Chefin des Branchenverbands BDEW, „weil alle Kundenwünsche vorzuziehen wären, unabhängig von ihrem Nutzen für das Gesamtsystem“. Der Bundestag müsse nachbessern. Noch im Frühjahr soll das Gesetz in Kraft treten.

Michael Bauchmüller verfolgt in Berlin die Geschehnisse der Energie-, Umwelt- und Landwirtschaftspolitik. Für die SZ begleitete er seit 2001: einen Atomausstieg, einen Wiedereinstieg, kurz darauf einen Wiederausstieg, außerdem ein knappes Dutzend Klimakonferenzen und den Siegeszug erneuerbarer Energien. Weitere Artikel zu diesen Themen finden Sie unter » www.sz.de/thema/energie

Alles Gute kommt von unten

GEOTHERMIE

Mit Wärme aus der Tiefe könnten viele Haushalte vom Gas unabhängig werden. Doch der Bund fördert Geothermie nur zögerlich. Städte wie Hamburg oder München wollen sie zu einem wichtigen Baustein ihrer Energiewende machen



VON
SILVIA LIEBRICH UND BENEDIKT MÜLLER-ARNOLD

LESEDAUER: 12 MINUTEN

Wenn Inga Moeck durchs Mikroskop schaut, hat die Geologin Vergangenheit und Zukunft zugleich vor Augen. Genauer gesagt, die Zukunft der Energieversorgung – und womöglich einen Teil der Lösung, die Politik und Wirtschaft in Zeiten knapper Gasvorräte herbeisehnen. Was mit bloßem Auge allenfalls in Form von kleinen weißen Punkten zu erkennen ist, gleicht in vierhundertfacher Vergrößerung großen Brocken. Versteinertes Plankton, 190 Millionen Jahre alt, ans Tageslicht geholt aus 2500 Metern Tiefe. Die Fossilien sind für die Wissenschaftlerin ein Zeichen, dass sie in Hamburg-Wilhelmsburg an der rich-

tigen Stelle ist. Dort soll bald die erste Geothermie-Anlage der Stadt stehen. Bis zu 7000 Haushalte soll sie mit Wärme versorgen – bezahlbar, nachhaltig und CO₂-frei.

Geothermie gilt in Deutschland als die wohl am meisten unterschätzte Energiequelle. Dabei sehen Fachleute großes Potenzial: Die Wärme aus der Tiefe könnte fast ein Viertel des Heizenergiebedarfs in Deutschland decken, so die Prognose, wenn entsprechend investiert wird.

Bis 2045 will die Republik klimaneutral sein. Doch bis dahin muss noch viel passieren – auch bei Gebäuden. Noch setzen Häuser deutlich mehr CO₂-

frei, als das Klimaschutzgesetz erlaubt: Ein Viertel aller Wohnungen wird mit Öl warm gehalten, die Hälfte mit Gas, das vor allem aus Russland kommt. Weitere 14 Prozent heizen mit Fernwärme, die nicht selten noch aus Kohlekraftwerken stammt.

Welche Chancen die Geothermie bietet, macht eine Reise durch Deutschland deutlich, zu Menschen und Firmen, die der Energiewende auf den Grund gehen.

Der Bohrturm der Hamburger Energiewerke ist schon von Weitem zu sehen. Ein paar Hundert Meter weiter überragen Getreidespeicher die Hafenanlagen. Die Baustelle liegt nahe der Alten Schleuse, inmitten heruntergekommener Gewerbeflächen. Allenfalls ein kleines Schild am Bauzaun mit der Aufschrift „Anmeldung Bohranlage E200“ lässt ahnen, dass hier Großes im Gange ist. Mehr als 22 Millionen Euro investiert Hamburg in die Energiewende im Stadtteil Wilhelmsburg, Erdwärme spielt dabei eine wichtige Rolle.

Inga Moeck, die Geologin, hat gerade Proben am Bohrloch gezogen. Ihre Füße stecken in robusten Stiefeln, sie trägt einen orangefarbenen Overall, Schutzhelm und Handschuhe. Neben Baucontainern stapeln sich Rohre. Die Szenerie erinnert nicht zufällig an eine Ölförderanlage. „Wir profitieren vom Know-how der Öl- und Gasindustrie“, sagt die 51-jährige Professorin, die den Lehrstuhl für Geothermik und Geohydraulik an der Universität Göttingen leitet. Über ein Förderband fließt grauer Bohrschlamm. Dampfschwaden steigen auf. Das stark salzhaltige Wasser aus 2500 Metern Tiefe ist gut 70 Grad heiß.

Der Anblick ist für Thomas-Tim Sävecke neu. Er leitet das Projekt für die Hamburger Energiewerke. Der Fachmann für erneuerbare Energien ist viel rumgekommen, er hat Solar- und Windkraftanlagen in Europa, Asien, Australien und den USA aufgebaut. Nun will er die Wärmequelle im Erdinneren erschließen. Doch er bleibt vorsichtig: „Weitere Bohrungen sind nötig, um den Untergrund besser zu erkunden. Erst dann können wir abschätzen, was die Geothermie in Hamburg leisten kann.“

Um sie zu nutzen, werden tiefe Erdschichten angebohrt, die warmes oder heißes Wasser führen. Über eine erste Leitung wird es an die Oberfläche gepumpt, dann entziehen Wärmetauscher Energie – und leiten sie über Fern- oder Nahwärmenetze an Haushalte und andere Abnehmer. Das kühlere Wasser wird schließlich über eine zweite Leitung zurück in die Erde gepresst. So entsteht ein geschlossener Kreislauf.

Professorin Moeck ist überzeugt, dass unter Hamburg ein Schatz schlummert. „Das Norddeutsche

Becken ist der schlafende Riese unter den geothermischen Systemen in Deutschland“, sagt sie. Neben dem Oberrheingraben und dem Süddeutschen Molassebecken sieht sie hier das größte Potenzial, aber auch in anderen Regionen.

Marc Dreyer, Geschäftsführer der Schütt-Bau GmbH, lassen solche Äußerungen hoffen. Der Endvierziger sitzt in seinem Büro, kaum 80 Kilometer von Hamburg entfernt, und legt Baupläne für ein Großprojekt vor. 700 Wohnungen sollen südlich der Lübecker Altstadt, direkt an der Trave, entstehen, ein Drittel davon sozial gefördert. Dreyer treibt die Frage um, wie sich die Gebäude günstig und klimaneutral heizen lassen. Sein Problem: „Bis Herbst brauchen wir ein Energiekonzept, das finanzierbar ist.“ Was die Stadtwerke bieten, hält Dreyer für nicht akzeptabel. „Erschreckend ist, was die Wärme nachher für die Bewohner kosten würde.“ Zwei Euro je Quadratmeter im Monat, „das kann sich kein Mensch leisten“, meint Dreyer. Üblich seien 80 Cent. Die Stadtwerke schlugen unter anderem vor, den nahen Fluss für ein Nahwärmenetz zu nutzen oder Luft-Wärme-Pumpen einzusetzen. Zwei große Versorger empfahlen eine Holzpellet-Heizung, weil Strom in Zukunft zu teuer sei.

Dreyer lässt das ratlos zurück. Er hat daher Inga Moeck kontaktiert, die er von einem Bauprojekt in Schwerin kennt. „Warum soll das nicht auch bei uns gehen?“ Die Einschätzung der Geologin ist für ihn ermutigend. In 1500 Meter Tiefe vermutet sie 50 Grad heißes Wasser. Das würde reichen, um die Wohnungen mit Fußbodenheizung zu versorgen. Nun will Dreyer prüfen, ob seine Firma selbst eine Geothermie-Anlage bauen kann. Doch das ist leichter gesagt als getan. Eine Tiefenbohrung ist teuer, die Genehmigung langwierig.

Zwar heizt gut die Hälfte aller neu gebauten Wohnungen laut Statistischem Bundesamt mittlerweile mit erneuerbaren Energien. Wärmepumpen halten gut gedämmte Häuser mithilfe von Ökostrom und Umgebungswärme warm, oft in Kombination mit Solarzellen auf dem Dach. Doch für bestehende Wärmenetze müssen dringend Alternativen zu fossilen Quellen her.

Einer, der seit Jahren für die Geothermie kämpft, ist Rolf Bracke. Der Geologe ist Professor für geothermische Energiesysteme an der Ruhr-Universität Bochum und leitet die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG). „Es war in den vergangenen 20 Jahren manchmal ein Reiten gegen Windmühlen, sich für die Geothermie in Deutschland einzusetzen“, konstatiert der 60-Jäh-

MEHRERE
HUNDERT METER
TIEF GEHEN DIE
BOHRUNGEN,
UM ZUM HEISSEN
WASSER
ZU GELANGEN

rige nachdenklich. Gemeinsam mit anderen Forschern hat er im Februar eine Studie zur tiefen Geothermie in Deutschland herausgegeben. Demnach hat die Wärme aus dem Untergrund ein Potenzial von mehr als 300 Terawattstunden pro Jahr. Damit ließe sich fast ein Viertel des Wärmebedarfs der Republik decken. Auch das Umweltbundesamt errechnet in seiner Studie „Energieziele 2050“ ein Potenzial von 312 Terawattstunden.

Im Süden Bochums ist Bracke zusammen mit den Stadtwerken jüngst der alten Zeche Dannenbaum auf den Grund gegangen. Ein Ort, an dem fossile Vergangenheit und CO₂-freie Zukunft aufeinandertreffen. Gebohrt wurde leicht schräg, bis hinunter zum tiefsten Stollen des Steinkohle-Bergwerks, das vor gut 60 Jahren außer Betrieb ging. Zum Glück, sagen die Forscher, hat der Bergbau im Ruhrgebiet gutes Kartenmaterial hinterlassen. So stieß das Team gut 800 Meter unter der Erde auf Grubenwasser, das etwa 30 Grad hat. Die Stadtwerke wollen es emporpumpen und die Heizenergie nutzen, um ein neues Gewerbegebiet auf dem alten Zechengelände zu versorgen. Etwa 34 Millionen Euro investieren sie in das Netz, allein fünf Millionen Euro kostete die Bohrung.

Wenn Deutschland das Potenzial der Geothermie heben will, müsste die Republik einige Tausend solcher Bohrungen setzen, sagt Bracke: „Es bräuchte eine ähnliche Anstrengung wie einst bei Erdgas-Explorationen.“ Und er sieht dafür die technische und fachliche Kompetenz in Europa. In Bochum etwa bohrte der tschechische Konzern MND die Zeche an; er kommt aus der Öl- und Gas-Exploration. Bracke glaubt, dass die Wärmewende hierzulande mehr als 100 000 Arbeitsplätze schaffen könne. Allerdings bräuchte es dann auch ganz andere Verwaltungsstrukturen, sagt der Professor – und macht das an einem Beispiel deutlich: „In Nordrhein-Westfalen ist ein einziger Beschäftigter der Bezirksregierung Arnsberg für die Genehmigung von Tiefbohrungen zuständig.“ An den Genehmigungsverfahren sind eine Reihe von Behörden gleichzeitig beteiligt, von der Wasser- bis zur Umweltbehörde, oft fehlt eine koordinierende Stelle.

Warum tut sich Deutschland so schwer mit der Geothermie? Bracke hat mehrere Erklärungen. So seien gerade in Nordrhein-Westfalen viele Stadtwerke eng verbandelt mit Energiekonzernen, die ihr Geld jahrzehntelang mit Gas und Kohle verdient haben. Manchen fällt es schwer umzusteuern. Ein weiteres Hemmnis sei das finanzielle Risiko. In der Geothermie seien 60 bis 70 Prozent der Investitionen in der ersten Phase unsicher. „Viele Stadtwerke könnten es nicht verkraften, wenn sie nach einer erfolglosen Bohrung mehrere Millionen Euro abschreiben müssten.“ Die Lösung sieht Bracke in öffentlichen Fonds, die das Risiko von Erkundungsbohrungen tragen.

Tatsächlich hat die Politik für Geothermie-Projekte in der Vergangenheit weniger Forschungsmittel bereitgestellt als etwa für Wasserstoff. Unter der früheren schwarz-roten Bundesregierung wurden bei Neubauten Gasheizungen gefördert, während es für die Wärme aus der Tiefe kaum Beihilfen gab. Wirtschaftsminister Robert Habeck (Grüne) will das ändern.

Zudem leidet das Image der Geothermie unter Berichten über Bohrschäden. Als spektakulärster Fall gilt Staufen im Breisgau. Dort drang vor gut 15 Jahren – vermutlich durch Fehler beim Bohren – Wasser in eine Gipschicht ein, die aufquillt und den Stadtkern anhebt. In Basel lösten Arbeiten kleine Erdbeben aus. „Alle diese Fälle haben eine Lernkurve mit sich gebracht und schließlich zuverlässige Anlagen ermöglicht“, entgegnet Bracke. Wichtig ist für ihn, dass Stadtwerke transparent machen, welche Vorteile Geothermie hat, welche Probleme auftreten können und welche Gegenmaßnahmen getroffen wurden.



IN MÜNCHEN
SOLLEN
REGENERATIVE
ENERGIEN BIS
2035 GUT
70 PROZENT DES
BEDARFS DECKEN

„Das schafft Akzeptanz“, sagt Bracke. Und er spürt, dass sich etwas ändert. „Mittlerweile erreichen mich praktisch im Wochenrhythmus Anrufe von Stadtwerken.“

Wer wissen will, was die Wärme aus der Tiefe für die Energieversorgung eines Ballungsraumes leisten kann, muss nach Unterhaching bei München fahren. In einem Zweckbau hat der Lebensmittelproduzent Develey seinen Sitz sowie einen Teil der Produktion. Einige Hundert Meter weiter westlich steht eines der ersten Erdwärmekraftwerke im Großraum München. Seit 15 Jahren liefert das es Gemeinde Unterhaching zuverlässig Fernwärme, auch an Develey. Der Hersteller stellt damit Saucen und Feinkost her und heizt die Gebäude.

Für Johann Messner, den technischen Leiter, keine einfache Aufgabe. Eine Blaupause für den Einsatz von Geothermie in industriellen Prozessen gab es damals nicht. Der Bayer ist seit 20 Jahren in der Firma und hat die Anlagen angepasst. „Die Herausforderung besteht darin, so hohe Prozesstemperaturen zu erreichen, dass wir auf der sicheren Seite sind“, sagt Messner. Lebensmittel müssen steril verarbeitet und haltbar gemacht werden. Dass Tiefenwärme auch ihre Grenzen hat, räumt er ein. Meist liege die gelieferte Wärme bei 95 Grad. „Wir brauchen manchmal in der Produktion aber auch Dampf mit 140 bis 150 Grad“, sagt er. Diese Spitzen gleicht derzeit noch die alte Heizölanlage aus, demnächst ein Holzhackschnitzel-Werk. Zum Energiemix des Standorts Unterhaching trägt Geothermie Develey zufolge 66 Prozent bei.

Während andere Unternehmen stöhnen, weil ihre Energiekosten in ungeahnte Höhen steigen, können sie bei Develey gelassen bleiben. Anfangs wurde der Hersteller belächelt. Da war die Wärme aus der Tiefe im Vergleich zu Gas noch wesentlich teurer, inzwischen ist es umgekehrt.

Die Stadtwerke München (SWM) sind angekommen, wo andere in Deutschland hinwollen. Gemeinsam mit Versorgern in umliegenden Gemeinden haben sie die Geothermie in fast zwei Jahrzehnten stetig ausgebaut. Mitten in München, am Ufer der Isar, entsteht derzeit am Heizkraftwerk Süd die größte Geothermie-Anlage Europas. Sie soll bald 80000 Münchner versorgen.

Schon jetzt leistet die Wärme aus der Tiefe einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung der Landeshauptstadt. 40 Prozent der Haushalte sind ans Fernwärmenetz angeschlossen, sie profitieren davon. „In München führt an der Tiefengeothermie nichts vorbei“, sagt Helge-Uve Braun, Technischer Ge-

schäftsführer der SWM. Sie deckt nach seinen Angaben schon heute ganzjährig die Grundlast der Wärmeversorgung ab. Die Spitzenlasten im Winter gleichen Heizkraftwerke aus, die aktuell noch mit Gas betrieben werden, später dann mit Wasserstoff.

Die Stadt hat einen ehrgeizigen Plan: Erdwärme und andere regenerative Energieträger sollen laut einer Studie der SWM bis 2035 gut 70 Prozent des gesamten Energiebedarfs abdecken. Stück für Stück wird dafür das gesamte Netz umgebaut. Bis zu 400 Millionen Euro hat die Stadt bereits in die Energiewende investiert, bis 2040 könnten 600 Millionen Euro dazukommen, ein erheblicher Teil fließt in den Ausbau des Erdwärmenetzes.

Die Voraussetzungen dafür sind nördlich des Alpenrands günstig: Die Wassertemperaturen im Untergrund liegen zwischen 40 und 130 Grad. Das weiß auch Inga Moeck, die einige Projekte im Münchner Raum betreut hat. Mit den Ergebnissen am Bohrturm in Hamburg-Wilhelmsburg ist die Geologin ebenfalls zufrieden. 2500 Meter Tiefe haben sie schon geschafft, 70 Grad warm ist das Wasser unten. 500 Meter liegen noch vor der Mannschaft.

Die Geologin legt einen winzigen Stein aus ihrer jüngsten Probe auf ihren Handschuh, ein Blick in 200 Millionen Jahre Erdgeschichte. Und dann kommt die Forscherin doch noch ins Philosophieren: „Ohne Geothermie gäbe es wahrscheinlich kein Leben auf der Erde. Das erste Leben entstand vor etwa 3,5 Milliarden Jahren im Ozean an heißen Quellen.“ Sie könnte ein wichtiger Teil der Energieversorgung von morgen sein.

Neben der Energie von unten könnte Strom künftig von ganz weit oben kommen: aus dem All. Wie Forscher das möglich machen wollen und welche Fortschritte sie dabei bereits erzielt haben, erfahren Sie auf Seite 138.

HAUSGEMACHTE ENERGIE

VIELE

Wenn Wohnungseigentümer zusammen eine Solaranlage installieren wollen, gibt es vieles zu klären. Welche Optionen sie haben und wer die Kosten trägt



VON
RALPH DIERMANN

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Circa 3,3 Millionen Mehrparteienhäuser gibt es in Deutschland, mit insgesamt gut 43 Millionen Wohnungen. Kaum eines davon ist mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet. Den Bewohnern, ob Eigentümer oder Mieter, bleibt damit etwas verwehrt, was Haushalten in Einfamilienhäusern viel Geld spart: sich sehr günstig mit hausgemachtem Solarstrom zu versorgen. Der Grund liegt vor allem darin, dass der Photovoltaik auf Mehrparteienhäusern einige Hürden entgegenstehen, die die Installation einer Anlage recht

kompliziert machen. Das gilt besonders für Immobilien, deren Wohnungen im Besitz mehrerer Parteien sind. Wie Wohnungseigentümergeinschaften (WEG) diese Hindernisse überwinden können.

Unsere Wohnungseigentümergeinschaft erwägt, eine Photovoltaikanlage zu installieren. Was sollten wir dabei beachten?

Zunächst einmal sollten die Eigentümer klären, was sie mit der Anlage vorhaben: Geht es darum, die Wohnungen günstig mit Energie zu versorgen? Oder die

Stromkosten im Gemeinschaftseigentum zu reduzieren? Oder aber mit dem Einspeisen des Stroms ins öffentliche Netz Geld zu verdienen? Davon hängt das Betriebskonzept der Anlage ab – und meist auch die Bereitschaft der Eigentümer, überhaupt in eine Photovoltaikanlage zu investieren. In vielen Gebäuden dürfte es gar nicht so einfach sein, hier auf einen gemeinsamen Nenner zu kommen. „Die Interessen der Eigentümer innerhalb einer WEG unterscheiden sich oft“, sagt Michael Nack, Rechtsreferent und Anwalt des Vereins Wohnen im Eigentum mit Sitz in Bonn. „Selbstnutzer wollen häufig günstigeren Strom, viele Vermieter dagegen möglichst wenig investieren. Wer andere Eigentümer für eine Photovoltaikanlage gewinnen will, ist deshalb gut beraten, im Vorfeld der WEG-Versammlung die Interessenslagen zu klären.“

Wie viele Eigentümer müssen einer Installation zustimmen?

Die Montage einer Photovoltaikanlage für die WEG bedeutet eine bauliche Veränderung, für die eine einfache Mehrheit der Eigentümergemeinschaft ausreicht. Die Investitionskosten müssen nach dem Wohnungseigentumsgesetz aber nur diejenigen Parteien tragen, die für die Installation stimmen, erläutert Nack. Wenn allerdings die WEG-Mitglieder, die sich für den Bau einsetzen, nachweisen können, dass sich die Anlage in einem laut Gesetz „angemessenen Zeitraum“ amortisiert, werden die Kosten auf alle Eigentümer entsprechend ihrer Anteile verteilt. Das gilt auch, wenn der Beschluss für die Installation mit doppelt qualifizierter Mehrheit – also mehr als zwei Drittel der Stimmen und mehr als die Hälfte der Mit Eigentumsanteile – fällt. „Unabhängig davon, ob nur einige oder alle Parteien die Kosten der Anlage tragen: In beiden Fällen wird sie Teil des Gemeinschaftseigentums“, betont Nack.

Die Mehrheit für die Anlage steht – und wir haben uns darauf geeinigt, die Bewohner im Haus mit dem Solarstrom zu beliefern. Was jetzt?

In diesem Fall wird die WEG zu einem echten Stromversorger. Das bedeutet, dass sie in Zeiten, in denen die Anlage nicht genug Energie erzeugt, Strom zu kaufen muss, um eine Vollversorgung zu gewährleisten. Zudem entstehen ihr einige weitere Pflichten, etwa, was die Abrechnung oder die Übermittlung von Daten an die Netzbetreiber betrifft. Daher sollten sich die Eigentümer zunächst einigen, wer all diese Aufgaben übernimmt. Die Hausverwaltungen seien dabei meist keine Hilfe, sagt Sebastian Lange, auf Photovoltaik spezialisierter Rechtsanwalt aus Potsdam. „Bei

ihnen fehlt es in der Regel an Wissen, wie man die regulatorischen Anforderungen erfüllt – und oft auch an Bereitschaft, sich da einzuarbeiten“, so die Erfahrung des Juristen.

Im zweiten Schritt ist zu klären, welche Haushalte überhaupt die WEG als Versorger wollen. „Den Bewohnern ist freigestellt, woher sie ihren Strom beziehen. Die Eigentümergemeinschaft kann also niemanden verpflichten, Strom aus der Anlage abzunehmen“, sagt Lange. Für die WEG bedeutet das ein gewisses wirtschaftliches Risiko, da sie nicht sicher kalkulieren kann, wie viel Strom sie tatsächlich im Haus absetzen wird. Die dort nicht verbrauchte Energie muss sie ins öffentliche Netz einspeisen. Die Vergütung, die der Staat dafür gewährt, liegt jedoch in der Regel unter den Erzeugungskosten des Stroms.

STIMMT NUR
EINE EINFACHE
MEHRHEIT
DAFÜR, DANN
MÜSSEN NICHT
ALLE ZAHLEN

DIE GEMEINSCHAFT
HAT AUCH
DIE OPTION, DAS
DACH AN
EINEN EINZELNEN
EIGNER
ZU VERMIETEN

Kann man all diese Aufgaben nicht einfach einem Dienstleister übertragen?

Ja, es gibt mittlerweile einige Unternehmen, die sich im Auftrag von Eigentümergemeinschaften um die Installation und den Betrieb von Photovoltaikanlagen kümmern, die Versorger-Pflichten erfüllen – und auf Wunsch auch das Solarsystem finanzieren. Sie bieten ihre Dienste unter dem Schlagwort „Mieterstrom“ an. Diesen Begriff verwendet der Gesetzgeber generell für die Versorgung mit Solarstrom in Mehrparteienhäusern, selbst wenn darin nur Eigentümer leben. „Mieterstrom-Anbieter machen es den WEG sehr bequem, die Eigentümer müssen sich dann um nichts mehr kümmern. Allerdings wollen die Unternehmen natürlich daran verdienen“, sagt Rechtsanwalt Sebastian Lange. Es sei also günstiger, wenn die Eigentümergemeinschaft die energiewirtschaftlichen Aufgaben selbst übernimmt. „Das ist nicht ganz einfach, aber auch keine Raketenwissenschaft“, so Lange.

Die für Photovoltaik geeignete Dachfläche ist relativ klein. Lohnt sich Mieterstrom da überhaupt?

In diesem Fall dürfte es schwierig werden, ein Unternehmen zu finden, das dort ein Mieterstrom-Modell realisiert, da der Aufwand gemessen am Stromertrag sehr groß ist. Damit wird es auch für die WEG unattraktiv, die Haushalte in Eigenregie zu versorgen. Deutlich einfacher ist es, die Solarenergie für den gemeinschaftlichen Strombedarf zu nutzen, etwa für die Beleuchtung im Treppenhaus, die Heizungspumpe oder den Fahrstuhl – das ist genauso unkompliziert wie der Eigenverbrauch im Einfamilienhaus. Damit sinken die Nebenkosten der Bewohner. Die nicht im Haus verbrauchte Energie wird ins öffentliche Netz gespeist. Dieses Konzept lohnt sich vor allem in Häusern mit vielen Einheiten und entsprechend hohem Stromverbrauch im Gemeinschaftseigentum.

Gibt es noch eine weitere Option, den Solarstrom zu nutzen?

Seit Mitte vergangenen Jahres erhalten Anlagenbetreiber, die ihren gesamten Strom ins öffentliche Netz speisen und damit auf den Eigenverbrauch verzichten, einen Aufschlag auf die gewährte Vergütung. Das gilt für alle Solarsysteme mit einer Leistung von bis zu 40 Kilowatt. „Die Volleinspeisung ist für Eigentümergemeinschaften das einfachste Betriebsmodell – allerdings nicht immer das wirtschaftlich beste“, sagt Nack. Die erzielten Erlöse können die Eigentümer etwa in die Instandhaltungsrücklage fließen lassen.

Ist das Thema Photovoltaik vom Tisch, wenn es für die Installation einer eigenen Anlage keine Mehrheit gibt?

Nicht zwangsläufig. Denn die Gemeinschaft kann beschließen, ihre Dachfläche an einen der Eigentümer zu vermieten, der dort auf eigene Kosten und zu eigenem Nutzen eine Anlage installiert. Für ihn ist das nur sinnvoll, wenn er selbst im Haus lebt und dort seinen Solarstrom verbrauchen kann. Dieses Modell entspricht dem des Eigenverbrauchs im Einfamilienhaus. Zudem hat die WEG die Option, ihr Dach an einen Mieterstrom-Anbieter zu verpachten, der die Anlage selbst finanziert.

Darüber hinaus haben alle Haushalte, ob Eigentümer oder Mieter, die Möglichkeit, sich eine Balkonsolaranlage anzuschaffen – ein bis drei Module mit integriertem Wechselrichter, die ihre Energie über eine Steckdose in den Stromkreis der Wohnung speisen. Diese Anlagen sind bereits ab wenigen Hundert Euro zu haben. In der Regel spricht rechtlich nichts dagegen, die Module auf dem Balkon aufzustellen. Mieter sollten jedoch vorher sicherheitshalber das Einverständnis ihrer Vermieter einholen. Soll das Solarsystem hingegen über die Balkonbrüstung gehängt oder an der Fassade fixiert werden, muss die WEG mehrheitlich zustimmen. Eine solche Mini-Anlage könnte bald deutlich einfacher durchzusetzen sein: Das Bundeswirtschaftsministerium plant, Eigentümern wie Mietern einen Rechtsanspruch auf den Betrieb einer Balkonsolaranlage zu geben.

Machmal scheitert die Installation einer Solaranlage am Denkmalschutz. Doch auch dafür gibt es mittlerweile Lösungen: PV-Module, die als solche gar nicht erkennbar sind. Viele Beispiele dafür finden Sie im Text auf der nächsten Seite sowie auf Seite 87.

BESTENS INTEGRIERT

FASSADE

Solaranlagen müssen nicht immer aussehen wie Fremdkörper.
Mittlerweile gibt es auch Paneele,
die sich harmonisch in Dach oder Fassade einbetten lassen



VON
NIELS HENDRIK PETERSEN

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Eine Turnhalle in Eppingen zeigt, wie es aussehen kann: Die Solaranlage im Landkreis Heilbronn wurde dezent ins rote Dach der Halle integriert. Die 66 Kilowatt Leistung produzieren mindestens 90 Prozent des Stroms, den eine klassische Solarstromanlage mit unbeschichteten Gläsern erzeugt. Montiert wurden insgesamt 224 Solarmodule mit einer roten Farbschichtung. Die gebäudeintegrierte Photovoltaik, neudeutsch BIPV, sorgt dafür, dass das Gebäude un-

auffällig Solarstrom produziert. So wird Solar künftig auch für denkmalgeschützte Bauten nutzbar. Der Schweizer Hersteller 3S Swiss Solar Solutions entwickelt derzeit sogar Module mit optischer Holzstruktur. Auch ganz weiße Paneele gibt es schon – allerdings ist der Wirkungsgrad hier niedriger.

Noch sind diese Lösungen Nischenprodukte. „Das merkt man bei der Suche nach solchen Systemen sowie bei der Suche nach Handwerkern, die bereit sind, diese Lösungen einzubauen“, sagt Thomas Frey. Der

Architekt ist Leiter der Abteilung Hochbau bei der Stadt Eppingen. Bei der Planung eines neuen Daches oder der Erneuerung alter Dachziegel ist es für ihn absolut sinnvoll, eine Solaranlage einzubauen. „Denn man spart das Geld für die Dachziegel“, so der Architekt. Besonders überzeugt habe ihn jedoch die rote Farbe. Als Planer in einer Fachwerkstadt war er schon lange auf der Suche nach einer Lösung, die sich harmonisch in einen alten Baubestand integriert und trotzdem Solarstrom ermöglicht. Auch wenn die roten Dachziegel je nach Sonneneinstrahlung auch mal dunkler wirken können. Der Strom fließt.

Gebäudeintegrierte Photovoltaik ersetzt also Dach- und Fassadenteile, im Gegensatz zur üblichen Aufdachanlage. Das technische Potenzial in Deutschland ist dabei immens: „560 Gigawatt ließen sich auf dem Dach und weitere 440 Gigawatt an der Fassade realisieren“, sagt Harry Wirth, Bereichsleiter für Photovoltaische Module und Kraftwerke am Fraunhofer ISE. Immerhin hat die Bundesregierung das Solarausbauziel von 400 Gigawatt bis 2040 ausgegeben. Bisher werden aber weniger als zehn Prozent des Dachpotenzials genutzt – und praktisch fast kein Fassaden-Potenzial.

Denn in diesem Markt sind keine Investoren unterwegs, die nur auf die Rendite schauen. Oft sind es Eigentümer von Einfamilienhäusern, die optisch ansprechende Lösungen für ihr neues Dach suchen. In manchen Fällen spielen auch Auflagen eine Rolle, wie etwa aus dem Denkmalschutz. Bei Gewerbeimmobilien möchten Kunden zusätzliche Flächen in der Fassade für die Stromerzeugung erschließen sowie ein sichtbares Statement zur Energiewende setzen.

Die Solarpflicht für Hausdächer in immer mehr Bundesländern belebt auch den BIPV-Markt, ist sich der Forscher sicher: „Die Auswahl an Produkten für Dach und Fassade nimmt rapide zu, neue Beschichtungsmöglichkeiten erlauben eine nie dagewesene Designfreiheit in der Farbwahl.“ Damit ein Massentart gelingt, müsste der Gesetzgeber allerdings noch für eine auskömmliche Vergütung sorgen. Denn der Kunde vergleicht BIPV-Systeme gern mit gewöhnlichen Aufdachanlagen bei den Stromgestehungskosten, also der Summe, die für die Erzeugung von erneuerbarem Strom anfällt. „Dabei vergisst er die Quadratmeterpreise, die auch bei anderen anspruchsvollen, aber passiven Bauprodukten anfallen“, betont Wirth.

Im Dach integrierte Paneele erreichen meist etwas höhere Betriebstemperaturen und verlieren somit ein paar Prozent des Ertrags. Ein Beispiel: „Eine mit

BISHER WERDEN
IN DEUTSCHLAND
WENIGER ALS
ZEHN PROZENT
DER DACHFLÄCHEN
GENUTZT

Solar bestückte Südfassade bringt rund 30 Prozent weniger Jahresstromertrag als auf einem optimal geneigten Süddach“, berechnet Wirth. Ein pauschaler Preisvergleich sei jedoch schwierig: Zu groß ist die Produktvielfalt auf Seiten der BIPV-Hersteller und zu einseitig die reine Betrachtung der Stromgestehungskosten.

Für Flachdächer finden sich derzeit noch kaum integrierte Lösung auf dem Markt. Diese seien jedoch auch weniger einsehbar, sagt ISE-Wissenschaftler Wirth. Bei Fassaden hingegen ist BIPV die einzige Möglichkeit, um die Fläche zur Stromgewinnung zu nutzen. Beispielsweise einfach als vorgehängte, hinterlüftete Fassade, die die Stromproduktion vorteilhaft in den späteren Nachmittag schiebt. Das Erzeugungsprofil einer solchen Solarfassade bietet zudem die Möglichkeiten, den Verbrauch des eigenen Solarstroms zu erhöhen. Denn Südfassaden liefern über das Jahr gesehen gleichmäßiger Strom als Süddächer. Bei den derzeitigen Strompreisen amortisiert sich die Solarfassade also noch schneller.

Ein klares Manko, das weiter besteht: Aus Sicht der Bauherren bietet das neue Erneuerbare-Energiengesetz 2023 noch keine auskömmliche Vergütung

BEIM
NEUBAU SOLLTE
DER SOLARPLANER
SCHON VON
BEGINN
AN EINBEZOGEN
WERDEN

für BIPV-Lösungen. Obwohl diese die Akzeptanz für den nötigen PV-Ausbau erhöhen könnten. „Wenn nur der Geldbeutel entscheidet, hat es BIPV im Dach schwer gegen die übliche Aufdachanlage, und in der Fassade bleibt der Eigenverbrauch mit entsprechendem Einsparpotenzial beim externen Strombezug das Maß der Dinge“, fürchtet Wirth. Das Ergebnis: Viele Fassaden bleiben ungenutzt.

Einige Hersteller empfinden laut Wirth die Bauprodukt-Zulassung als zusätzliche Hürde. Solarwatt aus Dresden hat das schon hinter sich. „Durch die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung dürfen unsere ohne Module ohne Einzelfallprüfung für Überkopf- und Fassaden-Installationen eingesetzt werden, da sie alle sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen“, sagt Detlef Neuhaus, Geschäftsführer bei Solarwatt. Die Module können dadurch ohne zusätzliche Absicherungen wie Sicherheitsnetze eingesetzt werden.

„In den vergangenen zweieinhalb Jahren haben wir bereits Parkplatzflächen mit einer Gesamtgröße von über 140000 Quadratmetern überdacht“, sagt Neuhaus. Das entspricht etwa der Größe von 20 Fußballfeldern. Auch Ladeparks für Elektroautos werden immer häufiger mit Modulen überdacht. Die werden beispielsweise auf solaren Carports oder auch auf der Veranda genutzt, was dann nicht nur ästhetisch aussieht, sondern den Hausbesitzern auch noch kostenlos Strom liefert.

„Der BIPV-Markt nimmt immer mehr an Bedeutung zu, vor allem Gewerbebetriebe setzen zunehmend auf gebäudeintegrierte Photovoltaik“, sagt Neuhaus. Die Firma rmSolar im Industriegebiet Reichenau-Lindenbühl bei Konstanz beispielsweise hat an allen Fassaden – inklusive der Nordfassade – 135 Kilowatt Solarpower montieren lassen. Mit Blick auf die Energiewende macht es natürlich Sinn, Flächen für die Nutzung von Solar zu erschließen, die bereits versiegelt sind, wie große Parkplätze oder Fassaden. Immer mehr Bundesländer gehen das Thema nun an. In Rheinland-Pfalz ist beispielsweise mittlerweile Pflicht, dass Parkflächen ab 50 Stellplätzen mit Solaranlagen überdacht werden müssen. „Ein Parkplatz, der mit Solarmodulen überdacht ist, kostet zwar etwas mehr, als wenn keine Module verbaut wären“, sagt Neuhaus, „aber die Parkplatzüberdachung amortisiert sich schon in wenigen Jahren selbst, weil der Solarstrom genutzt werden kann.“

Der Markt bietet heute bereits eine Vielzahl optisch ansprechender Lösungen. Das BIPV bislang noch eine Nische ist, hat auch mit den sehr komplexen Vor-

schriften am Bau zu tun, sagt Heiko Schwarzburger, Fachautor zum Thema BIPV und Herausgeber des Online-Portals Solar Age. Überall, wo Dachkonstruktionen oder Fassaden erneuert oder neu gebaut werden, sei die integrierte Solartechnik wirtschaftlich, sagt Schwarzburger. Der erzeugte Sonnenstrom kann die Energiekosten des Gebäudes deutlich senken. Normalerweise sind Dächer und Fassaden nicht wirtschaftlich. „Mit Solartechnik werden diese Flächen ökonomisch aktiviert. Sie erzeugen einen Mehrwert und sind nicht länger nur Kostgänger.“

Beim Neubau sollte der Solarplaner schon von Beginn an einbezogen werden. Denn die Ausrichtung der Immobilie, die Gestaltung großer transparenter Flächen und die Optimierung des Baukörpers für die Solartechnik beginnen beim ersten Entwurf. „Bei Bestandsgebäuden bieten sich Dachsanierungen oder die energetische Sanierung von Fassaden an, um Photovoltaik in die Überlegungen einzubeziehen“, sagt Schwarzburger.

Der Solarplaner gehört zum Planungsstab des Architekten wie der Statiker, der Elektroplaner oder der TGA-Planer für die Gebäudetechnik. An der Fassade kann man einfache Kaltfassaden vorhängen, als zusätzliches Bauteil. Oder man integriert die Solarmodule in die Warmfassade. Einfacher und schneller gehe es allerdings mit der vorgehängten Kaltfassade. Das hängt natürlich auch immer davon ab, wie wichtig die Optik für Bauherren ist. In der Fachwerkstadt Eppingen hat sich der zuständige Architekt deshalb für harmonisch integrierte Solarpaneele in Rot entschieden.

Die Leistung von zehn Kohlekraftwerken könnte Solarstrom in Deutschland künftig ersetzen. Warum dieses Potenzial noch weitgehend brach liegt, erklärt Roland Press auf Seite 83.

MIST GEBAUT

BAUSTELLEN

Die Energiewende scheitert auf deutschen Baustellen –
und an manchen Ideen der Politik.
Denn es gibt nicht die eine Lösung. Es braucht Optionen



VON
LAMIA MESSARI-BECKER

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Als Bauingenieurin neige ich dazu, die Welt mit Zahlen zu erklären. Also: 30 Prozent des CO₂-Ausstoßes, 40 Prozent des Energieverbrauchs, 50 Prozent des Ressourcenverbrauchs, 60 Prozent des Abfallaufkommens und 70 Prozent der Flächenversiegelung gehen auf den Bausektor zurück. Das Bauen ist so umweltrelevant wie nichts sonst. Es gibt viele gut gemeinte Ratschläge, was man individuell tun oder lassen sollte, aber die Zukunft entscheidet sich am Bau. Dort finden sich die Hebel für Klimaschutz, dort wird die Energiewende realisiert – oder vermasselt.

Mit einer Bruttowertschöpfungskette von 645 Milliarden Euro (2021) ist die Bauwirtschaft der ökonomisch stärkste Sektor in Deutschland. Noch vor der Automobilwirtschaft. Keine Branche ist so stark mit anderen Wirtschaftszweigen vernetzt, ob mit Anlagenbau, Chemie, Energie oder Verkehr. Bauen ist materialintensiv. Mit einer Kreislaufwirtschaft lässt sich hier mehr Klima- und Ressourcenschutz erreichen als in allen anderen Bereichen.

Wie wir mit Fläche umgehen, einer endlichen Ressource, ist wesentlich – etwa für den Erhalt der Biodiversität. Bei der Klimaanpassung ist die Wider-

standsfähigkeit der Infrastruktur zentral. Die Flutkatastrophe im Ahrtal mit vielen Todesopfern und zerstörten Ortschaften hat das deutlich gemacht. Wichtig ist aber auch: Bauen prägt unseren sozialen Lebensraum. Wie wir Räume planen, Gebäude bauen und umbauen, Städte anlegen und weiterentwickeln, ist also maßgeblich für die soziale Stabilität und die Haltbarkeit unserer Lebensräume. Eine gute Baukultur stiftet Identität. Man denke nur an historische Altstädte.

Dass im Gebäudebestand mehr Klimaschutz notwendig ist, steht außer Frage. In den vergangenen 30 Jahren hat der Gebäudesektor immerhin 40 Prozent seines CO₂-Ausstoßes reduziert. Zum Vergleich: Ein Prozent ist es im Verkehrssektor. Bis 2030, in nur sieben Jahren, muss nun die gleiche Anstrengung, also noch einmal 40 Prozent, in knapp einem Viertel der Zeit gelingen – so die Pläne der Bundesregierung. Sowohl die Ziele als auch die ökologische, ökonomische, soziale und kulturelle Bedeutung des Bausektors machen klar: Hier braucht es einen neuen, nämlich ganzheitlichen Ansatz. Die Politik der Gegenwart ist bis jetzt nicht in der Lage, sich im Baubereich dem Klimawandel entgegenzustemmen.

Ökologische Ziele müssen dafür mit der Lebensrealität der Menschen und der regionalen Wertschöpfung korrelieren. Doch die Energiewende wird bislang nur produktseitig diskutiert. Das gilt für Windräder, Photovoltaik und Wärmedämmplatten. Die Maßnahmen werden zudem oft aus städtischer Perspektive gedacht, der ländliche Raum wird übergangen. Wir brauchen aber eine räumlich integrierte, urbane und ländliche Energiewende. Dazu gehört es, Regionen in ihren je eigenen Möglichkeiten, erneuerbare Energien zu erzeugen, zu unterstützen. Es bedarf daher kommunaler Wärmepläne, die vor Ort erneuerbare Wärme für Haushalte und Gewerbe sichern.

Das Bauen verursacht rund 70 Prozent der Flächenversiegelung. Täglich wird die Fläche von 78 Fußballfeldern verbraucht – für Windräder, Brücken, Wohnhäuser. Während die Flächenverbrauchsreduktionsziele in weite Ferne rücken, ist klar, dass mehr bezahlbarer Wohnraum geschaffen werden muss. Ein Umbaurecht im Bestand, der noch immer bevorzugt abgerissen statt angepasst wird, ist daher überfällig. Deutschland kennt bisher nur das Baurecht.

Für die Energiewende reicht es auch nicht, lediglich einzelne Gebäude in den Blick zu nehmen. Bei Sanierungen sind viele Hemmnisse zu bedenken: demografische und finanzielle Aspekte, lange Erneuerungszyklen, technische Unwägbarkeiten. Das

bremsst die Modernisierungsprozesse. Erweitern wir dagegen den Blick um das Quartier als Bindeglied zwischen Einzelgebäude und Stadt, so erschließen wir ein größeres Handlungsfeld, in dem Projekte umwelteffizienter, kostengünstiger und sozial gerechter realisiert werden können.

Seriell Sanieren, um ein Beispiel zu nennen, erhöht Sanierungsraten und spart Kosten, da nicht jedes Gebäude einzeln geplant wird. Quartiere haben oft ähnliche Typologien und Fähigkeiten, Energie zu gewinnen. Es lassen sich Flächenverbrauch und Verkehrsaufkommen reduzieren, etwa durch kompakte, Nutzungsgemischte Stadtstrukturen, Digitalisierung, gemeinsame Flächennutzung und Mobilitätsangebote. Quartiere haben eine soziale Kraft und aktivieren Mitmacheffekte, sie können Keimzellen des Wandels sein.

Klimawandel, Rohstoffknappheit und Fachkräftemangel führen dazu, dass wir mehr Ziele mit weniger Aufwand erreichen müssen. Das gelingt nur, wenn wir unsere Baupraxis grundlegend hinterfragen. 63 Jahre Baurecht rufen nach einer Entschlackung des Normungswesens, das sich selbst im Wege steht. Ob es um Bestandsumbau oder Recycling geht – überall verhindern gut gemeinte Vorgaben Sinnvolles. Ein Beispiel: Ein intakter Holzbalken ist nach Abbruch nicht automatisch wieder einsetzbar – wegen der Altholzverordnung. Das Bauen ist mit fast 3800 Bau-normen schlicht nicht mehr in der Lage, den gesellschaftlichen Wandel zu begleiten. Einige Normen sind außerdem reine Kostentreiber. „Eingespart“ werden dann Baustoffe und Bauweisen. Das führt zu einer gebauten Umwelt, die weniger lebenswert, aber dafür teurer wird – und immer noch nicht sonderlich umweltgerecht ist. Die Verhältnisse am Bau sind absurd.

Nimmt man die Dauer eines Menschenlebens zum Maßstab, begleitet uns ein einmal fertiggestelltes Bauwerk eine lange Zeit. Es erfordert viele Ressourcen, es zu planen, zu bauen, zu nutzen. Dafür werden Rohstoffe abgebaut, verarbeitet, transportiert, eingebaut und nach Lebensende abgerissen. Kaum etwas wird wiederverwendet, viel Bauschutt landet auf der Deponie. All das bedeutet Energieaufwand und CO₂-Ausstoß. Daher geht es nun darum, Baure Ressourcen nicht nur sparsam und effizient einzusetzen, sondern im Kreislauf zu halten. Über eine endlich zu etablierende Kreislaufwirtschaft im Bau ließe sich sehr viel mehr Klima- und Ressourcenschutz erreichen – und das ohne Verzicht und Verbote.

Ein Ministerium hat keinen Rechtsanspruch auf Ignoranz. Das gilt auch für Klimaschutz. Das Gebäu-

ES BRAUCHT EINEN
GANZHEITLICHEN
BLICK, SONST
BLEIBEN DIE PLÄNE
INEFFEKTIV
UND SOZIAL KALT

deenergiegesetz, dessen Novelle als „zwingender“ Baustein zur Wärmewende im Ministerium von Robert Habeck kürzlich vorgestellt wurde, sieht im Entwurf vor, dass schon ab 2024 neue Heizungen zu mindestens 65 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen gespeist werden. In der Regel läuft das, wie die von hoher Nachfrage gekennzeichnete Branche weiß, auf Wärmepumpen hinaus, teils mit fossilem Strom betrieben oder als Gashybridheizung. Das ist unsinnig. Fern technischer Fragen: Es fehlen die Kapazitäten, und sie lassen sich auch für sehr viel Geld nicht so schnell aufbauen. Der Einbau von Wärmepumpen benötigt doppelt so viel Montagezeiten wie konventionelle Technik. Bizarrerweise werden deshalb Öl- und Gaskessel auf Reparatur und Austausch warten müssen – und die Luft weiter verschmutzen. Das Ergebnis? Geldverschwendung, Zeitverschwendung und immer noch kein nennenswerter Klimaschutz.

Was ist stattdessen zu tun? Gebäude haben je nach Baualter unterschiedliche energetische Qualitäten. Technische Voraussetzungen und die regionalen Gegebenheiten sind vielfältig. Es gibt daher nicht die eine Lösung. Es braucht Optionen: Für die einen ist es die Wärmepumpe, für andere Fernwärme, kom-

munale Wärmepläne oder Quartierslösungen, andere fahren gut mit Biomasse, wasserstofffähigen Heizungen oder autarken Lösungen.

Notwendig ist die Parallelität der Initiativen: Gebäudeenergiegesetz und kommunale Wärmepläne und Geothermie/Bioenergie-Initiative und Quartiersförderung. In aller Deutlichkeit: Das Zulassen von Optionen im Gebäudesektor ist nicht nur ein Gebot ökologischer Notwendigkeit und ökonomischer Vernunft, sondern auch ein Gebot sozialer Verantwortung. Klimaschutz ohne gesellschaftliche Absicherung des Erfolgs aller Klimaschutzanstrengungen ist zum Scheitern verurteilt. Die Energiewende gehört endlich diversifiziert. Zu Wind- und Sonnenstrom müssen etwa Geothermie, die grundlastfähig ist, Solarthermie und Bioenergie kommen. Effizienz ist über Abwärmenutzung, Digitalisierung und Kraftwärmekopplung zu erzielen.

Der Fokus auf den Gebäudebestand ist klimapolitisch richtig. Wer Klimaschutz im Gebäudesektor erzielen will, muss dieses im Bestand angehen. Dass grüne Quartierslösungen, Gebäuderessourcenpass und kreislauffähiges Bauen im Koalitionsvertrag unterstützt werden, ist anzuerkennen. Aber die Umsetzung ist mehr als enttäuschend. Sie ist kläglich.

Wenn die Energiewende im Bau nicht ganzheitlich angegangen wird, bleiben die jetzigen Pläne des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz das, was sie sind: klimapolitisch ineffektiv, sozial kalt und mit massiven Problemen behaftet – für die Verbraucher, die Stromnetze, den Standort und die Klimaziele selbst.

Dieser Artikel erschien in der SZ als Gastbeitrag. Autorin Lamia Messari-Becker ist Bauingenieurin, Professorin für Gebäudetechnologie und Bauphysik an der Uni Siegen und Mitglied im Club of Rome. Der Zusammenschluss von Experten verschiedener Fachdisziplinen aus mehr als 30 Ländern setzt sich seit 1968 für eine nachhaltige Zukunft der Menschheit ein.

Das Strom-Paradox

NETZE

Im Norden Deutschlands erzeugen Windräder mehr als genug Energie. Im Süden könnte man die gut gebrauchen. Nur kommt sie dort gar nicht erst hin. Deshalb müssen teure Gaskraftwerke anspringen. Wie kann das angehen?



VON
MICHAEL BAUCHMÜLLER

LESEDAUER: 7 MINUTEN

In langen Reihen schauen die Solarzellen in den Himmel. Im Hintergrund drehen sich Windräder, und das alles auf dem Abraum eines Braunkohletagebaus. Die deutsche Energiewende ließe sich nicht schöner machen als im Energiepark Lausitz. Das kleine Problem mit dem Stromnetz lässt sich da leicht verschmerzen, findet Heinrich Gärtner. Gärtner ist Technik-Chef des Betreibers GP Joule, er hat schon Schlimmeres erlebt. 170 Megawatt Strom könnte der Park bei Senftenberg

an sonnigen Tagen liefern, so viel wie ein halbes Gaskraftwerk. Aber nur 125 Megawatt kann er einspeisen. Der Solarpark läuft mit gebremster Kraft. „Die Quote ist sogar noch vergleichsweise hoch“, sagt Gärtner. „In Schleswig-Holstein haben wir Windräder, die weniger als die Hälfte ihres Stroms loswerden.“

Vorige Woche Freitag ist so ein sonniger Tag, jedenfalls in der Lausitz. Auch der Wind bläst recht ordentlich. Doch gut 500 Kilometer südwestlich, in Baden-Württemberg, schaltet die Warn-App für

”
 WIR BADEN HIER
 DIE FEHLER
 DER VERGANGENHEIT
 AUS
 “

Stromkunden auf Orange. Der Strom ist knapp, in den Morgenstunden sollen Stromkunden ihren Verbrauch senken. Und diesen Freitag, genau eine Woche später, ist es schon wieder so weit. Am Abend ruft die App Stromkunden im Südwesten erneut zum Stromsparen auf – zum vierten Mal in diesem Jahr. Die Meldung bedeute aber nicht, „dass Stromabschaltungen zu befürchten sind“, beschwichtigt Baden-Württembergs Stromnetzbetreiber Transnet BW. Es gehe nur um „Sensibilisierung“.

Sensibel ist aber vor allem das, was zwischen Wind- und Solarparks im Norden oder Osten und der Warn-App im Süden liegt: das deutsche Stromnetz. Denn während die Bundesregierung den Turbo einlegen will beim Ausbau erneuerbarer Energien, während beschleunigte Verfahren Planung, Genehmigung und Bau vorantreiben sollen, kramt der Ausbau der Stromnetze weiter vor sich hin. Das Ergebnis: Überschüsse im Norden und Osten, teure Knappheiten im Süden – und keine Chance, dazwischen dauerhaft eine Balance herzustellen. „Wir baden hier gerade die Fehler der Vergangenheit aus“, sagt Klaus Müller, der Chef der zuständigen Behörde, der Bundesnetzagentur in Bonn. „Und das auf sehr verschiedenen Ebenen.“

Die Herausforderung ist bekannt, seitdem die Energiewende Fahrt aufnimmt, also seit mehr als zehn Jahren. Denn Windräder entstanden bisher mit Vorliebe dort, wo der meiste Wind weht: im Norden Deutschlands. Im Süden dagegen, wo die Landschaft hügeliger wird, galten sie nicht nur als weniger ertragsstark, sie waren auch weniger beliebt. Neue Windparks entstanden dort, wo man sie am wenigsten sieht: in Nord- und Ostsee. Rund die Hälfte des erneuerbaren Stroms wird aus Wind erzeugt. Nur: Wie kommt er zu Verbrauchern im Süden?

Die Debatte darüber zählt mittlerweile zu den traurigeren Kapiteln der deutschen Energiewende. Neue Stromautobahnen sollten her, einmal längs durch die Republik, von Nord nach Süd. Doch gerade in Bayern formierte sich der Widerstand gegen die „Monstertrassen“, bis hinauf in die Landesregierung. Mit dem Ergebnis, dass Deutschland mitten im Rennen die Pferde wechselte: Nicht mehr an Strommasten sollten die Leitungen durchs Land führen, sondern verbuddelt, als Erdkabel. „Das ist, wie wenn einem beim Hausbau plötzlich einfällt, dass man den Keller vergessen hat“, sagt Behördenchef Klaus Müller. „Da kann man den ganzen Bauplan wegwerfen.“ Aber ist der Bau der Stromleitungen leichter geworden, seitdem sie in der Erde verschwinden? „Nein“, sagt Müller. „Nichts ist einfacher geworden. Die Konflikte verschwinden ja nicht einfach, nur weil man die Leitung nicht mehr sieht.“

Vier große Netzbetreiber sind für den Bau dieser Stromautobahnen zuständig. Tennet im Norden und Teilen des Südens, Amprion im Westen, Transnet BW im Südwesten. Und 50 Hertz im Osten. Dort soll die Firma aus Berlin unter anderem einen Teil des Südostlinks bauen, eine Leitung von Wolmirstedt bei Magdeburg bis in die Gegend von Landshut in Niederbayern, wo in sechs Wochen das Atomkraftwerk Isar 2 den Dienst quittiert.

2027 soll die Leitung fertig werden, und das meiste läuft auch nach Plan. Noch. Wo dereinst die Bagger eine Mulde für das Kabel ausheben sollen, sind nun Archäologen unterwegs. Und wo gesucht wird, gibt es auch Funde: im Dezember etwa die Fundamente eines 800 Jahre alten Gehöfts in Thüringen. Bisher, so heißt es bei 50 Hertz, verzögere das den Bau der Leitung nicht. Schließlich ist der Abschnitt noch nicht einmal genehmigt.

So geht es bei Tausenden Kilometern neuer Leitungen im Land. Von mehr als 14 000 Kilometern, die aus- oder neugebaut werden sollen, waren Ende vorigen Jahres nur 2300 fertig und 1200 Kilometer im

Bau. Der Rest ist entweder im Genehmigungsverfahren oder noch in Planung. Die Dinge hätten sich zwar zuletzt beschleunigt, heißt es etwa bei Amprion. „Aber wir sind noch lange nicht schnell genug.“ Der Verzug lässt sich in Heller und Pfennig ausrechnen, gemessen wird er in sogenannten Redispatch-Kosten. Denn wenn es im Norden zu viel Strom gibt und im Süden zu wenig, müssen an der Küste Windmüller ihre Anlagen drosseln, während an den Alpen Gaskraftwerke anspringen müssen, um das Netz stabil zu halten. Beides kostet Geld, viel Geld. 2021 fielen mehr als zwei Milliarden Euro an. Allein im ersten Halbjahr 2022 waren es bereits 2,2 Milliarden Euro, mehr als im ganzen Jahr davor. Die hohen Gaspreise hatten die Kosten dafür noch einmal massiv steigen lassen.

Doch ehe die großen Stromautobahnen fertig sind, werden noch etwa vier Jahre ins Land ziehen – während die Bundesregierung das Ausbautempo bei Wind und Solar verdreifachen will und während immer mehr Elektroautos und Wärmepumpen um Elektrizität buhlen. Rasen hier zwei Züge aufeinander zu? „Natürlich ist das ein moving target“, sagt Behördenchef Müller. Aber es sei eben auch beides nötig, mehr Leitungen und mehr Ökostrom. Auch beim Netzausbau nehme das Tempo erkennbar zu. „Und wenn es ein Ereignis gibt, mit dem die Akzeptanz schlagartig gewachsen ist, dann war es der Beginn des Kriegs in der Ukraine“, sagt er. Just am Freitag haben Bundestag und Bundesrat der „Notfallverordnung“ der EU zugestimmt, einer weiteren Reaktion auf den Krieg. Sie soll auch die Genehmigungsverfahren für neue Netze noch einmal beschleunigen. „Im Übrigen gilt: Wer in der Energiewende kein Optimist ist, hat den Beruf verfehlt“, findet Müller.

Die Dinge kommen auch an anderer Stelle in Bewegung. Der Bundestag berät derzeit ein „Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende“ – allein der Titel spricht Bände. Die Idee ist nicht neu: Smarte Stromzähler könnten das übernehmen, wozu Menschen in Baden-Württemberg derzeit eine App animieren soll – sie könnten einen Teil des Verbrauchs in Zeiten verlagern, in denen Strom besonders günstig ist. Haushalte könnten dann ihre Stromspeicher füllen, das E-Auto laden, Warmwasser erzeugen. Und genau darauf verzichten, wenn Strom knapp und teuer ist. Doch rund um die smarten Apparate schufen frühere Regierungen so viele Hürden, dass sie nie in großer Zahl auf den Markt kamen. Das soll sich ändern.

Und auch Brüssel macht Druck. Dort reift die Idee, Europas Strommärkte in kleinere Teilmärkte aufzu-

teilen. Erste Vorschläge hat Europas Netzagentur Acer unterbreitet. Deutschland könnte so in verschiedene Zonen mit unterschiedlichen Strompreisen zerfallen. Im Norden wäre der Strom dann meist günstiger als im Süden – jedenfalls so lange, wie ausreichend große Leitungen fehlen und die südlichen Bundesländer nicht selbst deutlich mehr Ökostrom produzieren. In Letzterem sehen Experten ohnehin einen Schlüssel zur Lösung. „Wenn wir die Erneuerbaren rascher und insbesondere dort ausbauen würden, wo der Strom gebraucht wird, könnten wir uns einen großen Teil des Netzausbaus sparen“, sagt etwa der Berliner Energieökonom Christian von Hirschhausen. Nur sind eben auch schon viele Windräder gebaut – im Norden.

In der Lausitz verfolgt Heinrich Gärtner noch einen anderen Plan, denn der Solarpark soll weiter wachsen. Doch der überschüssige Strom dürfte demnächst nicht mehr in das Netz fließen, sondern in einen Elektrolyseur. Er erzeugt aus Wasser und Energie speicherbaren Wasserstoff, an einer Tankstelle sollen Lastwagen ihn tanken können. Bis die Netze so weit sind, will Gärtner nicht warten.

SZ-Autor Jan Schmidbauer geht in seiner Reportage der Frage, warum der Aufbau der Nord-Süd-Trassen so lange dauert, ausführlich nach. Sie finden den Text am Anfang dieser Langstrecke auf Seite 6.

Der Windindustrie droht dasselbe wie der Solarindustrie

EINSICHT

Deutschland hat seine Sonnenstromindustrie einst gepöppelt, dann fallen lassen. Jetzt droht eine Wiederholung. So wird das nichts mit der Energieunabhängigkeit



VON
KATHRIN WERNER

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Wer vor einigen Jahren durch Teile Ostdeutschlands fuhr, fand dort etwas, das lange als so unvorstellbar galt, dass selbst die Erwähnung für ein zynisches Grinsen sorgte: blühende Landschaften. Der damalige Bundeskanzler Gerhard Schröder besuchte eine Solarfabrik nach der anderen. „Die Erfolgsgeschichte von Q-Cells zeigt, dass es keinen Widerspruch zwischen Ökonomie und Ökologie gibt“, sagte er 2005 in der Fabrik in Bitterfeld. Die Politik ließ nach der Jahr-

tausendwende Dutzende Milliarden in die Solarenergie fließen. Unternehmen wie Solarworld, Solon oder Q-Cells wurden zu Börsenstars. Und schafften Jobs, in oft strukturschwachen Gegenden. Die Welt schaute gebannt auf Deutschlands grüne Revolution.

Davon ist heute wenig übrig. Die Produktion ist weitgehend nach China abgewandert. Und das hat sehr wenig mit Unternehmen zu tun und sehr viel mit Politik. Es waren Politiker, die den größten Teil der Verantwortung für die Blütezeit der Solarenergie tru-

gen, weil sie die Energiewende wollten. Und die dann die Schuld daran trugen, dass die Solarenergie-Landschaft wieder verdorrte, als sie die gesetzliche Förderung zurückfuhren. Den Preiskampf um die wenigen Solarkunden, die noch blieben, gewannen die chinesischen Hersteller. Und das nur, weil wiederum der chinesische Staat sie mit Subventionen unterstützte und sie auf billige Massenfertigung trimmte. Die deutschen Unternehmen rutschten in die Pleite. Binnen weniger Jahre verschwanden rund 100000 Arbeitsplätze. Fast alle.

Heute zeigt sich, welch ein Fehler das war. Denn Deutschland ist in einer wichtigen Zukunftsenergieform, der Solarenergie, abhängig von einem einzelnen Land: China. Wer sich heute eine Solaranlage auf das Dach schraubt, kommt an chinesischer Technik kaum vorbei. 97 Prozent der Wafer werden in China gefertigt, und diese Siliziumscheiben könnte China bald nur noch sehr eingeschränkt exportieren, wenn Pläne der Staatsregierung wahr werden. Ohne Wafer keine Solaranlage. Das wieder zurückzudrehen und eine von China unabhängige Solarbranche aufzubauen, wird sehr schwierig.

Es gibt noch eine zweite Schlüsselbranche der grünen Energie: die Windindustrie. Dort drängt jetzt erst die chinesische Konkurrenz mit billigen Preisen nach Europa. Zehn der 15 größten Hersteller von Windturbinen kommen schon aus China. Europäische Unternehmen schreiben rote Zahlen. Das Schrumpfen der heimischen Industrie hat begonnen. Es ließe sich noch aufhalten. Aber nur, wenn der Zubau an Windanlagen in Europa jetzt wächst, bevor es zu spät ist.

Es ist ein Dilemma: Einerseits muss die Energiewende schnell gehen, das wissen nicht nur die Mitglieder der Letzten Generation. Dafür darf sie nicht zu viel kosten, damit die Wirtschaft und die Bürger durch sie nicht zu sehr geschwächt werden. Mit günstigen Windrädern und Solaranlagen aus China wäre es leichter, die Energiewende bezahlbar zu gestalten.

Andererseits hat der Krieg und die darauf folgende Energiekrise gezeigt, wie wichtig es ist, sich nicht in zu große Abhängigkeit von einem Land zu begeben in Sachen Energie. Es kann also nicht die Lösung sein, jetzt von der Russland-Abhängigkeit in die China-Abhängigkeit zu schlittern. Der Westen macht sich erpressbar. Es gilt, die Abhängigkeit von China in Sachen Energie zu verringern und damit höhere Kosten in Kauf zu nehmen.

Das Ziel lautet dabei natürlich nicht, dass man von jetzt an versucht, alles nur in Deutschland zu ma-

DAS SCHRUMPFEN
DER HEIMISCHEN
INDUSTRIE
HAT BEGONNEN.
ES LIESSE SICH
NOCH AUFHALTEN.

chen. Das wäre bizarr teuer und umständlich. Aber es geht gemeinsam mit verlässlichen Partnern wie den USA, den anderen EU-Ländern, vielleicht auch mit Indien oder weiteren asiatischen Ländern.

Hier ist Einsicht der Firmen gefragt. Denn sie selbst müssen dafür sorgen, dass sie ihre Lieferketten breiter aufstellen. Das heißt, dass sie einen Teil ihrer Vorprodukte nicht in China einkaufen sollten, obwohl sie dort billiger sind - und sich so vor Abhängigkeit von einzelnen Lieferländern schützen. Von den Regierungen braucht es sinnvolle Subventionen für die Industrie. Es hilft ja nichts: Den Milliarden, die erst investiert und dann versenkt wurden, müssen neue Milliarden folgen. Im besten Fall könnten so Hunderttausende Jobs entstehen. Und vielleicht sogar: blühende Landschaften.

Windräder und Wasserstoff, Solaranlagen und Stromtrassen: Die Energiewende wird unsere Landschaften verändern, soviel steht fest. Wie wir unseren Frieden damit machen, erklärt Jörg Häntzschel in seinem Beitrag auf Seite 144.

Wann ist wieder Windstromwetter?

VORHERSAGE

Wer Strom aus regenerativen Quellen erzeugen möchte, muss wissen, wann und wo Sturm droht oder die Sonne scheint. Über das neue Forschungsfeld der „Energiemeteorologie“



VON
TIM SCHRÖDER

LESEDAUER: 13 MINUTEN

Jonas Stührenberg blickt recht häufig zum Himmel. Nicht etwa, weil sie zum Träumen einladen, sondern weil sie sein Forschungsobjekt sind. Genau genommen sind es noch nicht einmal die Wolken selbst, die er beobachtet: Er interessiert sich für den Schatten, den sie werfen.

Jonas Stührenberg ist Ingenieur am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oldenburg. Er will herausfinden, wie gut sich der Schattenwurf

von Wolken in Zukunft vorhersagen lässt, um abzuschätzen, wie stark sie Solaranlagen abdunkeln. Zusammen mit seinem Team hat er dafür zwischen Ostfriesland und Oldenburg ein Netzwerk aus rund 30 Kameras aufgebaut, kleinen kugeligen Apparaten, die mit ihrem Fischaugenobjektiv den Himmel beobachten und alle 30 Sekunden ein Foto schießen. Ein Computer berechnet, wie schnell einzelne Wolken ziehen und wann sie einen bestimmten Punkt in dem mehr als 100 Kilometer weiten Areal erreichen wer-

den. Der Computer legt die Bilder von mehreren Kameras übereinander und berechnet so den Schattenschwurf der Wolken zwischen Emden und Oldenburg etwa 20 Minuten im Voraus. Künftig soll er sogar eine Stunde in die Zukunft blicken.

Das Kameranetzwerk mit dem Namen „Eye2Sky“ ist eine der neuesten Entwicklungen in einem relativ jungen Bereich der Meteorologie, der Energiemeteorologie. Sie beliefert die Strombranche mit aktuellen Wetterprognosen, damit die Betreiber von Solar- und Windparks, die Stromhändler und die Unternehmen, die die großen Stromverteilnetze unterhalten, wissen, was auf sie zukommt. Sonne und Wind sind heute wichtige Lieferanten erneuerbarer Energie in Mitteleuropa. Allerdings schwankt ihre Leistung bekanntlich mit dem Wetter. Stürmt es und ist der Himmel wolkenlos, dann liefern Solar- und Windparks mehr Strom, als die Deutschen verbrauchen können. Damit solche Schwankungen die Strombranche nicht unerwartet treffen, sind Vorhersagen wichtig.

Die Energiemeteorologie hat ihren Ursprung in Dänemark. Anfang der 1990er-Jahre gelang es Forschern des Risø DTU, des Nationalen Energielabors für Erneuerbare Energien in Risø bei Kopenhagen, Wetterinformationen so umzurechnen, dass man vorhersagen konnte, wie viel Energie die Windräder über den nächsten Tag verteilt liefern würden. Denn darauf kommt es schließlich an: Man will wissen, wie viele Megawattstunden ein Wind- oder Solarpark am nächsten Tag produziert. Von Interesse ist nicht, ob es stürmen oder regnen wird, sondern wie viel Energie sich in welchem Zeitraum ernten lässt, wann also welche Leistung zu erwarten ist. Insofern liefert die Energiemeteorologie eine aus dem Wetter abgeleitete „Leistungsprognose“.

„Im Grunde hat die Meteorologie die Energiewirtschaft schon immer mit Wetterdaten beliefert“, sagt Marion Schroedter-Homscheidt, Expertin für Vernetzte Energiesysteme am DLR in Oldenburg. Energiehändler mussten beispielsweise wissen, wie kalt es wird, um für die kommenden Wochen und Monate den Wärmebedarf von Gebäuden abzuschätzen. „Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien ist in den vergangenen 20 Jahren aber vor allem der Strommarkt viel komplexer geworden – daher muss die Energiemeteorologie heute viel mehr in der Vorhersage der kommenden Stunden und Tage leisten.“ Derzeit werden in Deutschland Solarparks mit mehreren Hundert Megawatt Leistung errichtet, etwa der „Energiepark Witznitz“ bei Leipzig, der es auf 650 Megawatt bringen soll – so viel wie ein Reaktorblock

eines Atomkraftwerks. Wenn eine solche Leistung auf einen Schlag wegbriecht, dann muss das Stromnetz so etwas ausgleichen können.

„Je genauer wir den Zug der Wolken analysieren, desto besser lassen sich diese Schwankungen abdämpfen“, sagt Jonas Stührenberg mit Blick auf sein Eye2Sky-Netzwerk. Vor allem kurzfristige Wetterereignisse seien für die Energiemeteorologie noch immer eine Herausforderung.

Es ist beeindruckend, was die Energiemeteorologie heute schon leistet. So können Prognoseexperten mehr als 48 Stunden im Voraus auf wenige Minuten genau vorhersagen, wie viel Strom ein Solar- oder Windpark liefern wird. Manchmal liegen die Prognosen aber auch ein Stück daneben. Der Stoff, aus dem diese Prognosen errechnet werden, sind vor allem die meteorologischen Daten, die die großen europäischen Wetterdienste sammeln – hierzulande der Deutsche Wetterdienst (DWD). Der DWD trägt Windgeschwindigkeits-, Temperatur- oder Strahlungswerte von mehreren Hundert Messstationen aus ganz Deutschland zusammen. Hinzu kommen Messwerte von Wetterballons – oder von Verkehrsflugzeugen, die die Daten nebenbei auf ihren Reisen sammeln. Da die Flugzeuge große Teile der Atmosphäre durchfliegen, liefern sie ein umfassendes Bild der Wettersituation. Wie wertvoll diese Daten sind, wurde zuletzt während der Corona-Pandemie deutlich. „Weil viele Flugzeuge am Boden blieben, fehlten uns die Messwerte – die Wettervorhersagen wurden damals messbar schlechter“, sagt Frank Kaspar, Leiter des Bereichs „Hydrometeorologie“ beim DWD. Wertvoll seien aber vor allem Informationen, die die Meteosat-Wettersatelliten liefern. Aus einer Höhe von 36000 Kilometern haben sie den besten Überblick über die Wetterküche Europas.

Die Geräte auf den Satelliten können die Sonnenstrahlung am Erdboden, den Wasserdampf in der Atmosphäre oder auch die Größe und die Geschwindigkeit von Wolkenfronten messen. Die Auflösung der Messgeräte liegt heute bei etwa einem Kilometer, was bei einer solchen Entfernung beeindruckend ist.

Kleinere Wolken und vor allem auch deren Wolkenschatten können die Satelliten aber nicht erkennen. Alle diese Daten fließen in die Großrechner der Wetterdienste. Sie treiben mathematische Wettermodelle an, die mehrere Tage in die Zukunft blicken. „Unser Ziel ist es, so viele Daten wie möglich zu sammeln, um die Wettermodell-Rechnungen mit einem möglichst genauen Abbild der Realität zu starten“,

VERKEHRS-
FLUGZEUGE
SAMMELN
GANZ NEBENBEI
AUF IHREN
REISEN WICHTIGE
WETTERDATEN

sagt Kaspars Kollegin Vanessa Fundel, Leiterin des Sachgebiets „Meteorologische Verfahrens- und Produktentwicklung“.

Doch der Wetterbericht allein liefert noch keine Leistungsprognose. Dafür braucht es Experten, die die meteorologische Information in Megawattstunden übersetzen – etwa die Firma Energy & Meteo Systems in Oldenburg. Sie liefert ihre Informationen an Stromhändler oder auch an die Stromnetzbetreiber. „Letztlich liefern wir für einen bestimmten Zeitpunkt und Ort einfach nur Zahlenwerte. Allerdings ist das für viele unserer Kunden sehr wichtig“, sagt Geschäftsführer Matthias Lange. Denn im Strommarkt geht es um viel Geld. Der Stromhandel ist in Europa ein Termingeschäft. Kraftwerksbetreiber und Stromhändler bieten einen Tag im Voraus Strommen an, die sie am nächsten Tag voraussichtlich liefern können. Produzieren die Solar- oder Windparks 24 Stunden später dann aber weniger Strom, muss der Händler kurzfristig Strom von anderen Kraftwerken oder Händlern nachkaufen, um seine garantierte Strommenge liefern zu können. Solche spontanen Zukäufe aber können extrem teuer werden. Insofern müssen die Leistungsprognosen sehr zuverlässig sein.

Matthias Lange sammelt dafür Daten aus vielen verschiedenen Quellen, um die eigene Leistungsprognose zu schärfen. „Eine falsche Prognose geht schnell in die Zehntausende Euro pro Tag“, sagt er. Neben den Wetterdaten laufen im Oldenburger Büro ständig Messwerte aus den Solar- und Windparks seiner Kunden ein.

Trotzdem bleibt vor allem die kurzfristige Vorhersage für die Energiemeteorologen eine Herausforderung, weil es viele Wetterphänomene gibt, die plötzlich auftreten und die sich bislang nicht präzise vorhersagen lassen. Im Frühjahr und im Herbst bildet sich oft unerwartet Hochnebel, der sich wie ein graues Laken über die Landschaft legt. Reißt er plötzlich auf, steigt die Leistung von Photovoltaikanlagen sprunghaft an. Dann wieder kommt es vor, dass die Frühlingssonne den Schnee schmilzt, der viele Tage lang Photovoltaikanlagen bedeckt hat. Rutscht die Schneedecke dann um die Mittagszeit fast zeitgleich von Tausenden von Solaranlagen ab, versetzt auch das dem Stromnetz einen Stoß.

Solche Kurzfristschwankungen wollen die Energiemeteorologen künftig besser vorhersagen. Die Rede ist vom Nowcasting, einem Begriff, der vom englischen Wort Forecast, Vorhersage, abgeleitet ist. Da Wind- und Sonnenstrom einen immer größeren Anteil am deutschen Strommix haben, führen plötzliche Schwankungen der erneuerbaren Energien zu immer größeren Ausschlägen im Stromnetz. Wenn die Produktion eines großen Solarparks wegbricht, muss ein anderes Kraftwerk schnell seine Leistung hochfahren, damit das Stromnetz stabil bleibt. Es ist hilfreich, wenn ein Netzbetreiber so früh wie möglich darüber informiert ist. Das Problem mit dem schmelzenden Schnee auf den Photovoltaikanlagen beispielsweise soll künftig mit Kameras gelöst werden, die einige repräsentative Photovoltaikanlagen in einer Region überwachen. Wenn der Schnee dort zu rutschen beginnt, könnte das Überwachungssystem eine Meldung an die Prognose-Firmen schicken. „Präventiv statt kurativ“, das ist das Motto für das Nowcasting der Zukunft: Statt in aller Hektik einen ganzen Solarpark abzuschalten, weil zu viel Strom im Netz ist, könnte man künftig zum Beispiel rechtzeitig große Stromverbraucher wie etwa Elektrolyse-Anlagen für die Wasserstoffproduktion vorwärmen und hochfahren.

„Darüber hinaus versuchen wir, aus dem Verhalten der Solaranlagen und Windräder dazuzulernen“, sagt Matthias Lange – etwa beim Thema Eisregen. Auch dieser ist extrem schwer vorherzusagen. Zwar

VORHERSAGEN
SIND KÜNFTIG VOR
ALLEM FÜR DIE
VERTEILNETZE
IN DEN STÄDTEN UND
DÖRFERN WICHTIG

lässt sich aus meteorologischen Daten über die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur schon heute vorhersehen, dass es Eisregen geben könnte. Ob am nächsten Tag tatsächlich welcher fällt, weiß aber niemand genau. Geht dann tatsächlich Eisregen nieder, der die Rotorblätter der Windräder überzuckert, lässt sich das aus den Leistungsdaten der Anlage ablesen. Manche Anlagen verfügen über Heizungen, mit denen sie den Eispanzer abschütteln. Andere Windparks aber müssen dann abgeschaltet werden. Derzeit versucht Matthias Lange, die Leistungsdaten der Anlagen aus vergangenen Eisregenereignissen mit meteorologischen Daten zu verknüpfen, um künftig besser abschätzen zu können, in welchen Situationen und in welchen Regionen tatsächlich Eisregen auftritt und wie stark das die Stromproduktion drosselt.

Schwierig wird es für die Prognostiker auch, wenn sich auf See abrupt der Wind ändert, wenn nach einer Flaute ein Sturmtief auf die großen Windparks trifft.

Dann schießt die Leistung der Anlagen innerhalb weniger Minuten von null ins Maximum. Fachleute sprechen von sogenannten Rampenereignissen, weil die Leistung extrem schnell ansteigt. Im umgekehrten Fall kann ein Sturm in Windeseile abflauen – dann geht es rapide von der maximalen Leistung auf null.

Zusammen mit der Universität Oldenburg, dem DLR und anderen Partnern testet Matthias Lange derzeit in dem Projekt „Windramp“ Laser, die Rampen künftig früher erkennen sollen. Dafür wurden sogenannte Lidar-Systeme (Light detection and ranging) auf einigen Windrädern in der Nordsee installiert.

Diese jagen alle 20 Millisekunden einen Laserblitz in die Ferne, um Sturmfronten zu entdecken, ehe diese auf den Windpark treffen. Der Laserblitz wird von Luftmolekülen und Aerosolen reflektiert. Da die Bewegung der Moleküle die Reflektion des Laserlichts beeinflusst, lässt sich aus dem zurückgeworfenen Licht die Geschwindigkeit des Windes ablesen. Das Projekt soll zeigen, wie gut und vor allem wie früh sich damit Sturmfronten detektieren lassen.

In der aktuellen Forschung geht es aber nicht nur um große Solar- und Windparks. Wichtig ist es auch, die Leistung der vielen kleinen Photovoltaikanlagen besser abzuschätzen, die auf immer mehr Wohnhäusern installiert werden. Denn auch sie bringen es auf eine große Leistung. Schiebt sich etwa Hochnebel über die Schwäbische Alb, dann können in wenigen Minuten Hunderte Megawatt Strom wegbrechen.

Stefanie Meilinger von der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg hat zusammen mit ihren Mitarbeitern



AUF DASS
NEBELFELDER ODER
BLAUSCHWARZE
GEWITTERFRONTEN
IHREN SCHRECKEN
VERLIEREN

einen ungewöhnlichen Weg gefunden, um das Nowcasting für diese Photovoltaikanlagen zu verbessern: Sie macht die Anlagen zum Strahlungssensor. „Photovoltaikanlagen nutzen ja permanent die Sonnenstrahlung, um Strom zu produzieren“, sagt die Professorin für Nachhaltige Technologien. „Da kann man diese Stromdaten zugleich nutzen, um die Intensität der Sonnenstrahlung zu messen – und diese Information für die Leistungsprognose nutzen.“ Doch was so simpel klingt, bedurfte einiger Vorarbeit. Zunächst mussten Stefanie Meilinger und ihre Mitarbeiter genauer untersuchen, wie Solarzellen bei unterschiedlichem Wetter auf die Sonnenstrahlung reagieren.

Es gibt viele verschiedene Solarzellen-Typen, die aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sind und die auf unterschiedliche Wellenlängen des Sonnenlichts ansprechen. Daher mussten die Forscher zunächst messen, wie viel Strom welche Solarzelle bei bestimmten Lichtverhältnissen produziert – etwa auch, wenn die Luft viel Staub oder viel Wasserdampf enthält. Mittlerweile konnte das Team um Stefanie Meilinger zeigen, dass das Konzept aufgeht. Tatsächlich eignen sich Photovoltaikanlagen als Sonnensensor. Für das künftige Nowcasting würde es reichen, einige wenige Anlagen in einer Region um die Sensor-

funktion zu erweitern. Sie könnten dann beispielsweise rechtzeitig melden, ob Hochnebel aufzieht. Auch für die Kombination von Photovoltaik und Batteriespeichern oder Elektroautos ist ein solches Sensornetzwerk sinnvoll. „Man kann die Akkus dann besonders batteriefreundlich laden, was die Lebensdauer erhöht“, sagt Stefanie Meilinger. „Je nachdem, wie die Wolken ziehen, könnte man gezielt Strom ins Netz oder in den Akku einspeisen.“

Solche Vorhersagen sind künftig vor allem für die Verteilnetze in den Städten und Dörfern wichtig. Diese waren ursprünglich dafür konzipiert, Strom nur in eine Richtung zu transportieren – vom Kraftwerk zu den Häusern. Mit den vielen Photovoltaikanlagen aber fließt immer mehr Strom in die entgegengesetzte Richtung – zurück ins Verteilnetz. Für die Energieversorger vor Ort wird es daher immer aufwendiger, den Strom in den kleinen Trafos im Stadtgebiet und an den Umspannwerken zu regeln und mit dem übergeordneten Stromnetz abzustimmen. „Ein zuverlässiges Nowcasting würde ihnen die Arbeit sehr erleichtern“, sagt DLR-Forscher Jonas Stührenberg. Wie Stefanie Meilinger hat auch er die vielen kleinen Photovoltaikanlagen im Blick, von denen es auch zwischen Ostfriesland und Oldenburg immer mehr gibt. Noch ist sein „Eye2Sky“-Netzwerk reine Forschung. Schon bald aber könnte so ein Netzwerk zu einem wichtigen Nowcasting-Werkzeug werden. Ein Anfang ist gemacht: Derzeit werden erste einzelne Skykameras in Solarparks installiert; also dort, wo es ohnehin schon Datenleitungen zu den Prognoseexperten gibt – auf dass Nebelfelder oder blauschwarze Gewitterfronten ihren Schrecken verlieren.

Tim Schröder ist studierter Biologie und seit mehr als 20 Jahren freier Wissenschaftsjournalist. Seine Texte wurden mehrmals mit Preisen ausgezeichnet, unter anderem dem Georg von Holtzbrinck Preis für Wissenschaftsjournalismus sowie dem Punkt – Preis für Technikjournalismus der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften.

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Nur mit Windrädern ist es nicht getan

VERÄNDERUNG

Kanzler Scholz verlangt ein
höheres Tempo beim
Ausbau der Erneuerbaren.

Doch mit neuen Wind-
und Solarparks allein wird
es nicht getan sein.

Das ganze Stromsystem
muss sich verändern



VON
MICHAEL BAUCHMÜLLER

Olaf Scholz hat das Unglaubliche ausgesprochen. Vier bis fünf Windräder, verlangt der Kanzler, sollen in diesem Land aufgestellt werden. Tag für Tag, bis 2030. Vier bis fünf Windräder, jeden Tag? Die Zahl erscheint illusorisch, wie so viele große Zahlen, die auf Tage, Stunden oder Minuten umgerechnet werden. Dabei ist das noch nicht der schwerste Teil der Übung.

Tatsächlich verlangt der Kanzler nur die Rückkehr zu einem Tempo, das es schon gab. Zwischen 2014 und 2017 wurde die heutige Kanzler-Vorgabe regelmäßig erreicht, im Rekordjahr 2017 wurden, auf die Tage umgerechnet, sogar mehr als fünf Windräder errichtet. Es war in den Jahren, bevor verkorkste Vergabe-Regeln den Zubau bremsen, und bevor hiesige Energieminister lieber über die Probleme der Windkraft redeten als über deren Chancen. Diese Zeiten sind, zum Glück, vorbei.

Stattdessen sind die Bedingungen mittlerweile so günstig wie lange nicht mehr, vielleicht günstiger denn je. Mit Kohle- und Atomausstieg stehen alle Weichen in Richtung einer klimafreundlichen und risikoarmen Stromerzeugung. Mit dem Krieg in der Ukraine dürfte auch dem Letzten klar geworden sein, dass Unabhängigkeit von Energieimporten ein Wert an sich ist – sei es von Kohle, Erdöl, Gas oder Kernbrennstoffen. Das verändert auch die öffentliche Debatte über neue Windparks. Genehmigungsverfahren werden absehbar kürzer, die Förderung steigt, Bürger und Kommunen lassen sich leichter an Erträgen beteiligen. Gar nicht ausgeschlossen, dass die Regierung von Olaf Scholz das scheinbar Unglaubliche auch ins Werk setzt.

Nur: Damit wird es nicht getan sein. Denn die Zahl neuer Windräder ist noch kein Garant für den Erfolg der Energiewende. Der entscheidet sich daran, ob rund um die erneuerbaren Energien ein System entsteht, das 24 Stunden am Tag an sieben Tagen in der Woche verlässlich Strom liefert – und zwar unabhängig davon, ob die Sonne gerade scheint und der Wind gerade weht. Diese Aufgabe ist weit anspruchsvoller als der Bau von Wind- und Solarparks, denn sie verlangt Intelligenz hinter der Steckdose, Stromleitungen in alle Richtungen und einen Strommarkt, der nach anderen Prinzipien funktioniert als bisher.

An diesem Strommarkt wird es Kraftwerke geben, die nur an wenigen Tagen im Jahr zum Einsatz kommen. Und das umso seltener, je stärker der Ausbau der Erneuerbaren voranschreitet. In solchen Stunden mögen diese Kraftwerke viel Geld verdienen, denn dann ist Strom ein knappes, teures Gut. Aber auch

jenseits dieser Stunden müssen sie einsatzbereit sein, Flauten lassen sich nicht planen. Der künftige Strommarkt muss die Betreiber also auch dafür entlohnen, dass sie jederzeit einspringen – und das idealerweise mit Kraftwerken, die nicht mit Erdgas laufen, sondern mit klimafreundlichem Wasserstoff. Erzeugen ließe sich dieser Wasserstoff, wie praktisch, aus überschüssiger erneuerbarer Energie.

Wenn dagegen im Laufe dieser Dekade zunehmend Großkraftwerke verschwinden, muss sich auch das Stromnetz verändern. Neben den wichtigen Nord-Süd-Leitungen für den Windstrom des Nordens wird es insgesamt dichter vermascht sein müssen, und das auch mit den europäischen Nachbarstaaten. Für jedes Netz gilt: Je dichter es gesponnen ist, desto stabiler wird es.

Stabiler wird es auch, wenn Angebot und Nachfrage enger verknüpft sind, etwa durch smarte Stromzähler. Sie erst machen variable Stromtarife möglich – mit dem Ergebnis, dass Haushalte Strom gerade dann nutzen können, wenn er im Überfluss vorhanden und billig ist. Und sei es, um den heimischen Batteriespeicher oder das E-Auto zu laden.

Ob rapider Ökostrom-Ausbau oder Umbau des Stromsystems – allem ist eines gemein: Man muss es nur wollen. Manche in der Ampel, vor allem in der FDP, fürchten bei derlei Umbau Markteingriffe des Staates. Sie sollten sich noch einmal mit dem vertraut machen, was an Europas Strommarkt vor sich geht: Dort konnten in den letzten Monaten nur Sonne und Wind die massiven Preisanstiege dämpfen. Und das nicht nur für Verbraucherinnen und Verbraucher, sondern auch für die Industrie.

Verbraucher können sogar selbst zu einem aktiven Teil der Energiewende werden – wenn sie den per PV-Anlage selbst erzeugten und in einer Stationärbatterie zwischengespeicherten Strom clever an der Strombörse vermarkten. Was mit einem Angebot wie dem des Unternehmens Sonnen problemlos und ohne großen Aufwand möglich ist. Wie das Handeln mit dem eigenen Strom funktioniert, erfahren Sie auf Seite 122.

MEIN STROM, DEIN STROM

GEMEINSCHAFT

Viele Experten fordern, dass die Energiewende nicht nur von Haus zu Haus, sondern in ganzen Wohnvierteln gedacht werden sollte.

Wie das klappen kann, zeigen zwei Modellprojekte



VON
NIELS HENDRIK PETERSEN

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Geht doch. Eine ehemalige Industriebrache in Kaiserslautern ist jetzt Vorzeigeprojekt für die Entwicklung eines klimaneutralen Quartiers. Hier, wo einst die Firma Pfaff 150 Jahre lang Nähmaschinen produzierte, sollen Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen künftig Ökoenergie teilen, zum Vorteil für alle. Das Pfaff-Areal war jahrzehntelang autark, eine gute Ausgangsposition für das Pilotmodell.

Schon vor fünf Jahren startete die Planung für das grüne Quartier. Auf dem Gelände der ehemaligen Nähmaschinenfabrik analysieren Forscher vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) nun den Energieausgleich auf Gebäude- und Quartiersebene. So sieht die neue Energiewelt aus: Ein Elektroauto kann beispielsweise Solarstrom laden oder auch wieder abgeben. Wärmepumpe oder Batteriespeicher können den Solarstrom puffern – da-

bei bleibt das Quartier als Gesamtsystem immer im Blick. Die Bundesregierung will Konzepte wie diese laut Koalitionsvertrag besonders fördern. „Eine Befreiung von Abgaben und Umlagen bei Quartieren sowie einen Förderzuschlag für selbige könnten einen ersten Schub für mehr Quartierskonzepte geben“, sagt Nicole Pillen. Sie leitet den Bereich Urbane Energiewende bei der Deutschen Energie-Agentur, kurz Dena. Quartiere helfen gleichzeitig lokale Potenziale auszuschöpfen. „Und dies führt durch die regionale Verankerung der Energieversorgung auch zu einer stärkeren Akzeptanz bei Bürgerinnen und Bürgern.“

Bei der Umsetzung hakt es aber noch, und die Liste der Mängel ist lang. Es besteht ein komplexes, intransparentes und unattraktives Regelwerk, das nur wenige Anreize für die Umsetzung von Konzepten für klimaneutrale Quartiere setzt. Das kritisieren Juristen der Wirtschaftskanzlei BBH, die eine Studie für die Dena erstellt haben. Die Gesetze in ihrer jetzigen Form verhindern fast schon, dass sich solche Quartierskonzepte in der Breite entwickeln können, resümieren die Anwälte.

Für die Energiewende bleiben somit allerdings wichtige Potenziale auf lokaler Ebene ungenutzt. „Wir haben in Deutschland einen immer größer werdenden Regulierungswahn“, warnt auch Professor Volker Quaschnig von der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin. Lange Zeit galt die Auffassung, Energiegemeinschaften würden mehr schaden als nutzen. Das habe auch die Energiewende verschleppt und die Abhängigkeit von fossilen Energien zementiert. Es gelte gerade in der jetzigen Lage, die regulatorischen Hindernisse schnell zu beseitigen, betont Quaschnig. „Sobald man Strom an Dritte abgibt, wird es rechtlich kompliziert. Wenn der Strom dabei auch nur einen Meter durch öffentliche Stromleitungen fließt, werden zahlreiche Abgaben fällig.“

Für kleine Akteure, die nicht in der Lage sind, komplexe Anmeldungen oder Abrechnungen zu bewerkstelligen, sei das in der Regel eine unüberwindbare Hürde. „Wir brauchen sehr einfache und pauschale Regelungen“, fordert Quaschnig. Die Netzentgelte müssten künftig abhängig von der Entfernung gestaltet werden. Das bedeutet: Kurze Entfernungen bleiben abgabenfrei, um rechtliche und finanzielle Hürden klein zu halten und positive Anreize für ein Engagement vor Ort zu stärken.

Das zu erschließende Potenzial ist enorm: In Gebieten, in denen eine vernetzte Wärmeversorgung technisch möglich ist, könnten so rund 57 Prozent des Wärmebedarfs gedeckt werden. „Die Klimaneu-

”
IN DEUTSCHLAND
HABEN WIR
EINEN IMMER
GRÖßER
WERDENDEN
REGULIERUNGS-
WAHN
“

tralität im Wärmesektor werden wir nicht ohne Quartierskonzepte erreichen“, sagt Co-Studienautor Tim Sternkopf, Experte für die Quartiersversorgung bei der Dena. Ob sie 20 oder 60 Prozent der Projekte ausmachen, sei dabei fast nebensächlich. Für viele Bestandsquartiere kommt für die Erreichung der Klimaneutralität eine vernetzte Wärmeversorgung infrage. „Und weil die Wärmelieferverordnung die niedrigen Energiepreise der letzten Jahre als Vergleichskriterium heranzieht, ist für viele Projekte derzeit keine Umsetzung möglich“, erklärt Sternkopf. Hier müsse dringend nachgebessert werden, damit im Hinblick auf das Klimaneutralitätsziel 2045 keine wertvolle Zeit verloren gehe.

Der Gesetzgeber muss dringend die Bedingungen für Wärmelieferung verbessern, da die derzeitige Situation bei den Energiepreisen eine Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung im Bestand stark beeinträchtigt. Die Energiepreise der vergangenen Jahre sind daher kein geeignetes Vergleichsmaß, weil Erdgas und Heizöl langfristig teuer und womöglich auch knapp sein werden.

Derzeit fehlt es sogar noch an einem einheitlichen Verständnis für den Begriff des Quartiers oder auch des räumlichen Zusammenhangs in den Gesetzes-

texten. Zudem sind die entsprechenden Gesetze nicht ausreichend harmonisiert. So seien solche Quartierskonzepte von mehreren Gesetzen gleichermaßen abhängig – die aber gleichzeitig nicht zusammen funktionieren, sagt Sternkopf. Die Dena möchte künftig ein Modell für räumlichen Zusammenhang, das Gebäude, Gebäudegruppe und einen Stadtteil voneinander abgrenzt. Das soll bei einer schnelleren Umsetzung helfen. Die Energie-Agentur unterscheidet zwei lokale Modelle, von denen Bürger profitieren können. Erstens eine Vor-Ort-Versorgung, bei der ein abgegrenztes Gebiet mit einem eigenständigen Stromnetz mit dem Netz der allgemeinen Versorgung verbunden ist. Und zweitens die Möglichkeit zu virtuellen Energiegemeinschaften. Die Mitglieder können hier räumlich verteilt sein. So sollen lokale Energiepotenziale besser erschlossen und genutzt werden können.

Andere Länder sind da weiter: In Spanien beispielsweise ist eine kollektive Versorgung bis 100 Kilowatt Leistung schon möglich, wenn diese über einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt einspeist. Umlagen, Gebühren, Abgaben oder Steuern wurden für Betreiber von Solaranlagen gestrichen. Und auch die Nutzung des öffentlichen Stromnetzes innerhalb dieser Energiezellen ist unter bestimmten Bedingungen möglich. Die Spanier zeigen mit diesem Ansatz, was möglich wäre. Denn die EU will das sogenannte Energy Sharing für die Bürgerinnen und Bürger ausdrücklich fördern und hat das bereits 2019 in der Richtlinie für Erneuerbare Energien mit einer Umsetzungsfrist bis Mitte 2021 verankert. Die neue Bundesregierung hat sich das auch deshalb in den Koalitionsvertrag geschrieben.

Energy Sharing ist nach der Definition des Bündnis Bürgerenergie (BBEn) das Teilen von grünem Strom über das Verteilnetz. „Die Bundesregierung muss dafür sorgen, dass sich dieses Geschäftsmodell auch finanziell lohnt“, fordert Viola Theesfeld, Referentin für Energiepolitik und Energiewirtschaft beim BBEn. Dafür sei ein Marktrahmen gefragt, der die Gründung von sogenannten Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften ermöglicht, damit diese Wind- und Photovoltaikanlagen gemeinschaftlich errichten und den erzeugten Strom über das Verteilnetz ihren Mitgliedern zur Verfügung stellen können, erklärt Theesfeld. Das Potenzial für das Energy Sharing hat das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung im Auftrag des BBEn errechnet. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass 90 Prozent aller Haushalte in Deutschland mit vergünstigtem Ökostrom aus dem Konzept

eines Energy Sharing versorgt werden könnten. Zudem könnten 35 Prozent des bis 2030 geplanten Ökostrom-Ausbaus so bewältigt werden. Mitglieder dieser neuen Ökoenergie-Gemeinschaften könnten demnach mindestens zwölf Prozent der Investitionskosten ihrer Anlagen beisteuern. Das entspricht Investitionen von 6,5 bis 12,8 Milliarden Euro. Jedes Mitglied wäre im Schnitt mit 100 bis 200 Euro selbst an den Anlagen beteiligt – das steigert auch die Akzeptanz für die Energiewende insgesamt.

Noch ist das Pionierarbeit. Und die gibt es nicht nur auf dem ehemaligen Pfaff-Areal in Kaiserslautern, sondern auch im Schwarzwald. Der Ökoenergieversorger EWS Schönau hat ein Modellprojekt in seinem Heimatort gestartet. 30 Teilnehmer, 20 Solarstromanlagen sowie Batteriespeicher, Elektroautos und einige kleine Blockheizkraftwerke arbeiten hier zusammen. Die kleinen Erzeuger werden zu einem virtuellen Bürgerkraftwerk gebündelt. Auch hier regelt eine Software die Stromflüsse, um die Versorgung zu sichern und die Schwankungen im Stromnetz auszugleichen. Strom, Wärme und Verkehr wachsen so zusammen und können sich gegenseitig puffern. Alle Daten sind jederzeit live im Internet einzusehen. In Schönau hat man das schon 2017 auf den Weg gebracht.

Auch Wildpoldsried, wo Sonnen seinen Hauptsitz hat, ist ein Vorzeigeprojekt in Sachen Energiewende. Die kleine Gemeinde erzeugt ein Vielfaches mehr an Strom, als sie selber braucht. Es gibt als kaum einen besseren Ort für die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten des Energieunternehmens. Wie Sonnen in Wildpoldsried an der Energieversorgung der Zukunft arbeitet, erfahren Sie auf Seite 125.

Was frisst den Strom im Haus?

SMART METER

In deutschen Haushalten sind derzeit noch relativ wenige intelligente Stromzähler installiert. Das soll sich jetzt ändern.

Was kommt damit auf die Verbraucher zu?

Und erleichtern die neuen Geräte das Energiesparen?



VON
RALPH DIERMAN

LESEDAUER: 8 MINUTEN
Ihre Tage sind gezählt: Die meist im Keller montierten schwarzen Kästen mit der Drehscheibe und den rotierenden Ziffern, die den Stromverbrauch messen, werden nach und nach durch digitale Messgeräte oder sogenannte Smart Meter ersetzt. Sie sollen mehr Transparenz beim Verbrauch ermöglichen – und so Haushalten helfen, Einsparpotenziale zu erkennen. Bislang kommt der Zählertausch allerdings nur schleppend voran. Die Bundesregierung will nun für

mehr Tempo sorgen. Was man über die neuen digitalen Messgeräte wissen sollte.

Was ist ein Smart Meter?

Ein Smart Meter besteht aus zwei Komponenten: einem digitalen Zähler, der den Stromverbrauch des Haushalts erfasst, und einem Modul, das die Daten an den sogenannten Messstellenbetreiber, meist die örtlichen Stadtwerke, überträgt und auch umgekehrt Signale empfangen kann. Im Amtsdeutsch heißt der

Zähler „moderne Messeinrichtung“ und das Funkmodul „Smart Meter Gateway“. Zusammen bilden sie das „intelligente Messsystem“, ein anderer Begriff für Smart Meter. Der Messstellenbetreiber leitet die vom Smart Meter empfangenen Daten an den Stromversorger und den lokalen Netzbetreiber weiter. Wer dagegen nur einen digitalen Zähler erhält, muss den Verbrauch wie gewohnt selbst auslesen und seinem Versorger melden. In Mehrparteienhäusern übernimmt diese Aufgabe oft auch ein Ablesedienst oder der Hausmeister.

Wer bekommt jetzt einen neuen Zähler?

„Alle Haushalte erhalten in den kommenden Jahren mindestens eine moderne Messeinrichtung, also einen digitalen Stromzähler“, erklärt Fabian Fehrenbach, Referent Energierecht bei der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz. Einen Smart Meter dagegen bekommen standardmäßig nur Haushalte mit einem jährlichen Verbrauch von mehr als 6000 Kilowattstunden – was sehr viel ist. Der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch eines Haushalts mit vier Personen liegt laut dem Vergleichsportal Check 24 bei 4250 Kilowattstunden. Unabhängig vom Verbrauch sind darüber hinaus Betreiber von Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von mehr als sieben Kilowatt sowie von fernsteuerbaren Wärmepumpen verpflichtet, einen Smart Meter einbauen zu lassen. Nach Berechnungen des Digitalverbandes Bitkom waren bis Anfang 2022 hierzulande allerdings erst 150000 Smart Meter installiert. Daher hat die Bundesregierung im Sommer beschlossen, deren Einbau mit einer Überarbeitung des Rechtsrahmens zu beschleunigen. Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck hat jetzt angekündigt, dafür in den nächsten Wochen einen Entwurf vorzulegen.

Was müssen Haushalte für einen digitalen Zähler oder Smart Meter zahlen?

Der Einbau ist gratis. Im Gegenzug können die Messstellenbetreiber laut Gesetz für den Betrieb digitaler Zähler aber bis zu 20 Euro im Jahr verlangen – etwas mehr als für die analogen Zähler, für die Haushalte im Durchschnitt etwa 13 Euro im Jahr bezahlen müssen. Der Betrag ist in der monatlichen Grundgebühr enthalten, die Kunden an ihre Stromversorger zahlen müssen. Deutlich teurer wird es mit einem Smart Meter: „In Haushalten mit mehr als 6000 Kilowattstunden Verbrauch oder Wärmepumpen sowie Photovoltaikanlagen mit einer Leistung zwischen sieben und 15 Kilowatt dürfen die Messstellenbetreiber bis zu 100 Euro im Jahr berechnen“, sagt Fehrenbach.

Kann man sich auch in Eigeninitiative einen Smart Meter einbauen lassen, unabhängig vom Stromverbrauch?

Ja, jeder Haushalt kann sich freiwillig für einen Smart Meter statt für einen einfachen digitalen Zähler entscheiden. Das muss beim zuständigen Messstellenbetreiber beantragt werden. Allerdings gilt dann die gesetzlich festgelegte Preisobergrenze nicht mehr. Eine alternative Lösung bietet der Stromversorger Tibber: eine Funkeinheit, die nachträglich auf den vorhandenen digitalen Zähler gesetzt wird, um die Verbrauchsdaten auszulesen. Sie überträgt die Informationen dann per WLAN auf Smartphone oder Computer des Kunden. Wer keinen Strom von Tibber bezieht, muss für das Modul einmalig 140 Euro bezahlen.

Was bringen digitale Zähler und Smart Meter den Verbrauchern?

Die meisten digitalen Zähler zeigen auf ihren Displays an, wie viel Strom ein Haushalt am laufenden Tag, in der Woche, im Monat und im Jahr verbraucht hat. Die Daten lassen sich rückwirkend für bis zu zwei Jahre darstellen. Das soll den Verbrauchern helfen, Stromfresser im Haushalt zu erkennen. Gerold Happ, Mitglied der Geschäftsführung des Eigentümer-Verbandes Haus & Grund, bezweifelt allerdings, dass die digitalen Zähler den Haushalten wirklich nutzen. „Oft sind die Zähler im Keller montiert. Man muss schon sehr motiviert sein, dort nachzuschauen, wie sich der Stromverbrauch entwickelt. Und selbst wenn das der Fall ist, schwindet die Motivation doch erfahrungsgemäß schnell“, sagt er.

Viel bequemer ist der Zugang zu den Informationen dagegen mit einem Smart Meter. Da die Geräte in der Lage sind, Daten zu versenden, können die Stromkunden ihren Verbrauch über eine App auf dem Smartphone oder dem Computer einsehen. „Digitale Daten, auf die jederzeit zugegriffen werden kann, bieten deutlich mehr Transparenz als die jährliche Stromrechnung per Post oder der Stromzähler im Keller, der noch per Hand abgelesen werden muss“, sagt Alexander Steinfeldt, Projektleiter bei der gemeinnützigen Beratungsgesellschaft CO2online. Darüber hinaus machen es Smart Meter auch möglich, zeitvariable Stromtarife in Anspruch zu nehmen. Das Besondere an diesen Tarifen ist, dass sich die Kosten pro Kilowattstunde im Stundentakt verändern, abhängig von der Preisentwicklung an der Strombörse. Was die Kunden jeweils für den Strom bezahlen müssen, bekommen sie am Vortag angezeigt. Mit einem solchen Tarif könnten sie etwa die Waschmaschine

oder den Geschirrspüler gezielt dann laufen lassen, wenn der Strompreis gerade niedrig ist. Allerdings ist das Angebot an solchen Tarifen hierzulande noch sehr überschaubar. Mit zunehmender Zahl von Smart Metern dürfte es jedoch auch mehr dieser dynamischen Tarife geben.

Kann man sich gegen den Einbau eines digitalen Stromzählers oder eines Smart Meter wehren?

Nein, sagt Verbraucherschützer Fehrenbach – allenfalls könne man zu einem anderen Messstellenbetreiber wechseln, der eventuell ein günstigeres Angebot macht. „Dort könnten die Preise aber auch höher liegen, denn die gesetzlich geregelten Preisobergrenzen gelten bei einem Anbieterwechsel nicht“, gibt Fehrenbach zu bedenken. Dazu komme, dass es bislang wenige alternative Messstellenbetreiber am Markt gibt.

Wie steht es um die Datensicherheit?

„Wie bei jedem Gerät, das Daten über Funk oder Kabel versendet, ist ein intelligentes Messsystem durch Personen und Unternehmen mit kriminellen Absichten grundsätzlich angreifbar“, erklärt Fehrenbach. Deshalb stelle das betreffende Gesetz hohe Anforderungen an die Messstellenbetreiber. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) prüft, ob die Vorgaben erfüllt werden. Es dürfen nur Geräte installiert werden, die vom BSI freigegeben worden sind. Dabei ist die Behörde sehr streng: Bislang haben die Experten erst für wenige Smart-Meter-Modelle grünes Licht gegeben.

Gibt es Smart Meter denn auch für die Heizwärme?

Auch bei der Wärmeversorgung halten Smart Meter Einzug: Die im Dezember vergangenen Jahres in Kraft getretene Neufassung der Heizkostenverordnung verlangt, dass alle neu installierten Zähler aus der Ferne ablesbar sein müssen. Bestehende Zähler müssen bis Ende 2026 durch Smart Meter ersetzt werden. Der jährliche Besuch des Heizungsablesers ist damit Vergangenheit. Mit dem Einbau der neuen Zähler werden Vermieter verpflichtet, ihre Mieter monatlich über Energieverbrauch und -kosten zu informieren. Angesichts der hohen Gas- und Fernwärmepreise könnten solch regelmäßige Meldungen den Bewohnern einen Anreiz geben, ihr Verbrauchsverhalten zu ändern. Denn schließlich sehen sie so nicht erst bei der Jahresabrechnung, was es bringt, wenn sie die Heizung weniger stark aufdrehen oder kürzer dusch. Sperren können sich Vermieter gegen den Einbau von smarten Zählern zur Erfassung des Heiz- und Warmwasserverbrauchs nur dann, wenn mit dem Einbau untragbar großer technischer Aufwand und

damit hohe Kosten verbunden wären, sagt Haus- und Grund-Experte Gerold Happ – „etwa, wenn das Funk-signal von den Wänden abgeschirmt würde, sodass bauliche Veränderungen nötig wären, um die Daten zu übertragen. Aber das gilt nur für ganz, ganz wenige Einzelfälle“.

Es gibt viele Tricks, um seinen Verbrauch zu senken und Energiekosten zu sparen. Antworten auf die wichtigsten Fragen gibt SZ-Autor Niels Hendrik Petersen auf Seite 93.

ÖKOLOGISCHES WOHNEN FÜR ALLE

BAUBRANCHE

Die Bauingenieurin Lamia Messari-Becker berät die Bundesregierung in Zukunftsfragen. Ein Gespräch über emissionsarmes Bauen, die Rolle jedes Einzelnen bei der Energiewende – und wie Abwasser dabei helfen kann



INTERVIEW
CHRISTINE MATTAUCH

LESEDAUER: 9 MINUTEN

Die Bauwirtschaft kann Teil der Lösung im Kampf gegen den Klimawandel sein, sagt Lamia Messari-Becker, Professorin für Gebäudetechnologie und Bauphysik an der Universität Siegen. Die Bauingenieurin gehört dem Expertenkreis Zukunft Bau der Bundesregierung an und ist Mitglied im Club of Rome International.

SZ: Frau Messari-Becker, vor 50 Jahren legte der Club of Rome seinen Bericht über die „Grenzen des Wachstums“ vor. Wie relevant sind die damaligen Erkenntnisse für das Bauen von heute?

Lamia Messari-Becker: Das Buch war ein Weckruf. Es hat nicht nur die Folgen von Industrialisierung, Rohstoffabbau und Bevölkerungswachstum untersucht, sondern auch dargestellt, dass Ökologie und Öko-

nomie ins Gleichgewicht gebracht werden können. Das ist heute aktueller denn je, auch fürs Bauen.

Im Fokus stehen heute Klimaziele, mit denen die Erderwärmung begrenzt werden soll. Warum kommt es dabei besonders auf die Baubranche an?

Bauen steht weltweit für ein Drittel der CO₂-Emissionen, für 40 Prozent des Endenergiebedarfs und 50 Prozent des Materialverbrauchs. Bildlich ausgedrückt, trägt jeder Bundesbürger einen Materialrucksack von fast 400 Tonnen – eine erschreckend hohe Zahl.

Wie lässt sich die Belastung reduzieren?

Indem wir maximal Rohstoffe sparen. Das Bauen der Zukunft muss materialsparsam, energieeffizient und kreislauffähig werden, und zwar weltweit. China hat zwischen 2011 und 2013 so viel Zement verbraucht wie die USA im ganzen 20. Jahrhundert. Die Welt wächst um 2,6 Menschen pro Sekunde. Würden unsere westlichen Baustandards unverändert global übertragen, müsste man pro Sekunde fast 1300 Tonnen Baustoffe verbauen. Das geht nicht oder nur zu Lasten der Umwelt. Unsere einzige Chance ist, beim Materialeinsatz neue Lösungen zu finden.

Konkret: Was müssen wir tun für eine Zukunft ohne Emissionen?

Ganz ohne Emissionen wird es nicht gehen. Ich würde von einer Zukunft sprechen, in der das Bauen die Umwelt nicht über Gebühr belastet, etwa durch kreislaufgerechtes Bauen. Wir müssen davon wegkommen, dass am Ende der Lebensdauer eines Gebäudes viel Material in Richtung Deponie geht. Abfall ist eine ungenutzte Ressource! Die Autoindustrie macht es uns vor. Autos sind zerlegbar bis auf die letzte Schraube. Das muss auch bei Gebäuden gelingen. Damit würden wir sowohl Rohstoffabbau als auch indirekt die Emissionen reduzieren, und dabei muss niemand auf etwas verzichten.

Im Bestand liegt das größte Potenzial zur CO₂-Einsparung?

Der Bestand steht für rund 90 Prozent der gebäudebezogenen Emissionen in Deutschland. Man muss neue Wege gehen und Mut zur Veränderung zeigen: umnutzen, nachverdichten, aufstocken. Es gibt Vorbilder wie die Frankfurter Platensiedlung, wo 688 Wohnungen durch Aufstockungen und Nachverdichtung entstanden sind. Der Vorteil ist, dass wir Flächen schonen, Abriss und Abfall vermeiden und damit Ressourcen schonen.

Wie können solche Ansätze Standard werden?

Indem wir ein Umbaurecht etablieren, das es erleichtert, mit dem Bestand zu arbeiten. Wir müssen

”
AUTOS SIND
ZERLEGBAR
BIS AUF DIE LETZTE
SCHRAUBE.
DAS MUSS AUCH
BEI GEBÄUDEN
GELINGEN
“

Hemmnisse im Bau- und Planungsrecht abbauen. Und grundsätzlich muss ein Ressourcenausweis her, der berücksichtigt, welche Aufwände an Rohstoffen und Emissionen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes entstehen. Der heutige Energieausweis erfasst nur den Energiebedarf etwa bei Heizung und Warmwasser, aber eben nicht die sogenannte graue Energie.

Gemeint ist die Energie, die für Produktion und Transport von Baustoffen aufgewendet worden ist und somit auch im Bestand steckt.

Genau. Die KfW muss daher über Energiestandards hinaus kreislauffähiges Bauen fördern. Das würde bei Investoren, Herstellern und Planern eine Innovationswelle begründen – und dafür sorgen, dass das, was Leuchtturmprojekte heute ausmacht, in die Breite kommt.

Was muss noch geschehen, um dem Ziel von null CO₂-Emission nahezukommen?

Derzeit ist die Energiewende stromfokussiert, dabei macht Strom nur 20 Prozent unseres Energiebedarfs aus. Was die Politik sträflich vernachlässigt und was uns jetzt auf die Füße fällt, ist eine echte Wärmewende. Dazu gehören andere Energieträger wie Geothermie, Solarthermie, Abwasserwärmerückgewinnung: Warmes Abwasser vom Duschen oder Händewaschen landet heute in der Kanalisation. Dabei ist diese Wär-

me eine Ressource, die sich über Wärmetauscher zurückgewinnen lässt. Ich habe Gebäude mitgeplant, die auf diese Weise 20 Prozent des Heizbedarfs decken. All das kann in kommunalen Wärmeplanungen organisiert werden.

Wir sollten in größeren Maßstäben denken?

Ja, wir schauen zu sehr auf Einzelgebäude und zu wenig auf Quartiere. Dort lassen sich Projekte umwelt- und kosteneffizienter realisieren. Unterm Strich reduziert man so mehr CO₂-Emissionen. Quartiere haben auch eine soziale Kraft: Nachbarn überzeugen Nachbarn, es gibt Nachahmer-Effekte.

Warum schaffen innovative Techniken und Ideen nur selten den Sprung in die gebaute Praxis?

Das hat viele Gründe: Die anwendungsorientierte Bauforschung hat in den letzten Jahren gelitten, und 16 Länderbauordnungen erschweren Wissenstransfer. Ich wage überdies die These, dass sich die Politik zu wenig von Leuten beraten lässt, die etwas von Technik und Machbarkeit verstehen. Ingenieurinnen und Ingenieure müssen mehr Gehör finden.

Was raten Sie privaten Häuslebauern?

Bei ihnen ist es oft keine Frage des Wollens, sondern der finanziellen Möglichkeiten. Prinzipiell ist es wichtig, auf erneuerbare Energien und nachhaltige Baustoffe zu setzen. Dabei hilft die Überlegung: Welche Produkte sind wirklich langlebig, welche muss ich bereits in 20 Jahren erneuern? Und doch bringt das alles wenig, wenn ein Haus nach 50 Jahren abgerissen wird, weil bei der Planung keine generationenübergreifende Nutzung bedacht wurde. Ein Haus muss insgesamt nachhaltig sein, auch im sozialen Sinne.

Erben reißen das Haus von Eltern oder Großeltern meist ab und bauen neu. Unter Ökologieaspekten wären Umbau oder Ausbau doch günstiger?

Aus eigener Erfahrung weiß ich, wie schwierig es heute ist, ein Haus um- oder auszubauen und alle erforderlichen Standards einzuhalten. Energetisches Sanieren lohnt sich zwar. Ob das in der individuellen Situation attraktiv ist, ist eine andere Frage. Noch einmal, wir brauchen ein Umbaurecht. Weniger Papierkrieg! Es muss attraktiv und leichter werden, den Bestand weiter zu nutzen, und damit auch die großen Mengen grauer Energie, die in ihm steckt.

Nach 23 Jahren hat Deutschland wieder ein eigenständiges Bauministerium. Welche Reformen sollte Ministerin Geywitz in Angriff nehmen?

Es gibt viel zu tun: Kreislauffähigkeit fördern, Reformen im Bau- und Planungsrecht anschieben, einen Ressourcenausweis einführen. Denkbar ist eine verpflichtende Rückbaugenehmigung: dass die Planen-

den, egal ob im Neubau oder im Bestand, den Rückbau mitdenken müssen. Wir brauchen Quartiersansätze, Flächeneffizienzprogramme, eine digitale Bauakte. Ganz wichtig ist auch die angedachte Initiative Bündnis bezahlbares Wohnen. Ökologisches Wohnen darf kein Eliteprojekt bleiben.

Das klingt nach einem echten Neustart in der Bauwirtschaft.

Das würde ich nicht sagen. Die Bauwirtschaft hat ihre CO₂-Emissionen in den vergangenen 30 Jahren um 40 Prozent reduziert. Das ist ein Erfolg. Aber es reicht eben noch nicht, wir müssen weiter. Der Gebäudesektor soll laut der Bundesregierung in den nächsten neun Jahren das schaffen, was er zuvor in drei Jahrzehnten geschafft hat. Das ist extrem ambitioniert.

Einerseits will die Bundesregierung pro Jahr 400000 Wohnungen zusätzlich schaffen – andererseits sollen die Emissionen der Bauwirtschaft nicht steigen, sondern sinken. Das ist doch ein Widerspruch?

Es ist zwar nicht nur eine Frage des Energiestandards im Betrieb, aber grundsätzlich sind schon heute Plusenergiegebäude möglich, die mehr Energie produzieren als sie verbrauchen.

Aber sie sind eine Ausnahme.

Weil sie extrem teuer sind. Ich erinnere mich an ein Projekt in Berlin, bei dem allein die Haustechnik weit über 500000 Euro kostete. Das ist keine Lösung für die Breite.

”
EIN HAUS MUSS
INSGESAMT
NACHHALTIG SEIN,
AUCH IM SOZIALEN
SINNE

“

Wenn solche Projekte im großen Maßstab realisiert würden, müssten sie doch billiger werden?

Richtig. Wenn ich Bauen skalieren, spart das Kosten. Die Lösungen, die wir derzeit im seriellen Bauen haben...

...wenn also Gebäude schnell mit industriell vorgefertigten Bauteilen errichtet werden...

...sind effizient. Der Plusenergie-Standard bleibt trotzdem sehr kostenintensiv. Wir könnten auch Gebäude anstreben, die genau so viel Energie erzeugen wie sie verbrauchen, also energieautark sind. Wichtig ist auch, dass sie kreislauffähig sind. Und architektonisch ansprechend. Vielfalt ist über Fassadengestaltung und Materialwahl möglich. Serielles Bauen hat sofort ein Akzeptanzproblem, wenn alle Gebäude gleich aussehen. Die Wohnungen sollten überdies flexible Grundrisse haben, sodass große in kleine geteilt werden können und umgekehrt. Die Demografie muss in die Bausprache übersetzt werden. Dadurch sinkt automatisch der Wohnflächenbedarf pro Kopf.

Der Trend geht bislang in die andere Richtung: 1990 wohnte ein Bundesbürger auf durchschnittlich 35, heute auf fast 50 Quadratmetern...

... und die Energiesparbemühungen werden damit zum Nullsummenspiel. Wir müssen anerkennen, dass dieser Trend auch mit der Demografie, der Arbeitsmobilität und mehr Singlehaushalten zu tun hat. Denkbar wäre, Wohnungen im Wandel zu halten und immer wieder lebensphasenorientiert zu belegen, etwa über Tauschbörsen oder Förderprogramme. Es gibt Rentner, die in großen Wohnungen leben und sagen: Ich brauche doch gar nicht mehr so viel Platz.

Viele Klimaschützer befürchten, dass uns die Zeit ausgeht und setzen auf Verbote statt auf Anreize.

Wäre das aus Ihrer Sicht der richtige Weg?

Ich bin gegen Verbots- und Verzichtsrhetorik. Panik führt dazu, dass falsche Lösungen propagiert werden. Wir brauchen beim Klimaschutz mehr Ideen, mehr technische und soziale Innovation, mehr Wettbewerb. Nur so erreichen wir, dass genügend Leute diesen Weg mitgehen. Klar, es gibt dieses Narrativ „Wir haben keine Zeit mehr“. Aber das halte ich für falsch. Der Klimaforscher Jochem Maroztke, Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie, sagt: „Es gibt keinen Punkt, an dem es kein Zurück mehr gibt, denn es lohnt sich immer, weitere Erwärmungen zu verhindern.“

Lamia Messari-Becker tritt in dieser Langstrecke auch als Autorin eines Gastbeitrags auf, in dem sie sich ausführlich mit dem Thema Klimaschutz im Gebäude- und Bausektor auseinandersetzt. Sie finden den Text auf Seite 56.

Deutschlands ungenutzte Dächer

POTENZIALE

Solarstrom von Deutschlands Dächern könnte laut einer Studie zehn Kohlekraftwerke ersetzen. Doch bisher liegt das Potenzial weitgehend brach, obwohl sich eine Investition für Eigenheimbesitzer meistens auszahlt



VON
ROLAND PREUSS

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Als Hausbesitzer auf Solarstrom zu setzen, ist in den vergangenen Jahren attraktiver geworden. Die Preise für Öl und Gas sind steil gestiegen, auch Strom ist teurer geworden. Die Preise für Solarmodule dagegen sind gefallen, mit ihnen lässt sich viel günstiger Strom selbst erzeugen als vom Versorger kaufen - man leistet zudem einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Unabhängigkeit von autoritären Herrschern über Öl und Gas wie Russlands Präsident Wladimir Putin.

Wie groß aber ist das Potenzial, das Deutschlands Privathäuser für Solarstrom bieten? Das hat nun der Solarstromanbieter Lichtblick zusammen mit dem Bonner Forschungs- und Beratungsunternehmen EUPD Research für Ein- und Zweifamilienhäuser ermittelt. Die Untersuchung wird kommenden Dienstag vorgestellt und liegt der Süddeutschen Zeitung vor. Demnach gibt es viel mehr Möglichkeiten auf den Eigenheimen, als bisher genutzt werden. 10,8 Millionen Privathäuser sind für Solarstrom geeignet, würde das

Potenzial ausgeschöpft, so die Autoren, würden sie pro Jahr so viel Strom erzeugen wie zehn mittlere Kohlekraftwerke. Diese Woche erst hatte Wirtschaftsminister Robert Habeck (Grüne) angekündigt, mehr Kohlekraftwerke in Betrieb zu nehmen, damit bei der Stromerzeugung Gas eingespart werden kann.

Die Untersuchung sieht sieben Schlüsseltechnologien für die Energiewende im Eigenheim. Am weitesten verbreitet seien Solarstromanlagen, sie sind auf immerhin 16 Prozent der geeigneten Häuser installiert, oft wird der Sonnenstrom dann ins Netz eingespeist. Die Nutzung des gewonnen Solarstroms im eigenen Haus ist jedoch seltener, nämlich bei Wärmepumpen (acht Prozent der Häuser), Autoladestationen (acht), Heimspeichern (vier), Elektroautos (drei), intelligenten Stromzählern (drei) und Systemen zum Management des Energieverbrauchs (zwei Prozent). Nimmt man all diese Optionen zusammen, so werden die Möglichkeiten nur zu knapp einem Zehntel ausgeschöpft. Um sie voll zu nutzen, müsste man laut EUPD rund 131 Milliarden Euro investieren. Die Idee hinter einem Ausbau ist, dass Hausbesitzer sowohl Produzenten als auch Verbraucher des Stroms sind.

Würden alle 10,8 Millionen Haushalte von den bisher weitverbreiteten Öl- und Gaskesseln sowie Benzin- und Dieselaautos auf Stromheizungen und Elektromobilität umsteigen, so würde ihr Energiebedarf um zwei Drittel sinken. Laut einer Modellrechnung der Studie können Eigenheimbesitzer so über 20 Jahre bis zu 55000 Euro sparen, wenn der Solarstrom bei hohen Energiepreisen über die Börse vermarktet wird, ließen sich bis zu 95000 Euro erwirtschaften. Durch die Digitalisierung und Vernetzung von Solaranlagen, Speichern, Wärmepumpen und Elektroautos könnten die Anlagen wirtschaftlicher und die Häuser weitgehend autark werden. Einer der Hauptprobleme der Solarstrom-Nutzung ist die Speicherung der Energie für die Zeit, in der zu wenig Sonne scheint. Dies könnte durch zusätzliche Großspeicher und die Nutzung von E-Auto-Akkus gelöst werden, heißt es bei Lichtblick.

Warum werden dann nicht mehr Solarstromanlagen installiert? Einen wichtigen Grund sieht die Studie bei dem Wust an Bürokratie, durch den sich Privatleute kämpfen müssen. So gibt es Vorschriften für die Verbindung der Solaranlage mit dem öffentlichen Stromnetz und zur Messung des Stroms, der verbraucht und der ins Netz eingespeist wird. „Es gibt 900 Netzbetreiber, und die können alle ihre eigenen technischen Anschlussbedingungen bestimmen“, sagt Ralf Schmidt-Pleschka von Lichtblick. Sehr viele hät-

ten da ihre individuellen Vorstellungen, wie das zu passieren habe. „Deshalb fordern wir bundesweit einheitliche Anschlussbedingungen.“

Lichtblick bietet selbst Ökostrom an und die Installation von Solaranlagen auf Privatdächern. Die Einschätzung des Potenzials für Solaranlagen auf Privathäusern sei aber „plausibel“, sagt Harry Wirth, der beim Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg den Bereich Photovoltaik, Module und Kraftwerke leitet. Sein Institut hat das solare Potenzial für alle deutschen Dächer errechnet. Ergebnis: Man könnte damit so viel Strom produzieren wie 23 große Kohlekraftwerke. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern lasse sich das meist schneller nutzen als etwa bei Miets- oder Mehrfamilienhäusern, wo oft komplizierte Regelungen nötig sind, sagt Wirth.

Allein auf die Sonne zu setzen, da sieht Wirth Probleme für eine zuverlässige Stromversorgung. „Die Batterien alleine reichen nicht zur Speicherung, die sind nach ein paar Stunden leer.“ Windkraft könne dies zumindest teilweise ausgleichen, nötig sei perspektivisch auch die Speicherung des Stroms in Form von Wasserstoff. Dennoch bleibe ein großer Vorteil für Solarstrom vom Hausdach: „Man bekommt Strom zu einem sicheren Preis - und das ist viel wert bei stark schwankenden Energiepreisen.“

Besonders schwierig ist die Installation von Solaranlagen auf den gut 3,3 Millionen Mehrparteienhäusern in Deutschland mit ihren etwa 43 Millionen Wohnungen. Wie auch dort eine PV-Anlage realisiert werden kann, erfahren Sie auf Seite 48.

Ein Dach als Solarkraftwerk

ÜBERSCHUSS

Beim Neubau eines Pflegeheims in Lenggries sollen Photovoltaik-Module die Ziegel ersetzen. Das würde die Leistung so erhöhen, dass weitere Häuser mit Strom versorgt werden könnten – und immer noch Energie übrig bliebe



VON
PETRA SCHNEIDER

LESEDAUER: 2 MINUTEN

Im September hat der Gemeinderat beschlossen, auf dem Dach des geplanten Pflegeheim-Neubaus eine „Ganzdach-Solarlösung“ zu installieren. Bei dieser Variante ersetzen die PV-Module die Ziegel – was die Leistung deutlich erhöht. So könnte pro Jahr doppelt soviel Strom erzeugt werden, wie das Pflegeheim verbraucht. Der Gemeinderat hat nun in seiner jüngsten

Sitzung einstimmig beschlossen, den Überschuss von rund 50 Prozent zur Versorgung weiterer Liegenschaften zu nutzen: So sollen auch das „Haus der Senioren“, das Rathaus und die Touristinfo mit Solarstrom vom Dach des neuen Pflegeheims versorgt werden.

Wie Matthias Welzer vom Ingenieurbüro Sedlmair erklärte, könnte die Anlage auf einer genutzten Dachfläche von knapp 2200 Quadratmetern einen jährli-

chen Ertrag von rund 308000 Kilowattstunden bringen. Der geschätzte Verbrauch des Pflegeheims liegt bei rund 154000 Kilowattstunden pro Jahr. Ein Batteriespeicher soll den Bedarf nachts und in den sonnenarmen Wintermonaten ausgleichen. Die laufenden Überschüsse sollen zur Stromversorgung der drei weiteren gemeindlichen Gebäude genutzt werden. Aber auch dann bleibt noch ein Rest von rund 27 Prozent der erzeugten Gesamtmenge, also etwa 82000 Kilowattstunden, die in das öffentliche Netz eingespeist werden. Da heuer in einem zweiten Bauabschnitt die Erweiterung der gemeindlichen Nahwärmeversorgung bis zum Standort des Pflegeheims vorgesehen ist, könnten die neuen Stromversorgungsleitungen gleich mit verlegt werden, erklärte Karl Ertl vom Technischen Bauamt.

Für die Kabeltrassen rechnet Welzer insgesamt mit knapp 90000 Euro netto. Diese Kosten würden sich, ausgehend von einem Stromverbrauch von 2021, in etwa neun Jahren amortisieren. Für den Batteriespeicher für 60 Kilowatt, der erweitert werden könne und im Pflegeheim platziert werden soll, veranschlagte Welzer Kosten von 63000 Euro netto.

Ob nicht auch ein Anschluss des Alpenfestsaaus möglich wäre, wollte Anton Leeb (CSU) wissen. Das sei eine Frage der Wirtschaftlichkeit, sagte Welzer, denn jeder Meter Leitung koste Geld. „Man müsste prüfen, ob eine eigene PV-Anlage auf dem Alpenfestsaal nicht wirtschaftlicher ist“, sagte Bürgermeister Stefan Klaffenbacher (FWG).

Welcher Anbieter den Zuschlag bekommt, ist noch nicht entschieden. Man habe ein weiteres Unternehmen angefragt, dessen Ganzdach-Lösung, anders als beim dänische Mitbewerber Ennogie, bereits eine Schneefang-Konstruktion enthalte, die den hiesigen Anforderungen genüge. Eine Kostenschätzung werde der Gemeinde noch vorgelegt, sagte Ertl.

Positive Geschichten wie diese braucht es, um Skeptiker von erneuerbaren Energien zu überzeugen und die Energiewende unterschiedener voranzubringen. Mehr davon finden Sie unter » www.sz.de/thema/Energiewende

Solaranlagen, die man kaum bemerkt

UNAUFFÄLLIG

Auf denkmalgeschützten Gebäuden waren Photovoltaikanlagen bisher tabu.

Inzwischen tut sich aber auch hier einiges.

Vier Beispiele aus München für beinahe unsichtbare Lösungen



VON

RENÉ HOFMANN, JULIAN RAFF UND ULRIKE STEINBACHER

LESEDAUER: 9 MINUTEN

Kulturerbe bewahren oder Klimawandel bekämpfen - lange Zeit war das ein Gegensatz. Wer Denkmalschutz fürs historische Haus hat, muss leider auf Sonnenstrom vom eigenen Dach verzichten, lautete die Formel. Solarpaneele, so das Argument, beeinträchtigen das Erscheinungsbild, verschandeln die Dachlandschaft, entstellen die Stadtsilhouette. Jetzt aber novelliert der Freistaat das Denkmalschutzgesetz, um einen Ausgleich zu finden zwischen Klimaschutz und Denkmalschutz.

Damit könnte die Zahl der Anträge auf Photovoltaikanlagen an denkmalgeschützten Gebäuden deutlich steigen. In den vergangenen zehn Jahren wurden in München nur 82 davon eingereicht, teilt das Planungsreferat mit. 49 Mal gab es eine Genehmigung.

Bis die Gesetzesänderung durch ist, dauert es noch - im März fand eine Expertenanhörung im Landtag statt -, doch schon jetzt hat das Landesamt für Denkmalpflege Leitlinien und Checklisten zusammengestellt, an denen sich die unteren Denkmalschutzbehörden orientieren. Grundsätzlich gilt für

umweltbewusste Denkmal-Eigentümer aber weiterhin, was bisher schon die Regel war: Sie müssen einen Antrag stellen und die Einzelfallprüfung bestehen. Und die besten Chancen hat, wer seine Anlage möglichst unsichtbar machen kann. Vier Beispiele.

Das Hotel

Vor vier, fünf Jahren, als von einem neuen Denkmalschutzgesetz noch keine Rede war, brauchte man Hartnäckigkeit und Glück, um zu Sonnenstrom vom Denkmaldach zu kommen. Damals stellten Maximilian Seidel und seine Familie fest, dass manche Zimmer ihres Hotels am Haidhauser Orleansplatz, des Moma 1890, in heißen Sommern den Gästen nicht mehr zuzumuten waren. Gerade im Dachgeschoss, wo auch das Turmzimmer mit Blick auf Ostbahnhof und Riesenrad liegt, sei trotz Isolierung nichts mehr zu machen gewesen, erzählt Seidel.

„Aber es ist auch energetischer Irrsinn, wenn jeder anfängt, Klimaanlage nachzurüsten.“ Also entschied er sich für eine Photovoltaikanlage auf dem Dach, um den Strom für die Kühlung selbst zu produzieren. Ende 2019, als die städtische Förderung beantragt und alles montagebereit war, stellte der Hotelier fest, dass er die Rechnung ohne den Denkmalschutz gemacht hatte. Denn das Moma, Baujahr 1890, steht als fünfgeschossiger Neurenaissance-Eckbau von Emil Ludwig mit Mansarddach und Turm in der Denkmalliste.

Auf den hastig nachgereichten Antrag beim unteren Denkmalschutz - die Behörde ist in München beim Planungsreferat angesiedelt - folgte „das große Veto“: Die Anlage sei „überhaupt nicht genehmigungsfähig“. Statt zu resignieren, versuchte es Seidel aber weiter. „Die Energiewende“, sagt er, „kann doch nicht daran scheitern, dass jedes zweite Gebäude sowieso nicht in Frage kommt.“

Im Frühsommer 2021 habe er sich wieder einmal „durch die Referate gewanningert“, und da habe er einen Ansprechpartner erwischt, „der total interessiert war“. Auf dessen Rat hin entwickelte Seidel eine Präsentation mit Dach-Detailplänen, einer 3D-Simulation der Dachansicht und einer Fotosimulation mit Mock-up-Modulen, um zu beweisen, dass die Solaranlage von außen nicht zu sehen sein würde. Drei, vier Wochen später die erste Antwort: Das sei vorstellbar.

Es dauerte am Ende 21 Monate, bis Maximilian Seidel vom Denkmalschutz die Genehmigung für seine Solaranlage bekam. Inzwischen hatte die Corona-Krise die Lieferketten durcheinandergewirbelt,

”
ES IST
ENERGETISCHER
IRRSINN,
WENN JEDER
ANFÄNGT,
KLIMAAANLAGEN
NACHZURÜSTEN
“



seine Handwerker hatten sich ein neues Spezialgebiet gesucht, und die städtische Förderzusage wäre nach zwei Verlängerungen auch um ein Haar ausgelaufen. Aber im Oktober 2022 wurde auf dem Dach des Moma 1890 endlich die Solaranlage installiert.

Ungefähr 70 000 Euro hat die Hoteliers-Familie in das Projekt gesteckt. Den städtischen Zuschuss - 2019 wären es 40 Prozent gewesen - hätten Preisauftrieb und Aufwand der folgenden Jahre ziemlich aufgeessen, sagt Seidel. So richtig wirtschaftlich sei das natürlich nicht mehr. „Aber Sinn macht’s dennoch.“

Die Wohnanlage

Karl-Heinz Voggenreiter hatte mit dem Timing mehr Glück. Er begann 2020, als die Corona-Krise alles lahmlegte und es in seinem Architekturbüro „nicht so viel zu tun“ gab, eine Photovoltaikanlage für das Haus zu planen, in dem er wohnt. Das steht am Helene-Mayer-Ring 10, ist 62,5 Meter hoch, wird von 300 Parteien bewohnt und ist gemeinsam mit dem Rest des Olympiadorfs als Ensemble in die Denkmalliste eingetragen.

Der Denkmalschutz, sagt Voggenreiter, war aber gar nicht das größte Problem. Dort habe man zwar „zuerst ein bisschen verhalten“ reagiert, dann aber schnell ein Konzept mitentwickelt, damit die Anlage auch vom Fernsehturm aus unsichtbar bleibt. Im Vordergrund hätten zunächst die technischen Fragen gestanden: Verträgt die Statik Solarpaneele? Wie ist es mit der Schneelast? Mit Windböen am Hochhaus? Und dann musste die Wohnungseigentümergeinschaft (WEG) vom Sinn der Investition überzeugt werden. Normalerweise ein schwieriges Unterfangen, gelten WEGs doch als notorisch zögerlich. Doch Voggenreiter präsentierte sein Projekt im Frühjahr 2022, als der Ukraine-Krieg frisch war und die Strompreise nur eine Richtung kannten. „Da waren die eigentlich schnell dabei“, sagt er.

Ende April begann die Montage, knapp 250 Module werden eine Fläche von 1000 Quadratmetern belegen und gut 100 000 Kilowattstunden Strom pro Jahr liefern. Montiert sind sie auf Schienen, die zugleich bei Sturm ein Gegengewicht bilden. Vom selbst produzierten Strom will die WEG wegen der niedrigen Vergütung so wenig wie möglich ins Netz einspeisen. Vielmehr sollen Aufzüge, Innenbeleuchtung und Wärmepumpen des Hochhauses damit laufen. Insgesamt ist nach Voggenreiters Berechnung bei einem Strompreis von 34 Cent ein Ertrag von knapp 20 000 Euro im Jahr möglich. Die Investitionskosten liegen bei

230 000 Euro. Auf den Rest des Olympiadorfs sei das Projekt nicht 1:1 übertragbar - aus Denkmalschutzgründen. „Für die hohen Häuser wird es gehen“, sagt Voggenreiter. „Aber bei den Flachbauten nicht. Denn da kann man auf die Dächer schauen.“

Das Wiesn-Servicezentrum

Der Denkmalschutz ist ein weites Feld: Er bezieht sich nicht nur auf einzelne Gebäude, mitunter rückt auch die Umgebung mit ins Blickfeld. So war es beim Wiesn-Servicezentrum, in dem beim größten Volksfest der Welt die Festleitung, die Polizei und das Rote Kreuz untergebracht sind. Als der kupferverkleidete Flachbau im Jahr 2004 eröffnet wurde, bestand in einem Einigkeit: Das monolithische Zentrum ist viel schöner als die Containersiedlung, in der die Institutionen zuvor provisorisch untergebracht waren. Die Idee, dem futuristischen Bau auch eine zukunftsweisende Technik zu spendieren und auf dem knapp 2000 Quadratmeter großen Flachdach Photovoltaikmodule zu installieren, lehnte das Landesamt für Denkmalpflege vor zehn Jahren aber ab: Der Blick auf das Ensemble aus Bavaria und Ruhmeshalle sollte nicht durch eine unruhige Dachlandschaft gestört werden. Vor dem örtlichen Bezirksausschuss berief sich das Planungsreferat im vergangenen Jahr noch einmal auf diesem Standpunkt.

AUCH DIE BEHÖRDEN
ZEIGEN SICH
OFFENER FÜR NEUE
BLICKWINKEL

Ganz so apodiktisch wird das inzwischen nicht mehr gesehen. Auch die Behörden zeigen sich offener für neue Blickwinkel. Wie das Landesamt für Denkmalpflege auf SZ-Anfrage erklärt, kann man sich eine Solaranlage an diesem Standort mittlerweile durchaus vorstellen. Zum einen stünden nun Photovoltaikmodule zur Verfügung, die sich „bei geeigneter Detailausführung“ optisch weniger ins Bild drängen. Zum anderen verschließe man sich nicht der durch Klimawandel und die Energiekrise „geänderten gesellschaftlichen Haltung zum Thema regenerative Energien“, heißt es aus der Behörde.

Das Mietshaus

„Mietshaus, viergeschossiger Mansarddachbau mit seitlichem Erker, Zwerchgiebel und Stuckdekor in Jugendstilformen, um 1900“: So ist das Gebäude in der Apianstraße 6 in Schwabing beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege eingetragen - womit die Eigentümergemeinschaft am 24. Februar 2022 ein Problem hatte. Sie hatte das Anwesen mit dem Ziel erworben, es zu sanieren und weiter wie zuvor zu vermieten.

Verhandlungen mit den Vorbesitzern, Abgabe der Abwendungserklärung, um dem städtischen Milieuschutz gerecht zu werden, Planung der Umbauten: Für nicht gewerblich organisierte Gesellschaften ist eine derartige Instandsetzung ein zwar lohnenswertes, aber auch komplexes Projekt. Und dieses war nach Jahren der Vorbereitung nun so weit gediehen, dass es eigentlich losgehen konnte. Doch Russlands Überfall auf die Ukraine ließ plötzlich die Energiekosten stark steigen und brachte die ganz auf Gas ausgerichtete Heizungsplanung ins Wanken.

Eine Luft-Wärmepumpe erschien verlockend, gerade für die zwei Dachgeschosse, die komplett neu aufgebaut werden. Doch für denkmalgeschützte Mansarddächer verbieten sich Photovoltaikmodule - jedenfalls war das bisher so. Die Lösung fand sich bei einer Internetrecherche: Dachziegel, die quasi selbst Strom produzieren. Möglich ist derlei schon länger - bei schwarzen Ziegeln. Weil es beim Denkmalschutz aber oft um Farben geht, waren rote nötig, und derlei kam erst vor Kurzem auf den Markt. Die Firma autarq in Prenzlau fertigt diese quasi in Handarbeit: Tondachziegel, auf die Solartechnik aufgebracht wird, die Kleinspannung liefert. Von der Ausbeute schwächer als Photovoltaikmodule, aber brandschutztechnisch unbedenklich - und eben denkmalschutzkonform.

AUS MEHREREN
GRÜNDEN
SIND PV-ZIEGEL
ATTRAKTIV

Die Kosten? Ein Vielfaches von einem konventionellen Dach. Doch Fördermöglichkeiten und die Aussicht, langfristig kaum noch laufende Heizungskosten und womöglich sogar Einnahmen für das Einspeisen nicht selbstgenutzten Stroms zu haben, machten das Angebot attraktiv. So kamen die Ziegel aufs Dach, wo sie jetzt schon einige Wochen vor sich hinschimmern - als mit die ersten auf einem denkmalgeschützten Haus in der Stadt.

Von der Straße aus sind sie kaum zu erkennen. Der Ansaugaufbau wird im Hof montiert, die Wärmepumpe selbst ist in einem extra Raum im Keller untergebracht. Im Sommer kann von dort aus auch kalte Luft zur Kühlung der Räume ins System geschickt werden - allerdings nur für die obersten beiden Geschosse. Bis zum dritten Stock wird weiter mit Gas geheizt. Ein Umrüsten der Technik dort wäre zu aufwendig gewesen.

Was man ebenfalls kaum bemerkt: Luftfeuchtigkeit. Wissenschaftler haben einen Weg gefunden, wie auch damit Energie erzeugt werden könnte. Mehr über ihre Forschung erfahren Sie auf Seite 136.

ENERGIEWENDE, SELBSTGEMACHT

ENERGIEKOSTEN

Gas, Strom, Öl: Viele Menschen machen sich Sorgen wegen der steigenden Preise. Welche Tricks gibt es, um den Verbrauch zu reduzieren? Ist es sinnvoll, jetzt den Anbieter zu wechseln? Und für wen lohnen sich Solaranlagen?



VON
NIELS HENDRIK PETERSEN

LESEDAUER: 10 MINUTEN

Das Leben in Deutschland ist spürbar teurer geworden – auch wegen des Krieges in der Ukraine. Die Inflationsrate lag im März 2022 bei 7,3 Prozent, der höchste Stand seit mehr als 40 Jahren. Eine Umfrage von Kantar im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverbands (vzbv) belegt: Gut drei Viertel der Verbraucherinnen

und Verbraucher machen sich aktuell finanzielle Sorgen aufgrund steigender Energiepreise. Das sind 14 Prozentpunkte mehr als zu Beginn des Jahres.

Ein Durchschnittshaushalt, der mit Gas heizt, muss in diesem Jahr mit Mehrkosten von 2000 Euro rechnen. Auch für Heizöl befürchtet das Bundesministerium für Wirtschaft und Klima vergleichbare Zu-

satzkosten und prognostiziert bei Strom immerhin noch gut 100 Euro mehr. Aus Gründen der Versorgungssicherheit appelliert der Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck an die Sparsamkeit der Bevölkerung: „Jeder Kubikmeter Gas, der nicht verfeuert wird, hilft!“

Wie können Privathaushalte ihre Energiekosten schnell reduzieren?

Besonders effektiv lässt sich, wenig überraschend, sparen, indem weniger Energie verbraucht wird. Ein Beispiel: „Senken die Verbraucher und Verbraucherinnen ihre Raumtemperatur nur um ein Grad, können der Gasbedarf und damit die Kosten um etwa sechs Prozent reduziert werden“, sagt Martin Brandis, Referent der Energieberatung des vzbv. Jedes Grad weniger spart zusätzliches Geld.

Ausgaben fürs Heizen sind in der Regel höher als jene für Strom. Die Heizung zu optimieren, lohnt sich also besonders. In vielen Fällen lässt sich die sogenannte Vorlauftemperatur absenken. Ein hydraulischer Abgleich verringert dann die Heizkosten um bis zu 15 Prozent. Auch ein optimierter Warmwasserbedarf hilft schnell: Ein Sparduschkopf kann den Verbrauch nahezu halbieren. „Das ist eine kleine Investition, die sich sehr schnell bezahlt macht“, erklärt Energieexperte Brandis. Eine Übersicht, um den eigenen Stromverbrauch besser einzuschätzen, bietet zum Beispiel das Portal Stromspiegel.de.

Bringt es aktuell noch etwas, den Strom- oder Gasanbieter zu wechseln?

Theoretisch ja, in der Praxis ist es jedoch oft schwierig. Der Strom- und Gasmarkt ist grundsätzlich immer in Bewegung, Anbieter kalkulieren ihre Preise dynamisch gemäß Angebot und Nachfrage. Doch in der aktuellen Krise kämpfen auch sie mit kontinuierlich weiter steigenden Kosten. Das Risiko lasse sich kaum noch verlässlich kalkulieren und so müssten viele Anbieter ihr Tarifangebot für Neukunden und Neukundinnen vorübergehend sogar aussetzen, sagt Florian Stark, Sprecher beim Verbraucherportal Check24.

Grundversorgungstarife – die auch Neukunden und Neukundinnen jederzeit angeboten werden müssen – offerierten dank ihrer langfristigen Beschaffungsstrategie derzeit attraktive Konditionen, meint Stark. Denn Strom oder Gas kurzfristig preisgünstiger zu beziehen, gelingt gerade niemandem. Auch wenn die Grundversorger zuverlässig Energie liefern müssen, eine Preisgarantie können sie nicht zusichern.

Grundsätzlich haben Verbraucherinnen und Verbraucher die Möglichkeit, ihren Grundversorgungstarif mit einer Frist von zwei Wochen zu kündigen.

Und sie sollten bei einem Wechsel stets auf eine maximale Vertragslaufzeit von zwölf Monaten und eine maximale Kündigungsfrist von sechs Wochen achten. Oft schützt eine Preisgarantie während der Vertragslaufzeit vor unerwarteten Erhöhungen.

Allerdings sei die Aussicht, mit einem Wechsel des Strom- oder Gasanbieters in der aktuellen Krise noch Geld sparen zu können, relativ schlecht, ergänzt auch Verbraucherschützer Martin Brandis. Bei Gas sei das seit Inkrafttreten der Frühwarnstufe des Notfallplans Gas sogar noch unwahrscheinlicher geworden. Es ist kaum vorhersehbar, wie sich die Preise noch entwickeln oder ob Anbieter künftig überhaupt lieferfähig bleiben. Brandis empfiehlt, gegebenenfalls direkt auf den Webseiten der Anbieter zu recherchieren und nicht nur Vergleichsportale zu nutzen. Denn auch wenn es derzeit keine finanzielle Ersparnis bringen mag, der Wechsel zu einem reinen Ökoenergieanbieter ist für einige womöglich Motivation genug.

Lohnen sich Mini-Solaranlagen auf dem Balkon oder im eigenen Garten?

Ja, sofern man bereit ist, vorab ein wenig zu investieren. Ein Modul mit 300 Watt Leistung, das ohne Verschattung an einem Südbalkon hängt, liefert etwa 200 Kilowattstunden Strom pro Jahr. Laut Berechnungen des vzbv entspricht diese Strommenge etwa dem jährlichen Verbrauch eines Kühlschranks und einer Waschmaschine in einem Zwei-Personen-Haushalt. Bei einem angenommenen Strompreis von 28 Cent pro Kilowattstunde spart das jährlich immerhin rund 56 Euro. Ein Standardmodul kostet zwischen 350 und 500 Euro. Demzufolge dauert es sechs bis neun Jahre, bis sich die Anschaffung bezahlt macht. Allerdings produzieren Solarmodule auch 20 Jahre und länger Strom.

Jeder Haushalt mit einer Mini-Solaranlage leistet somit hochgerechnet einen kleinen Beitrag zur Energiewende, denn über 20 Jahre spart er rund 2,5 Tonnen CO₂ ein – und wäre damit nicht allein. Laut einer aktuellen Umfrage von EUPD Research gibt es in Deutschland derzeit bereits 190 000 installierte Mini-Solaranlagen, die insgesamt über 66 Megawatt verfügen. Das entspricht der Leistung eines großen Solarparks. Um zu berechnen, wie viel Strom und Geld durch eine Mini-Solaranlage eingespart werden kann, hat die Hochschule HTW Berlin online einen Stecker-Solar-Simulator für Interessenten bereitgestellt.

Was muss bei Stecker-Solaranlagen beachtet werden?

Genau genommen, handelt es sich bei Stecker-So-

laranlagen weniger um eine Anlage im technischen Sinn, als vielmehr um ein Strom erzeugendes Haushaltsgerät. Demzufolge überschaubar ist der Installationsaufwand. Bis 600 Watt Leistung dürfen Mini-Solaranlagen eigenständig ans Stromnetz angeschlossen werden, in der Regel mit einem Spezial- oder Schutzkontaktstecker.

Für Miet- und Eigentumswohnungen gilt jedoch: „Bevor das Solarmodul an der Balkonbrüstung oder Hauswand montiert werden darf, müssen Vermieter und Vermieterinnen oder die Eigentümergemeinschaft um Zustimmung gebeten werden“, sagt Verbraucherschützer Brandis. Seit 2020 verlangt das Wohneigentumsgesetz für Letztere keine Zustimmung mehr, eine mehrheitliche Erlaubnis genügt.

Darüber hinaus muss zwingend der zuständige Verteilnetzbetreiber informiert werden. „Dieser schickt dann in der Regel ein Formular, in dem schriftlich bestätigt werden muss, dass alle technischen Voraussetzungen erfüllt werden“, so Brandis weiter. Verbieten könne der Netzbetreiber die Anlage jedoch nicht. Um die Anschaffungskosten ein wenig abzufedern, lohnt es sich, bei der Kommune nachzufragen, denn immer mehr zahlen für diese Stecker-Solaranlagen sogar einen Zuschuss.

Für wen lohnt sich ein Solardach?

Im Grunde für jeden, der mehr eigene Energiewende will – also mehr solaren Eigenverbrauch und Autarkie – und die Möglichkeit hat, selbst oder mittels Förderung größere Summen zu investieren. „Rund fünfzig bis sechzig Quadratmeter Dachfläche sind notwendig, um eine für ein Einfamilienhaus übliche Zehn-Kilowatt-Anlage zu installieren“, erklärt Franz Pöter, Geschäftsführer des Branchenverbands Solar Cluster Baden-Württemberg. Damit ließen sich rund 10000 Kilowattstunden Solarstrom pro Jahr erzeugen, und das über 25 bis 30 Jahre.

„Im Schnitt verbrauchen Eigentümer 20 bis 30 Prozent des erzeugten Solarstroms im eigenen Haushalt. Zusätzlich installierte Batteriespeicher können den Eigenverbrauch sogar verdoppeln“, rechnet Pöter vor, insbesondere, wenn Hausbesitzer auch mit einer Wärmepumpe heizen oder ein Elektroauto fahren. Der Speicher sollte in Kombination mit der Zehn-Kilowatt-Solaranlage über eine Kapazität von maximal zehn Kilowattstunden verfügen, rät er. Überschüssiger Solarstrom wird ins Stromnetz eingespeist und erwirtschaftet dank der garantierten Einspeisevergütung sogar noch Haushaltsgeld. Beziehungsweise hilft, die Anlage abzubezahlen. Denn allein die Investitionskosten für eine solche Photo-

”

ZUSÄTZLICH
INSTALLIERTE
BATTERIESPEICHER
KÖNNEN DEN
EIGENVERBRAUCH
VERDOPPELN

“

voltaikanlage liegen aktuell bei einer Größenordnung von 14000 bis 16000 Euro.

Gibt es schnell umsetzbare energetische Sanierungsmaßnahmen für Eigenheimbesitzer?

„Zu den effektivsten und profitabelsten Maßnahmen gehört die Dämmung der Kellerdecke“, rät Frank Hettler von Zukunft Altbau, einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg geförderten Informationsprogramm. Besonders für unbeheizte Keller ist diese vorab häufig vergessene Maßnahme fast immer sinnvoll, und man kann sie zudem oft selbst vornehmen. Die Dämmung der Kellerdecke spart laut Hettler bis zu zehn Prozent der Heizkosten ein.

„Bei nicht ausgebauten Dachböden empfiehlt es sich, auch die oberste Geschossdecke mit einer Dämmschicht zu versehen.“ Auch das kann leicht in Eigenregie erledigt werden und spart weitere rund zehn bis fünfzehn Prozent der Heizkosten.

Wie lassen sich Eigenheime schon auf die Nutzung von Ökoenergie vorbereiten?

Deutschland will bis 2045 klimaneutral sein und sich von fossilen Brennstoffen gelöst haben. Für Eigentümerinnen und Eigentümer ist es daher sinnvoll, ihr Haus sukzessive für die Erneuerbaren fit zu machen. Privates Wohneigentum deutschlandweit umzurüsten, ist nämlich zentraler Bestandteil der Energiewende – allerdings einer mit mittelfristiger Perspektive und höheren Kosten.

„Dabei helfen neben der genannten Dämmung beispielsweise ein hydraulischer Abgleich der Heizung“, rät Frank Hettler. Ziel sei es, die Vorlauftemperatur des Heizsystems im kalten Winter durch Umrüstung auf maximal 55 Grad Celsius zu senken, im Idealfall sogar unter 50 Grad. Denn Erneuerbare-Heizungen arbeiten bei einem niedrigen Temperaturniveau wesentlich effizienter. „Ist das geschafft, bieten sich Wärmepumpen und erneuerbar gespeiste Wärmenetze an. Stückholz- oder Pelletkessel kommen ebenfalls in Betracht, vor allem für Gebäude, die kein Niedertemperaturniveau erreichen können“, erklärt Hettler weiter.

Was leistet eine Wärmepumpe?

Wärmepumpen gelten als Heiztechnologie der Zukunft. Denn sie heizen klimafreundlich und eignen sich auch zur Trinkwassererwärmung. Den Großteil der Energie gewinnen die Geräte dabei direkt aus der Umwelt: aus der Luft, dem Erdreich oder dem Grundwasser. Zum Antrieb benötigen sie elektrischen Strom, der am besten aus Solarenergie stammen sollte.

„Im Neubau stehen Wärmepumpen inzwischen auf Platz eins der Heiztechnologie“, sagt Hettler. Doch

auch in Bestandsgebäuden funktionierten die Wärmepumpen immer besser und seien ökologisch vorteilhaft. Besonders geeignet seien sie für Fußboden- und Wandheizungen, da diese Heizflächen mit niedrigeren Temperaturen arbeiten.

Im Zuge der fortschreitenden Erderwärmung nicht ganz unerheblich: Manche Wärmepumpen können im Sommer sogar kühlen. Über die Heizkörper entziehen sie den Innenräumen Wärme und geben sie wie eine Klimaanlage wieder nach außen ab.

Der Energiejournalist Niels Hendrik Petersen taucht in dieser Langstrecke mehrmals auf. In einem weiteren Text erklärt er, wie ganze Quartiere kostengünstig und nachhaltig an Strom und Wärme kommen. Sie finden den Artikel auf Seite 73.

Climeworks will CO₂ aus der Luft filtern

EINFANGEN

Die Schweizer Firma lagert mit Geräten CO₂ im Boden ein.
Kann das Start-up die Welt vor der Klimakatastrophe bewahren?



VON
ISABEL PFAFF

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Es ist bitterkalt auf dem Dach der Müllverbrennungsanlage im schweizerischen Hinwil, der Schnee liegt faustdick auf den Treppenstufen und Geländern. Traut man sich aber die rutschigen Stufen hinauf, kann man sie sehen: die Maschine, die die Welt vor der Klimakatastrophe bewahren könnte.

Zwölf schräg abgesägte Röhren ragen in die eisige Winterluft, sogenannte Kollektoren, ein paar Meter daneben noch 18 weitere. In den Röhren steckt ein

Ventilator, der die Umgebungsluft einsaugt. Ein Filter in der Röhre absorbiert das Kohlenstoffdioxid. Ist das Filtermaterial voll, schließt sich die Röhre, der Filter wird erhitzt, das CO₂ löst sich und kann in konzentrierter Form gespeichert werden.

Die ganze Misere der Klimakrise also andersrum: Die Maschine holt CO₂-Emissionen zurück, die die Menschheit in die Luft geblasen hat. Und: Die Kollektoren laufen mit dem Strom, den die Müllverbrennung erzeugt, verbrauchen netto also wenig Energie.

Das gewonnene CO₂ - ein paar Hundert Tonnen im Jahr - strömt zum einen in ein nahe gelegenes Gewächshaus, um dort die Pflanzen zu düngen. Den Rest holt ein Getränkehersteller ab, um damit seine kohlenstoffhaltigen Getränke zum Sprudeln zu bringen.

Auch wenn Gemüse und Getränke erst mal nicht nach großer Weltrettung klingen: Die zwei unscheinbaren Anlagen in Hinwil, die seit 2017 in Betrieb sind, haben gezeigt, dass „Direct Air Capture“ (DAC), also die direkte Gewinnung von CO₂ aus der Luft, funktioniert. Und das war für Christoph Gebald und Jan Wurzbacher das Ziel.

Die beiden Ingenieure sind die Gründer und Chefs der Schweizer Firma Climeworks. Wurzbacher, 37 Jahre alt, blaue Augen hinter dicker Brille, empfängt am Hauptsitz der Firma in Zürich-Oerlikon. Climeworks hat sein Quartier im schmucklosen Gebäudepark von Rheinmetall Air Defence aufgeschlagen. Rund 150 Mitarbeiter basteln hier an der Zukunft. Kennengelernt haben sich Wurzbacher und Gebald, zwei Deutsche, 2003 im Maschinenbau-Studium an der ETH Zürich. Für beide war schon zu Beginn ihres Bachelorstudiums klar: Sie wollten Unternehmer werden. „Wir wollten etwas machen, was uns innerlich antreibt, und das war ganz klar etwas im Zusammenhang mit Klima und Energie“, sagt Wurzbacher. In das Thema Direct Air Capture seien sie dann so „hineingerutscht“, weil es dazu ein Projekt an der ETH gegeben habe. „Wir waren nie die fundamentalen grünen Aktivisten, sondern haben immer einen pragmatischen Ansatz gewählt.“

Wurzbacher sieht in seinem einfachen Pullover und den Jeans zwar nicht so aus, aber rund zwölf Jahre nach diesem „Reinrutschen“ sind er und sein Geschäftspartner so etwas wie Klima-Superstars. CNN, New York Times, Guardian, BBC: Wenn es um die Rettung des Klimas geht und die Rolle von Technologien, sind große Medien an der kleinen Firma aus Zürich sehr interessiert. Inzwischen betreibt Climeworks rund 15 Anlagen in ganz Europa, und seit vergangener Herbst läuft auf Island „Orca“ - es die weltgrößte Anlage für CO₂-Gewinnung aus der Luft: Acht Container mit rund 190 Kollektoren hat Climeworks dort zusammen mit einer isländischen Partnerfirma aufgebaut. Energielieferant ist ein nahe gelegenes Geothermie-Werk. Bis zu 4000 Tonnen CO₂ soll die Anlage pro Jahr aus der Luft filtern.

Das Besondere ist: Bei dieser Anlage wird das gewonnene Kohlenstoffdioxid nicht zweitverwertet wie in Hinwil. Es wird stattdessen verflüssigt und dann tief unter die Erde gepumpt, wo es mit Basaltgestein

”
WIR WOLLTEN
ETWAS MACHEN,
WAS UNS
INNERLICH ANTREIBT

“
JAN WURZBACHER

reagiert und innerhalb weniger Jahre versteinert. Die Climeworks-Anlage macht den Ausstoß tatsächlich ungeschehen - es klingt fast zu schön, um wahr zu sein.

Könnte die Menschheit also theoretisch weitermachen wie bisher und dann alle Emissionen mithilfe solcher Technologien wieder aus der Atmosphäre holen? So ähnlich hatte ja sogar der US-Klimaschutzbeauftragte John Kerry kürzlich in einem BBC-Interview geklungen, als er sagte, dass man nicht unbedingt Lebensqualität aufgeben müsse, um manche der Klimaziele zu erreichen: Wissenschaftler hätten ihm gesagt, dass 50 Prozent der nötigen CO₂-Einsparungen über Technologien kommen würden, „die wir noch nicht haben“.

Kerry hat für diese Aussage viel Kritik einstecken müssen. Denn auch wenn Ansätze wie Direct Air Capture Hoffnung verbreiten: Experten warnen eindringlich davor, sich beim Klimaschutz allein auf Firmen wie Climeworks zu verlassen.

„Sie müssen sich einfach nur die Zahlen ansehen“, sagt Reto Knutti, Klimaphysiker an der ETH Zürich. Knutti beschäftigt sich mit Klimamodellen, er weiß mit am besten, wie man mit welchen Maßnahmen zum Ziel kommt. Also: Gut 40 Milliarden Tonnen CO₂

stößt die Menschheit aktuell pro Jahr aus. Die bislang größte DAC-Anlage filtert pro Jahr 4000 Tonnen aus der Luft. „Sie bräuchten also zehn Millionen solcher Anlagen, um das Netto-null-Ziel zu erreichen - und bei dieser Zahl sind wir noch lange nicht“, sagt Knutti. Mit anderen Worten: Es ist nicht realistisch, alles auf die Technologie-Karte zu setzen. „An der Vermeidung und Reduzierung von CO₂-Emissionen führt kein Weg vorbei.“

Nichtsdestotrotz hält Knutti das, was Climeworks macht, für vielversprechend - und zwingend nötig. „Wir stoßen so viel aus, dass wir es auch bei enormen Anstrengungen nicht schaffen werden, die Klimaziele ohne negative Emissionen zu erreichen.“ Berechnungen zeigen, dass im wirtschaftlich sinnvollsten Szenario Technologien wie DAC etwa fünf Prozent des heutigen Ausstoßes kompensieren. Das wären etwa zwei Milliarden Tonnen CO₂. Fünf weitere Prozent könnte man durch Aufforstung kompensieren. „Und der große Rest muss eingespart werden.“

Climeworks-Gründer Jan Wurzbacher ist optimistischer, was das Potenzial seiner Technologie angeht: Er hält es für möglich, dass die Menschheit 2050 rund zehn Milliarden Tonnen CO₂, also ein Viertel des heutigen Ausstoßes, aus der Luft zurückholen wird.

Das Zürcher Start-up ist auf diesem Feld nicht allein aktiv. Es gibt noch zwei weitere Firmen, die sich mit Direct Air Capture beschäftigen und technisch und kommerziell auf einem ähnlichem Niveau sind: Carbon Engineering in Kanada und Global Thermostat in den USA. Sie sind allerdings noch nicht so weit wie Climeworks und kämpfen darüber hinaus mit ähnlichen Problemen. Die Gewinnung von CO₂ aus der Umgebungsluft ist energieintensiv und entsprechend teuer. Eine Tonne aus der Luft zu entfernen, kostet deutlich mehr als die rund 80 Euro, die derzeit etwa auf dem europäischen Emissionsmarkt pro Tonne gezahlt werden. Bei Climeworks bezahlen Privatpersonen 1000 Euro für die Entfernung einer Tonne, Großkunden etwas weniger.

Soll die Technik bald eine signifikante Rolle spielen beim Erreichen der Klimaziele, muss sie „schnell groß und günstig“ werden, wie Klimaforscher Reto Knutti sagt. Das heißt: massive öffentliche Investitionen und ein politischer Rahmen, der die richtigen Anreize schafft, so wie damals bei der Photovoltaik. „Wenn es wie bisher praktisch nichts kostet, CO₂ auszustößen, will auch niemand für dessen Entfernung aus der Atmosphäre bezahlen“, so Knutti.

Im Moment finanziert sich Climeworks vor allem über private Investoren. Die Firma habe zwar Förder-

gelder von der EU und dem Schweizer Staat erhalten, sagt Jan Wurzbacher. „Aber das sind kleine Beträge im Vergleich zu unseren 150 Millionen Franken Eigenkapital.“

Erstaunlich ist, dass der Kundenkreis von Climeworks wächst - obwohl es den von Knutti geforderten politischen Rahmen so noch nicht gibt. Inzwischen hat das Unternehmen millionenschwere Verträge mit mehreren großen Konzernen, etwa der Beratungsfirma BCG oder dem Rückversicherer Swiss Re. Die Firmen haben sich - wohlwissend, dass es bald staatliche Regeln geben könnte - strenge Klimaziele verordnet und erreichen sie unter anderem mit den CO₂-Mengen, die Climeworks für sie aus der Luft filtert. Seit 2019 können auch Privatleute Kunden werden: Climeworks bietet Monatsabos für 15, 25 oder 50 Euro an und macht dafür ebenso viele Kilogramm CO₂ unschädlich. Im Dezember verzeichnete die Firma mehr als 10000 Abonnenten. „Noch ist das ein freiwilliger Markt“, sagt Wurzbacher, „aber offenkundig funktioniert er.“

Vor wenigen Monaten konnte Climeworks einen Großauftrag verkünden: Die US-Regierung unter Joe Biden plant zu Kosten von rund 1,2 Milliarden US-Dollar gleich zwei Anlagen, die jeweils eine Million Tonnen CO₂ pro Jahr aus der Luft filtern sollen. Bei einer der beiden Anlagen kommt die Technologie der zwei Deutschen zum Einsatz. Eine ähnlich große Anlage wie die beiden in den USA soll in Kenya entstehen.

Weg damit

VERPRESST

Kohlendioxid in den Boden –
eine gute Lösung auf dem Weg
zur Klimaneutralität?
Nur unter einer Bedingung



VON
MICHAEL BAUMÜLLER

Über Vergangenheit und Zukunft kann die Plattform Nini West eine Menge verraten. Es ist noch nicht lange her, da wurde hier, in der dänischen Nordsee, Öl gefördert. Und seit dieser Woche wird an genau dieser Stelle offiziell Kohlendioxid in den Meeresboden gepumpt. Das Ölfeld ist mittlerweile leer, das schafft Platz für CO₂. Mit anderen Worten: Jene Ölförderung, die die Erderwärmung erst anheizte, hinterlässt nun Hohlräume, um die katastrophalen Ergebnisse dieser Förderung zumindest teilweise zu reparieren. Ironischer geht es kaum.

Die Technologie, die dahinter steckt, nennt sich „Carbon Capture and Storage“, kurz CCS. Kohlendioxid wird dabei abgeschieden, etwa in Industrieprozessen, es wird zu Orten wie Nini West transportiert und dort unter großem Druck in den Meeresboden gepresst. Das Gestein dort unten ist porös, es kann den Klimakiller gut speichern. Und weil dort vorher über Ewigkeiten Öl und Gas fest eingeschlossen waren, dürften die Lager auch für CO₂ dicht genug bleiben. Auf dem Weg zu Netto-Null-Emissionen, zur Klimaneutralität, wird dieses Verfahren unverzichtbar sein. Doch den faden Beigeschmack wird es nicht los.

Das liegt paradoxerweise an der Perspektive, die es eröffnet. Denn wenn sich auf diese Weise das Klimaproblem doch technisch lösen lässt – warum dann der ganze Aufwand rund um den Abschied von fossiler Energie? Wer immer an der fossilen Energie klebt – sei es, weil er Geld mit der Förderung verdient, sei es, weil er für seine Produktionsverfahren nicht umstellen will – könnte sich künftig bequem per CCS klimaneutralisieren. Denkbar sind sogar Methoden, mit denen Kohlendioxid der Luft entzogen wird, um es anschließend zu speichern. Wieder einmal hätte die Menschheit ein Problem, das aus ihrem vermeintlichen Fortschritt heraus entstanden ist, mit vermeintlichem Fortschritt gelöst.

Wenn es nur so einfach wäre. Abgesehen davon, dass auch die Lagerstätten für Kohlendioxid begrenzt sind; dass die Speicherung umso aufwändiger wird, je tiefer die Lagerstätten liegen; dass Abscheidung, Transport und vor allem Speicherung gigantische Energiemengen benötigen – im großen Stil wäre CCS eine Scheinlösung, die im schlimmsten Fall die Abkehr von fossiler Energie bremst. Das jedenfalls mag erklären, warum ausgerechnet die Öl- und Gasindustrie Gefallen an dieser Technologie findet – neben der Chance, so selbst ausgebeutete Felder noch zu Geld zu machen.

Aber es geht eben auch nicht ohne CCS – und damit nicht ohne jene Industrie, die wie keine andere weiß, wie man tiefe Löcher bohrt. In der chemischen Industrie, bei der Herstellung von Zement, letztlich auch in der Landwirtschaft werden klimaschädliche Emissionen anfallen, die sich durch noch so viele erneuerbare Energien, durch Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe nicht vermeiden lassen. Mehr noch: Wird CO₂ bei der Verbrennung von Biomasse, etwa in Kraftwerken, abgeschieden, dann entzieht die Speicherung der Atmosphäre sogar Treibhausgase – schließlich hatten die Pflanzen den Kohlenstoff beim Wachstum gebunden.

Es wäre ein Fehler, die Technologie des faden Beigeschmacks wegen zu verteufeln. Aber es wäre ein noch größerer Fehler, sie zum Hintertürchen für fossile Geschäftsmodelle werden zu lassen. Die Speicherung von Kohlendioxid braucht deshalb einen großen Bruder, und das ist ein über die Jahre steigender CO₂-Preis. Er würde einerseits fossile Rohstoffe verteuern und so die erneuerbaren Alternativen wettbewerbsfähiger machen. Und für die Industrie macht ein CO₂-Preis es erst attraktiv, den Klimakiller wegzuspeichern. Wenn er nur hoch genug ist.

Der Weg dahin ist weiter, als die Nordsee tief ist. Wenn das aber gelingt, dann stehen die Chancen gut, dass in der dänischen Nordsee tatsächlich ein Stück Zukunft begonnen hat. Zeit wird es.

Der SZ-Energieexperte Michael Baumüller kommt in dieser Langstrecke öfter zu Wort. Einen weiteren Text von ihm – der sich mit dem Umbau des deutschen Stromnetzes beschäftigt – finden Sie auf Seite 59.

„Wir müssten in den Notfallmodus schalten“

INTERVIEW

Die Bundesregierung habe das Klimaziel für 2030 praktisch aufgegeben, meinen die Wissenschaftler des Projekts „Climate Action Tracker“. Klimaforscher Niklas Höhne über deutsche Fehler und Erfolge



INTERVIEW
MARLENE WEISS

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Erst kürzlich hat der Expertenrat der Bundesregierung festgestellt, dass die Ampel nicht auf Kurs ist, was das Klimaziel für 2030 angeht. Nun kommen die Wissenschaftler des unabhängigen Projekts Climate Action Tracker, das die Klimapolitik der wichtigsten Staaten beurteilt, zu einem ähnlichen Ergebnis. Aber was genau läuft schief, und wer macht es besser? Ein Gespräch mit Niklas Höhne, einem der beteiligten Forscher.

SZ: Wo steht Deutschland beim Thema Klimaschutz?

Niklas Höhne: Mit den jetzigen Maßnahmen ist das Ziel für 2030 nicht zu erreichen. Wir haben sogar den Eindruck, dass die Bundesregierung das Klimaziel praktisch aufgegeben hat. Denn um es zu erreichen, müsste man massiv nachsteuern beim Gebäudesektor und im Verkehr, und das ist derzeit überhaupt nicht absehbar.

Wie groß ist denn die Lücke?

Da geht es um 20 bis 50 Megatonnen über den 440 Megatonnen CO₂, die für 2030 eigentlich vorgesehen sind, das ist eine Größenordnung, die nicht ohne Weiteres geschlossen werden kann. Man muss auch sagen, dass das Ziel eigentlich nicht ausreicht, um einen angemessenen Beitrag zum 1,5-Grad-Ziel zu leisten. Deutschland hat eine so große historische Verantwortung und ist eines der reichsten Länder der Welt, so gesehen haben wir unser Budget schon fast aufgebraucht.

Im Gebäudesektor sollte das Heizungsgesetz Fortschritte bringen...

Der neue Entwurf ist nicht ausreichend, um das deutsche Klimaziel zu erreichen. Eigentlich hatte die Koalition vereinbart, dass ab 2024 jede neue Heizung 65 Prozent erneuerbare Energien nutzen sollte, das war ein sehr gutes Signal. Das abgeschwächte Gesetz kann dazu führen, dass weiter sehr viele neue Gasheizungen eingebaut werden, die eigentlich vor Ende ihrer Lebenszeit wieder abgebaut werden müssen. Wahrscheinlich werden das die bezahlen müssen, die sie eingebaut haben.

Und beim Verkehr?

Einiges ist besser geworden. Die Lkw-Maut wurde hochgesetzt, die Mittel werden für den Bahnausbau genutzt, und auch das Deutschlandticket ist ein Schritt in die richtige Richtung. Aber was fehlt, ist eine Gesamtstrategie. Die echte Transformation weg vom Öl, hin zu Bahn und – wenn es das Auto sein muss – zum Elektromotor findet nicht statt. Und mir scheint: Die soll auch nicht stattfinden, das Verkehrsministerium versucht es gar nicht. Stattdessen werden E-Fuels gepusht, aber das ist wieder so eine Scheinlösung.

Ursprünglich war im Klimaschutzgesetz jeder Sektor für seine eigenen Ziele verantwortlich. Ist es ein Problem, dass jetzt nur noch das Gesamtergebnis zählt?

Wir haben das ursprüngliche Klimaschutzgesetz damals sehr gelobt, es gibt kaum ein Land, das so ein starkes sektorbezogenes Gesetz hat. Dass das aufgeweicht wurde, ist sehr problematisch. Aus meiner Sicht war das von langer Hand geplant: Es war schon bei den Koalitionsverhandlungen klar, dass der Verkehrssektor seine Ziele nicht erreichen wird, also sollten das andere Sektoren ausgleichen. Aber tatsächlich wird es darauf hinauslaufen, dass man das Klimaziel insgesamt verfehlt.

Manche KlimaökonomInnen finden mehr Flexibilität zwischen den Sektoren gut, weil es volkswirtschaftlich effizienter ist, wenn Klimaschutz dort zuerst umgesetzt wird, wo er am billigsten ist.

Ja, wenn wir viel Zeit hätten, wäre das auch richtig. Aber der Klimawandel kommt schneller und schlimmer als gedacht, wir haben bislang viel zu wenig getan, also müssen wir jetzt überall so schnell wie möglich reduzieren. Wenn wir diese Transformation jetzt nicht einleiten, dauert es zu lange. Was allerdings eine Verbesserung im Klimaschutzgesetz ist: Es schaut jetzt nach vorn statt nur nach hinten, es fragt nicht mehr nur, ob die Ziele im Vorjahr erreicht wurden, sondern auch ob die Maßnahmen ausreichen, um die Ziele in Zukunft zu erreichen.

Wie steht Deutschland im internationalen Vergleich da?

Es gibt derzeit keinen Gewinner, der wirklich tut, was er sollte. Deswegen ist es wichtig zu differenzieren. Bei den Erneuerbaren läuft es hier recht gut. Bei Verkehr und Gebäuden ist Deutschland dagegen sicher nicht Vorreiter. Die Industrie ist so zwischendrin.

Großbritannien kam lange sehr gut voran, wäre das nicht ein Vorbild?

Großbritannien hat eine sehr gute Zielsetzung und auch ein sehr gutes Klimaschutzgesetz, aber auch hier hat die Regierung den Drive verloren, es hapert mit der Umsetzung.

Und die skandinavischen Länder? Dort gibt es teils viel mehr Wärmepumpen als hier.

Ja, die nordischen Länder setzen im Gebäudesektor schon sehr lange auf hohe Effizienz. Auch für die Netzintegration von Erneuerbaren kann es interessant sein, nach Dänemark zu schauen. Für Förderung von Elektroautos ist Norwegen ein Vorbild, für Züge Österreich und die Schweiz. Für den Industriesektor gibt es leider kaum Vorbilder, das ist schwierig, aber auch dort müssen wir auf null kommen.

Sie messen die Anstrengungen am 1,5-Grad-Ziel. Ist das nicht längst völlig unrealistisch?

Wir sind jetzt bei 1,2 Grad, wahrscheinlich werden wir in den 2030er-Jahren im langfristigen Durchschnitt die 1,5 Grad überschreiten. Aber bei ambitioniertem Klimaschutz könnte die Temperatur nur kurz über 1,5 Grad steigen und danach wieder sinken. Das ist aus meiner Sicht noch möglich, aber die vergangenen zwei Jahre waren weltweit verloren, wenn es so weitergeht, schaffen wir das nicht. Wir müssten in den Notfallmodus schalten und Dinge anders machen als vorher, so wie zum Beispiel während der Corona-Zeit. Wir haben keine Zeit mehr für halbherzige Kompromisse.

Aber im Notfallmodus passieren auch Fehler, und er ist für die Gesellschaft eine Belastungsprobe, das hat die Pandemie gezeigt.

Nicht jede Lockdown-Maßnahme war perfekt, aber wir haben das akzeptiert, weil wir uns akut bedroht gefühlt haben. Und durch den Klimawandel fühlen wir uns offenbar immer noch nicht akut und direkt bedroht. Dabei fühle ich mich persönlich sehr akut und sehr direkt bedroht. Die Auswirkungen sind schon heute erschreckend, aber wenn es bei den bisherigen Plänen bleibt, landen wir bei etwa 2,4 Grad, also der doppelten Erwärmung im Vergleich zu heute. Das ist eine Welt, in der möchte ich nicht leben, und an die können wir uns auch nicht anpassen. Wenn wir rational handeln würden, müssten wir jetzt herumlaufen wie aufgeschreckte Hühner und überlegen, was machen wir jetzt? Aber das tun wir nicht, und das ist es, was ich auch bei den Klimakonferenzen nicht mehr aushalte.

Niklas Höhne ist Professor für Klimapolitik an der Universität Wageningen und einer der Gründer des Thinktanks New Climate Institute. Er hat den Climate Action Tracker mitentwickelt, der die Klimapolitik von 39 Staaten und der EU beobachtet und analysiert, und war an drei Berichten des Weltklimarats IPCC beteiligt.

ERSCHIENEN IN DER SZ VOM 7.9.2023

Energiewende im Vorzeigedorf

BÜRGER

Sie produziert acht Mal mehr Strom, als sie verbraucht:
Die Oberallgäuer Gemeinde Wilpoldsried ist Vorreiterin bei den erneuerbaren
Energien und kann sich seit der Gaskrise vor Besuchsfragen kaum retten



VON
PAULINE HELD

LESEDAUER: 4 MINUTEN

150 Kilometer von Freising entfernt liegt es, das „Energie- und Heimatdorf“ Wilpoldsried, wie sich die Gemeinde im Oberallgäu nennt. Rund 2600 Menschen leben hier, im Sommer zwischen grünen Wiesen und grasenden Kühen. Im Winter bedeckt Schnee die Dächer, und die Berge zum Skifahren sind nicht weit. Eine ganz normale Gemeinde, möchte man jetzt denken. Was unterscheidet Wilpoldsried von anderen bayerischen Kommunen?

Das zeigt sich bereits, wenn man Bilder des Ortes im Internet aufruft: Die Gemeinde ist umzingelt von Windrädern, auf jedem großflächigen Dach sitzt eine Photovoltaik-Anlage. Wilpoldsried ist Vorreiter bei der Energiewende, es produziert mehr als acht Mal so viel Strom, als es braucht. Der Wärmebedarf der Gemeinde wird zu 60 Prozent aus erneuerbaren Energien gedeckt: Biogas, Biomasse, Sonnenenergie und Windkraft sind die vier Pfeiler, auf die sich der Ort stützt. Wie das gelingt, zeigt er anderen Kommunen

DIE
WINDKRAFTANLAGEN
SIND EIGENTUM
DER BÜRGER
VON WILDPOLDSRIED

in einem Kompetenzzentrum. Die ÖDP Freising war vor Ort.

„Die Energiewende ist nur möglich, wenn man die Bürger mitbeteiligt.“ Das hat Emilia Kirner, Fraktionsvorsitzende der ÖDP im Stadtrat, bei ihrem Besuch in Wildpoldsried gelernt. Anfang Oktober machte sie mit 16 Parteikollegen einen Ausflug in das Vorzeigedorf, das sich seit Beginn der Gaskrise vor solchen Anfragen nicht mehr retten kann. Die ÖDP will von Wildpoldsried lernen und Ideen sammeln, wie sie die Energiewende im Landkreis Freising vorantreiben kann.

Was macht Wilpoldsried so erfolgreich? Vor 25 Jahren läutete der damalige Bürgermeister die Energiewende in dem 2600-Einwohner-Ort ein. „Das war kein grüner Politiker, sondern ein konservativer“, betont Kirner. Er führte Umfragen unter den Bürgern durch, fragte nach ihren Wünschen für die Zukunft und baute Vorurteile gegenüber der Windkraft ab. Heute drehen sich in Wildpoldsried elf Windräder. Das Besondere: Die Windkraftanlagen gehören nicht etwa dem Freistaat Bayern oder einem Unternehmen. Sie sind Eigentum der Bürger von Wildpoldsried, die daran fortlaufend verdienen: „Am Anfang hatten sie Vorbehalte. Aber über die Jahre kam das immer besser an“, weiß Emilia Kirner.

Das war vor der umstrittenen 10-H-Regel in Bayern, die besagt, dass der Abstand von Windrädern zur nächsten Wohnsiedlung in der Regel mindestens das Zehnfache ihrer Bauhöhe betragen soll. Die Vorschrift kam 2014 vom damaligen Ministerpräsidenten Horst Seehofer (CSU) und hatte den Ausbau der Windkraft in Bayern praktisch zum Erliegen gebracht. Während 2013 noch 400 Genehmigungsanträge gestellt wurden, waren es 2020 gerade mal drei. „Die 10-H-Regel ist historisch gesehen die größte Fehlentscheidung der bayerischen Landesregierung seit dem zweiten Weltkrieg“, sagt der stellvertretende Ortsvorsitzende der ÖDP-Freising, Ulrich Vogl, der auf eine Abschaffung der 10-H-Regel hofft.

Dann könnte es auch im Landkreis Freising vorgehen mit den erneuerbaren Energien. Denn der ist zum jetzigen Zeitpunkt aus Sicht der ÖDP in dieser Hinsicht schlecht aufgestellt. „Wir müssen jetzt zügig voranschreiten. Wir haben keine andere Wahl“, betont Emilia Kirner. Von Wildpoldsried haben sie einige Ideen mitgenommen, die sie nun auch im Landkreis Freising umsetzen wollen. Das wichtigste: Die Bürger bei der Planung und Umsetzung einbeziehen: „Die Bürger finanzieren die neuen Anlagen mit und profitieren davon“, sagt Vogl.

Zudem müsse man Kompetenzzentren bilden. „Nicht jede Kommune im Landkreis soll von der Planung bis zur Durchführung alles selber machen. Wir müssen über die Gemeindegrenzen hinweg zusammenarbeiten.“ Der Landkreis könnte dabei etwa als Planer fungieren. So sollen in den nächsten Jahren bis zu 40 Windräder im Landkreis errichtet werden, dafür sei ein dreistelliger Millionenbetrag nötig. „Der Landkreis ist groß genug.“ 2023 sollen geeignete Standorte für die Windräder feststehen, 2025 die ersten in Betrieb gehen.

Als nächstes sollen auf alle Gewerbebauten mit großflächigem Dach Photovoltaik-Anlagen. In Wildpoldsried sind 324 Bürger private Eigentümer einer Photovoltaik-Anlage. Zudem beteiligen sie sich finanziell an den Photovoltaik-Anlagen auf den öffentlichen Gebäuden. Doch auch Biogas-Anlagen spielen eine große Rolle, in Wildpoldsried machen sie den größten Teil der Stromerzeugung aus. Mit großtechnischen Wärmepumpen und Biogas möchte die ÖDP den Landkreis weg von den fossilen Energieträgern bringen.

Ihre nächste Exkursion will die ÖDP in diesem Jahr nach Furth bei Landshut machen. Die Region sei sehr windarm, weshalb die Gemeinde andere Schwerpunkte setzen müsse. „Mit genügend Willen und Kreativität gelingt die Energiewende. Das hat einen Mehrwert für den gesamten Landkreis“, sagt Kirner.

Die 10-H-Regelung in Bayern ist Ende 2022 durch einige Ausnahmen gelockert worden. An gewissen Orten reicht seitdem ein Mindestabstand von 1000 Metern zu Wohngebäuden, etwa in ausgewiesenen Vorranggebieten für Windkraft, neben Autobahnen, mehrspurigen Bundesstraßen oder wichtigen Bahnstrecken, neben Gewerbe- und Industriegebieten, in Wäldern, auf Truppenübungsplätzen sowie beim Ersatz bestehender Windkraftanlagen. So sollen in Bayern etwa 800 neue Windräder entstehen.

Wie die Wärmepumpe zur Klimaanlage wird

KÜHLEN

Wegen des Klimawandels braucht es auch in Deutschland und im nördlicheren Europa künftig mehr Abkühlung. Dabei schafft die Wärmepumpe etwas, was keine andere Heizung kann



VON
NAKISSA SALAVATI

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Ironisch ist es schon, dass Deutschland erst monatelang übers Heizen debattiert – zu teuer, zu fossil – und dann dringend Abkühlung sucht. Die Temperaturfrage ist politisch geworden, die Klimakrise in den Wohnzimmern der Menschen spürbar. In den vergangenen Tagen erreichten die Temperaturen in Deutschland Rekordwerte. Welche Folgen das für Menschen haben kann, zeigen Zahlen aus dem Jahr

2022: Mehr als 60 000 Menschen starben in Europa infolge von Hitze. Auch Nordeuropa muss also lernen, runterzukühlen – und ausgerechnet eine viel diskutierte Heizart könnte helfen: die Wärmepumpe.

Denn die Geräte funktionieren ähnlich wie Klimaanlagen und können nicht nur heizen, sondern auch kühlen. In Deutschland wird vor allem die Luft-Wasser-Wärmepumpe verbaut, sie entzieht der Außenluft Wärme und leitet sie ins Haus weiter, wo Wasser er-

wärmt und gespeichert wird, das man dann zum Duschen oder Heizen nutzen kann. Dafür benötigt die Wärmepumpe Strom. Möglich ist auch, die Wärme aus dem Grundwasser oder der Erde zu nutzen, diese Anlagen sind effizienter, aber teurer. Nun kann man den Mechanismus bei allen Modellen umdrehen: Die Wärmepumpen entziehen dann dem Haus die Wärme und geben sie nach außen ab. Das bedeutet, dass statt warmen Wassers kaltes durch die Heizkörper fließt. Effektiv sind vor allem Flächenheizungen in Wand, Decke oder Fußboden, weil sie eine große Oberfläche haben.

Erd- oder Grundwasser-Wärmepumpen haben noch einen besonderen Vorteil. Sie können passiv kühlen, das heißt: Eine Umwälzpumpe bewegt nur das Wasser vom Haus in die Erde oder zum Grundwasser und zurück. Aktiv und stärker kühlt die Wärmepumpe, wenn sie selbst auch läuft, so wie im Winter zum Heizen. Dann verbraucht das Kühlen entsprechend mehr Strom. Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe kann nur aktiv kühlen.

Sabine Giglmeier forscht am Fraunhofer-Institut für Bauphysik daran, ob und wie das aktive Kühlen mit einer Wärmepumpe funktionieren kann. "Viele Menschen kaufen jetzt auch in Deutschland wegen der heißen Sommer mobile Klimageräte. Aber die sind wenig effektiv, weil sie auch viel Strom verbrauchen. Kühlen mit der Wärmepumpe hingegen ist sinnvoll – auch in Bestandsgebäuden."

Die Forscherinnen und Forscher haben unterschiedliche Bedingungen in einem Raum mit entsprechenden Außentemperaturen simuliert. Sie wollten herausfinden, ob das System einen spürbaren Effekt hat, ohne dass man normale Heizkörper zu stark herunterkühlen muss. Denn sind diese zu kalt, kondensiert an ihnen Wasser. Man kennt das von gekühlten Wasserflaschen, an denen Tropfen herunterperlen. Bildet sich an Heizkörpern Kondenswasser, kann es Schimmel verursachen oder den Bodenbelag beschädigen. Das lasse sich verhindern, sagt Giglmeier: "Man kann die Temperatur der Heizkörper so einstellen, dass an ihnen kein Wasser kondensiert und der Raum trotzdem um ein paar Grad kühler wird."

Drei bis sieben Grad Celsius seien möglich, meint Giglmeier, "man puffert die Hitze zwar im Vergleich zur Klimaanlage nur ab, aber das kann schon viel ausmachen". Wenn es beispielsweise draußen 35 Grad Celsius habe, im Raum wegen Verdunklung, Dämmung und klugen Lüftens 26 Grad, könne man mit zusätzlicher Kühlung etwa 23 Grad erreichen. Die Forscher des Fraunhofer-Instituts haben konventio-

EINE KÜHLUNG VON
DREI BIS SIEBEN
GRAD CELSIUS IST
MÖGLICH

nelle Radiatoren untersucht. Der Bundesverband Wärmepumpe empfiehlt Heizkörper mit Ventilatoren – wenn eine Flächenheizung keine Option ist.

Heiß duschen ist übrigens weiterhin möglich: Die Wärmepumpe liefert die Wärme für den Wasserspeicher im Keller ein paar Stunden am Tag, anschließend kann das Gerät umgestellt werden. Die Steuerung funktioniert, wie bei anderen modernen Heizsystemen auch, digital und automatisch.

Aktives Kühlen kostet allerdings Geld, im Betrieb wegen des Stromverbrauchs und in der Anschaffung. Eine Wärmepumpe, die kühlen und nicht nur heizen kann, sei in der Regel einige Hundert Euro teurer, heißt es vom Branchenverband. Wer zusätzlich noch Heizkörper mit Ventilatoren einbauen lasse, müsse schätzungsweise mit zehn Prozent Aufschlag rechnen: Wenn eine Anlage 40 000 Euro koste, seien 4000 Euro zusätzlich realistisch. Umfassende Schätzungen, wie viel Strom man für eine aktive Kühlung benötigt, gibt es noch nicht. Klar ist, dass Hauseigentümer mit einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach einen großen Vorteil haben: Wenn es besonders heiß ist und man kühlen möchte, ist auch besonders viel kostenloser Strom vorhanden.

Umrüsten lässt sich eine bestehende Wärmepumpe ohne die Umkehrfunktion nicht. Wer aber ein altes Gerät austauschen muss oder neu plant, kann sich entsprechend beraten lassen und erfährt dann auch, ob zusätzliche Leitungen oder Speicherbehälter notwendig sind. Handwerksbetriebe berichten allerdings, dass derzeit nur noch wenige Kunden Wärmepumpen nachfragen: Die Debatte ums neue Heizungsgesetz habe einfach viele Menschen verunsichert.

Nakissa Salavati ist Redakteurin im Ressort Wirtschaft mit einem Schwerpunkt auf Energiethemen.

SONDERTEIL

SMARTE ENERGIEWENDE

Für sonnen ist die Energie-
wende bereits Wirklichkeit
geworden. Das Unternehmen
vernetzt PV-Anlagen, Strom-
speicher, Wärmepumpen und
E-Autos auf intelligente Art –
und erzielt so attraktive Erlöse
für die Mitglieder seiner Ener-
giegemeinschaft. Im Sonder-
teil gewährt sonnen Einblicke
in seine Arbeit, von der Ent-
wicklung nachhaltiger Tech-
nologien bis zur Vermarktung
an den Strombörsen.

IN ZUSAMMENARBEIT
MIT SONNEN

„Innovation gelingt nur durch Tatendrang“

VERNETZUNG

Susan Käppeler gibt einen Ausblick, wie mehr Tempo in die Energiewende kommt und welche Rolle die intelligente Vernetzung von einzelnen Energieinseln dabei spielt. Außerdem erklärt die Country Managerin DACH bei sonnen, was smarte Stromspeicher und virtuelle Kraftwerke damit zu tun haben – und wie die Politik für zusätzliche Beschleunigung sorgen kann

LESEDAUER: 13 MINUTEN

sonnen hat eine klare Vision: Saubere und bezahlbare Energie für alle. Wie sieht Ihre ideale Energiewelt im Jahr 2045 aus? Dem Jahr, in dem Deutschland klimaneutral sein will.

2045 müssen die erneuerbaren Energien die klare Nummer eins unserer Energieträger sein. Sonne und Wind werden durch Millionen PV- und Windkraftanlagen nahezu den gesamten Energiebedarf in Deutschland decken. Für mich ist dieses Szenario nicht nur ein Ideal. Ich würde es mehr als Zielbild be-

zeichnen, an das ich wirklich glaube. Weil ich mir sicher bin, dass wir den Weg kennen, der uns da hinführen kann.

Und wie sieht dieser Weg aus?

Das fängt mit der privaten Energiewende im Eigenheim an. Der Dreiklang lautet hier: Digitalisierung, Incentivierung, Automatisierung. Erst müssen wir Haushalte, die Strom produzieren, mithilfe von Smart Metern aus ihrem analogen Dornröschenschlaf holen. Dann müssen wir sie über finanzielle Anreize zu Partnern machen und auch untereinander vernetzen. Und

zu guter Letzt muss der gesamte Prozess nahezu von selbst ablaufen. Das klingt zwar komplex, ist durch unser virtuelles Kraftwerk für unsere Kundinnen und Kunden aber verblüffend simpel und funktioniert schon heute. Damit wird die Energiewelt 2045 nicht nur sauber und bezahlbar sein, sondern gleichzeitig dezentral und gemeinschaftlich vernetzt.

Die Politik teilt ihre Vision auch, tut sich aber schwer damit, sie umzusetzen. Was würde sonnen anders machen, hätten Sie in Berlin die Fäden in der Hand?

Es sind viele kleine Aspekte, die dafür sorgen, dass unsere Lösungen ihr Potenzial noch nicht vollständig abrufen können. Allen voran muss die Politik dringend die Gesetze und Richtlinien an den tatsächlichen technologischen Entwicklungsstand von heute anpassen und für stringente Definitionen sorgen. Dafür ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik und Wirtschaft notwendig. Das erfordert natürlich Vertrauen in die Expertise, die Unternehmen wie sonnen in so einen Prozess einfließen lassen könnten.

Ein wichtiges Stichwort ist allein die Geschwindigkeit dieser Aktualisierungen. Nehmen wir beispielsweise unser virtuelles Kraftwerk, das sonnenVPP: Wir könnten deutlich mehr Mitglieder begrüßen, als es heute der Fall ist. Was uns hindert? Solche Dinge wie die sogenannte Anschlussnetzbetreiberbestätigung zum Beispiel. Ein Wort mit mehr Buchstaben als das Alphabet. Diese ANB benötigen wir für jeden einzelnen Heimspeicher, den wir in unser sonnenVPP integrieren. Jeder der 865 Verteilnetzbetreiber hat hier allerdings andere Prozesse und Anforderungen. Für die komplexe Abstimmung benötigen wir eigene Mitarbeiter und müssen dennoch teils Wochen und Monate auf dieses eine Formular warten. In der Zwischenzeit verpuffen ungenutzte Potenziale für die Energiewende.

Das klingt furchtbar mühsam und frustrierend...

... und ist leider nicht die einzige Baustelle. Ein weiteres Beispiel ist der Smart-Meter-Rollout. Erst durch Smart Meter kann ein netzdienliches Lade- und Einspeiseverhalten von Stromspeichern erfasst und damit auch belohnt werden. Da ein flächendeckender Ausbau auf sich warten lässt, nehmen wir die Installation seit 2016 selbst in die Hand – was wiederum mit viel Überzeugungsarbeit und bürokratischen Hürden verbunden ist. Kein Land tut sich hier so schwer wie Deutschland.

Es gibt aber auch Fortschritte, Deutschland erlebt gerade einen Solarboom. Bereits im September war das PV-Ausbauziel für 2023 erreicht. Wie nehmen Sie diesen Aufschwung wahr?

Nicht nur innerhalb Deutschlands, auch über Ländergrenzen hinweg begrüßen wir diesen Aufschwung im Bereich der Solarenergie natürlich. Allerdings dürfen wir uns darauf nicht ausruhen.

Es gibt nach wie vor jede Menge zu tun. Und allein mit dem Ausbau von PV-Anlagen lösen wir die großen Fragen der Energiewende nicht nachhaltig. Es sind ganzheitliche Lösungen gefragt, die zu Ende gedacht sind. Denn wie halten wir beispielsweise trotz steigender Volatilität und zunehmender Dezentralität das Stromnetz dauerhaft stabil? Wie schaffen wir es, dass die Millionen Elektroautos von morgen in unsere Stromnetze passen? Wie können wir Privathaushalten und Gewerbekunden langfristige Planbarkeit und Kosteneffizienz bieten? Wie garantieren wir, dass die großflächig gewonnene saubere Energie genau dort genutzt werden kann, wo gerade Bedarf besteht? Und wie profitieren einzelne Haushalte und Energieinseln vom Auf und Ab an der Strombörse?

Das sind die essenziellen Problemstellungen der Energiewende, die ja auch eine Verkehrs- sowie eine Wärmewende beinhaltet und stemmen muss, wie Sie schon angeschnitten haben. Welche Antworten bietet sonnen auf diese treibenden Fragen?

Für uns steht fest: Keine PV-Anlage, kein Windrad, kein Stromspeicher allein wird die Energiewende schaffen. Der entscheidende Schlüssel ist die Vernetzung. Die Vernetzung ist nicht nur Beschleuniger, sondern Grundvoraussetzung für die Energiewende.

Darin haben Sie ja reichlich Erfahrung und gelten als Pionier der Branche.

In der Tat. Als erster Anbieter in Deutschland vernetzen wir bei sonnen private Heimspeicher zu einem virtuellen Kraftwerk, dem Kraftwerk der Zukunft. Gemeinsam mit unseren Fachpartnern haben wir ein System errichtet, mit dem sauberer Strom zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen Ort kommt, indem es Tausende einzelne Energiespeicher zu einer virtuellen Großbatterie vernetzt.

Das bringt die Energiewende voran und bietet gleichzeitig Vorteile für die Batteriebesitzer: Durch die gemeinschaftliche Vermarktung von dem Solarstrom, der nicht für den Eigenverbrauch genutzt werden kann, entstehen finanzielle Vorteile, die wir im Rahmen unserer Stromverträge an unsere Kunden und Kundinnen weitergeben.

Das virtuelle Kraftwerk bringt aber vor allem ein Plus an Flexibilität in das System der dezentralen Energieversorgung. Durch die Vernetzung ist es nämlich möglich, Schwankungen im Stromnetz punktgenau auszugleichen. Das sonnenVPP kann blitzschnell die

”
 DURCH UNSERE
 INTELLIGENTE
 VERNETZUNG
 SPAREN HAUSHALTE
 BARES GELD
 “

Leistung erhöhen oder drosseln, wenn irgendwo ein Überschuss oder Mangel an Energie auftritt.

Das ist eine Aufgabe, die bislang vor allem von fossilen Großkraftwerken erbracht wurde.

Und die können und werden eines nach dem anderen ersetzt. Auch dank der Mitglieder der sonnenCommunity, die so einen zusätzlichen Beitrag zur Energiewende und zur Verringerung des CO₂ Ausstoßes leisten – und ganz nebenbei auch davon profitieren. Denn auch über diese Netzdienstleistungen verdient das sonnenVPP Geld, das mit einem Bonus an sonnenFlat Kunden ausbezahlt wird.

Inzwischen spart die sonnenCommunity insgesamt etwa 212 000 Tonnen CO₂ pro Jahr durch die Nutzung unserer Produkte ein. Das entspricht der Menge CO₂, die erst durch 434 000 Bäume wieder aufgenommen werden könnte.

Neben Batteriespeichern haben Sie auch angekündigt, E-Autos in das virtuelle Kraftwerk einzubinden. Welche Vorteile bringt diese Komplettvernetzung für den Einzelnen sowie die Stromnetze insgesamt?

Unser Portfolio verbindet alle Energielösungen rund ums Eigenheim, aber auch für Gewerbekunden: PV-Anlage, Stromspeicher, Stromtarife, Notstromlösung, E-Auto mit Ladestation und eine unkomplizierte Anbindung von Wärmepumpen ausgewählter Hersteller. Durch die intelligente Vernetzung entsteht der größtmögliche Mehrwert für Haushalte – ein optimal aufeinander abgestimmter Energiehaushalt. Der Einzelne spart dadurch bares Geld und holt das Beste aus seiner Investition raus.

Was die Stromnetze betrifft, geht es auch hier wieder um die Fähigkeit, zu entlasten oder aktiv zu stabilisieren und damit die erneuerbaren Energien insgesamt zu stärken. E-Autos im Speziellen können so vom reinen Transportmittel zum aktiven Teil des Energiesystems werden. Und das, während sie im Alltag ganz normal genutzt werden. Kurzfristige Netzschwankungen werden durch die Speicherkapazität von E-Autos im virtuellen Kraftwerk abgefedert und smarte Ladevorgänge wiederum vermeiden eine Überlastung des Netzes zu bestimmten Tageszeiten. Darüber hinaus ist auch die Integration von Wärmepumpen als Teil von sonnens virtuellem Kraftwerk geplant. In diesem intelligenten Netzwerk kann die Wärmepumpe gezielt dann aktiviert werden, wenn das Angebot am Strommarkt gerade höher als der Verbrauch ist. Damit stabilisieren sie ebenfalls das Stromnetz, indem sie Erzeugungs- und Verbrauchsspitzen glätten.



”
 UNSERE
 TECHNOLOGIE
 IST MADE IN
 GERMANY,
 FÜR DIE WELT
 “

Sie haben auch das deutschlandweite Partnernetzwerk von sonnen angesprochen. Wie viele Fachbetriebe stecken dahinter und wie sieht hier konkret die Zusammenarbeit aus?

Das ist richtig, wir haben uns in den letzten 14 Jahren ein starkes Partnernetzwerk aufgebaut, das die Beratung und Installation der sonnenBatterie in ganz Deutschland abdeckt. Darunter sind Hunderte größere und kleinere Fachbetriebe. Die Fachpartner und Vertriebsmitarbeiter haben den direkten Draht zu unseren Kundinnen und Kunden, sie sind lokal vor Ort und stellen dabei nicht nur die Angebotserstellung und Abwicklung, sondern auch eine äußerst wertvolle Vermittlung dar. Gemeinsam haben wir einen umfassenden Blick auf das Marktgeschehen und verlieren die tatsächlichen Anforderungen und Bedürfnisse der sonnenCommunity zu keiner Zeit aus den Augen. Dabei schätze ich den regelmäßigen Kontakt – ob persönlich oder aus der Ferne – mit allen Fachpartnern sehr. Zusammen mit unseren Regional Sales Managern stehen wir täglich im Austausch mit unseren Fachpartnern und organisieren darüber hinaus mehrmals im Jahr Veranstaltungen in größerer und kleinerer Runde.

Von welchen Themen ist diese Zusammenarbeit mit den regionalen Fachpartnern aktuell und in Zukunft am stärksten geprägt?

Auch hier prägt uns der Dreiklang aus Digitalisierung, Incentivierung und Automatisierung. Was für unsere Kundinnen und Kunden gilt, gilt für unsere Fachpartner als zentrales Bindeglied gleichermaßen. Wir unterstützen unsere Partner proaktiv, indem wir sie zum Beispiel in der Optimierung und Digitalisierung ihrer eigenen Prozesse im Tagesgeschäft entlasten. Unsere frühzeitige Information über relevante Neuigkeiten und die Möglichkeit einer verbindlichen Planung sind für die Fachpartner wichtige Grundlage für das Ausbalancieren der eigenen Installationskapazitäten. Das ist essenziell, damit sich die Fachpartner voll und ganz auf das Wesentliche konzentrieren können: nämlich eine hervorragende Kundenberatung und das exzellente Handwerk vor Ort. Bürokratische Prozesse wie die Anmeldung neu installierter Geräte, die Bearbeitung von Service Cases, selbst eine Fernwartung, können unkompliziert digital und über unser Online-Partnerportal erledigt werden.

Wer sich durch starke Vertriebsleistungen oder als Exklusivpartner besonders für sonnen engagiert, wird auch besonders gefördert. Diese Mitglieder unseres „sonnen Masters Club“ profitieren von einem

intensiven Erfahrungsaustausch oder auch beispielsweise davon, dass wir ihnen zusätzliche Unterstützung bei ihren Marketing-Aktivitäten zur Verfügung stellen.

sonnen steht für eine Erfolgsgeschichte: Von zehn auf 1000 Mitarbeiter in zehn Jahren. Wie wurde so ein schnelles Wachstum möglich und wie sieht es hinter den Kulissen bei sonnen aus?

Genaugenommen sind wir mittlerweile sogar von zehn auf 1800 in 13 Jahren gewachsen. Aber ja, das ist so oder so beachtenswert. Das schnelle Wachstum geht Hand in Hand mit dem wachsenden Einsatz erneuerbarer Energie in Privathaushalten. Schon die ersten Generationen der sonnen-Batterien erfreuten sich großen Interesses und auch heute in der 10. Generation ist die Nachfrage sehr hoch. sonnen ist und bleibt seinem Ursprung im Allgäuer Energiedorf Wildpoldsried verbunden. Unsere Technologie ist Made in Germany, für die Welt. Während wir unser Produkt-Portfolio in immer mehr Ländern anbieten, bauen wir unsere Produktion in Deutschland aus. Im Mai 2023 haben wir die nächste Ausbaustufe der Produktionskapazität von 120 000 Speichersystemen pro Jahr erreicht.

Allerdings wachsen wir natürlich nicht nur seitens der Produktion. Als Arbeitgeber mit klarem Nachhaltigkeitsziel und Innovationsführerschaft freuen wir uns an allen Standorten und in allen Abteilungen über neue Experten und talentierte Nachwuchskräfte. Hier kommen viele schlaue Köpfe und leidenschaftliches Engagement zusammen. Wichtig bleibt ein lebendiger und regelmäßiger Dialog über alle Ebenen hinweg – vom Azubi bis zum Geschäftsführer. Den fördern wir aktiv und in alle Richtungen. Denn nicht nur als Antwort auf die Energiewende, auch für das tägliche Miteinander und eine wirksame Zusammenarbeit wird Vernetzung bei uns großgeschrieben.

Welche Herausforderungen sehen Sie im Jahr 2024 auf dieses große Team bei sonnen zukommen?

Wir werden dafür sorgen, dass der Ausbau von PV-Anlagen mit Stromspeichern genau wie unseren weiteren vernetzten Energielösungen nicht an Geschwindigkeit nachlässt und wir zahlreiche neue Mitglieder der sonnenCommunity gewinnen. Das gilt nicht nur für Eigenheim-Besitzer, sondern auch für Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft.

Gleichzeitig können wir es uns in Deutschland generell nicht länger leisten, die einzelnen Sektoren wie Energie, Mobilität und Wärme isoliert zu betrachten. Denn wir belasten damit nicht nur unser Netz, sondern verschenken auch enormes Potenzial. Über

unser virtuelles Kraftwerk werden wir diese losen Enden immer weiter verbinden.

Was treibt Sie persönlich an, genau hier Tag für Tag weiterzumachen und sich für die drängende Energiewende einzusetzen?

Wir alle begegnen ständig neuen Herausforderungen. Man kann darauf warten, dass andere etwas verändern. Oder es selbst in die Hand nehmen. Innovation gelingt nur durch das Zusammenspiel aus durchdachten Konzepten und der richtigen Portion Tatendrang. Wenn die Energiewende gelingen soll, braucht es nicht nur neue Technologien und Infrastrukturen – es braucht auch ein frisches, agiles und integratives Unternehmertum, das all das auf die Straße bringt. Bei sonnen trifft Start-up-Spirit auf Operational Excellence; der ideale Mix, um das Energiesystem zu transformieren. Mein Anspruch ist es, die Aufgaben fokussiert anzupacken und bestimmt voranzugehen. Das treibt mich persönlich an. Und wenn der erste Ansatz nicht zum gewünschten Ergebnis führt, haben wir schon einen Plan B. Gleichzeitig bin ich der Überzeugung, dass wir zusammenzubringen müssen, was zusammengehört. Denn der Komplexität unserer Zeit können wir nur als Gemeinschaft begegnen. Energiewende? Einfach mal machen.

”
 DER KOMPLEXITÄT
 UNSERER ZEIT
 KÖNNEN WIR NUR
 ALS GEMEINSCHAFT
 BEGEGNEN
 “

DIE KRAFT DER GEMEINSCHAFT

COMMUNITY

Der Umbau unserer Energieversorgung –
weg von Fossilen und Atom hin zu Sonne und

Wind – ist ein beispielloses Vorhaben.

Eines, das unser jahrzehntealtes System
auf den Kopf stellt. Und zahlreiche offene

Fragen birgt: Können Sonne und Wind
eine Industrienation wie Deutschland rund
um die Uhr zuverlässig mit Strom versorgen?

Wie halten unsere Netze der wachsenden
Zahl an E-Autos und Wärmepumpen stand?

Und wie können wir die Energiewende
gemeinsam mit den Menschen anstatt auf
ihren Schultern umsetzen? Die gute Nachricht:

Die Antwort darauf gibt es bereits.

Und immer mehr Menschen begeistern sich
für diese Lösung

LESEDAUER: 5 MINUTEN

Alle reden vom Ausbau sauberer Energiequellen: Mehr Windräder, mehr Solarpanels. Doch diese unzähligen, kleinen Erzeuger fordern mit ihrer stark schwankenden Stromproduktion – abhängig von Tageszeit und den Wetterverhältnissen – das Stromnetz deutlich mehr heraus, als es bislang bei Großkraftwerken der Fall ist. Zu den mittlerweile über drei Millionen PV-Anlagen in Deutschland gesellt sich zudem eine steigende Zahl an Heimspeichern, während parallel immer mehr Elektroautos und Wärmepumpen den Strombedarf in die Höhe schnellen lassen.

Das Kraftwerk der Zukunft ist ein Netzwerk

Wie kann man aus diesem Belastungsszenario eine Synergie formen? Der entscheidende Schlüssel dafür ist die Vernetzung, und zwar von Hunderttausenden, ja Millionen Photovoltaikanlagen, Heimspeichern, Wärmepumpen und E-Autos in Eigenheimen. Ohne diese Vernetzung werden die Leitungen bald an ihre Grenzen geraten, denn Angebot und Nachfrage müssen clever aufeinander abgestimmt werden, soll die Energiewende gelingen. Genau diesen intelligenten Zusammenschluss von verschiedenen Erzeugern und Verbrauchern nennt man in der Praxis virtuelles Kraftwerk – oder VPP als Abkürzung für „virtual power plant“.

Das sonnenVPP – Pionierarbeit für die Energiewende

Ein solches Kraftwerk betreibt das Unternehmen sonnen schon seit mehr als fünf Jahren, indem die PV-Anlagen und Heimspeicher seiner Kunden im sogenannten sonnenVPP intelligent vernetzt werden. Allein in Deutschland stehen mittlerweile mehr als 25.000 private Stromspeicher für das sonnenVPP bereit – das entspricht der Gesamtleistung eines kleinen Gaskraftwerks. Und mit jedem teilnehmenden Haushalt wächst dieses Kraftwerk weiter.

Das sonnenVPP kann die gleichen Aufgaben wie ein konventionelles Kraftwerk übernehmen: Strom kann ins Netz eingespeist oder aus dem Netz gespeichert werden, und diese Leistungen werden an Energiemärkten gehandelt. Da zu virtuellen Kraftwerken vernetzte Haushalte ausschließlich erneuerbare Stromerzeuger bündeln, sind sie besonders nachhaltig und tragen dazu bei, dass Gas- und Kohlekraftwerke früher abgeschaltet werden könnten.

Doch im Gegensatz zu einem konventionellen Kraftwerk befindet sich das sonnenVPP nicht an einem einzigen Ort. Seine einzelnen Bestandteile sind wie ein großes Netz über das ganze Land verstreut. Und was so verstreut ist, muss gesteuert werden. Das geschieht über eine zentrale Software mit intelligenten Algorithmen, quasi das Gehirn des Systems. Und dank ihrer weitläufigen räumlichen Verteilung können virtuelle Kraftwerke auch regionale Unterschiede bei der Erzeugung oder dem Verbrauch von Solar- oder Windstrom ausgleichen.

VIRTUELLE
KRAFTWERKE HABEN
DIE FLEXIBILITÄT,
ANGEBOT
UND NACHFRAGE
BESONDERS
EFFIZIENT
IN EINKLANG ZU
BRINGEN



Energiewende im Eigenheim – eine Investition mit direkter Rendite

Mit einer intelligenten Batterie und dem passenden Stromtarif kann heute ein normaler Haushalt Teil eines virtuellen Kraftwerks werden und seinen eigenen, sauberen Strom dem Netz zur Verfügung stellen, wenn er gerade nicht selbst benötigt wird. Und das ist nicht nur für die Energiewende, sondern auch den eigenen Geldbeutel attraktiv.

Über die gemeinsame Vermarktung können Haushalte so aktiv am Energiemarkt teilnehmen. Denn die PV-Anlage auf dem Dach und die Batterie im Keller macht sie zu „Prosumern“, also parallel zum Erzeuger (producer) und Verbraucher (consumer) von Energie. Durch den Zusammenschluss mit Tausenden weiteren Prosumern aus der sonnenCommunity können sie ihre saubere Energie an die Strombörse bringen. Diese gemeinschaftliche Direktvermarktung ist finanziell deutlich attraktiver als die klassische EEG-Vergütung, da die einzelnen Haushalte von steigenden Marktpreisen für grünen Strom profitieren.

Und das ist nicht der einzige Fall, bei dem die Vernetzung aus einem gemeinschaftlichen einen individuellen Mehrwert macht: Denn Energieverbrauch

und Erzeugung müssen in einem Stromnetz immer im Gleichklang sein, damit es stabil bleibt. Ist dieses Gleichgewicht stark gestört, kommt es im schlimmsten Fall zu lokalen oder sogar landesweiten Stromausfällen, dem berüchtigten Blackout.

Wie ausgewogen das Gleichgewicht gerade ist, zeigt die Netzfrequenz, die in Europa 50 Hertz beträgt. Ist zu viel oder zu wenig Strom vorhanden, schwankt die Netzfrequenz entsprechend mit. Die Netzbetreiber greifen kontinuierlich ein, damit die Frequenz nicht zu stark abweicht. Die Maßnahmen, die getroffen werden, um die Stabilität des Stromnetzes sicherzustellen, werden Netzdienstleistungen genannt. Dazu zählen verschiedene Maßnahmen, wie etwa das Abschalten von Großverbrauchern wie Industrieanlagen oder das Aufnehmen oder Abgeben von Energie durch Großkraftwerke. Genau diese Funktion können auch dezentrale, virtuelle Großspeicher wie das sonnenVPP übernehmen – und fossile Kraftwerke perspektivisch obsolet machen.

Die wichtigste Ressource, die das virtuelle Kraftwerk damit bereitstellt, ist Flexibilität. Und Flexibilität wird in unserem Energiesystem umso wichtiger, je mehr erneuerbare Erzeuger und große Verbraucher ans Netz angeschlossen werden. Damit lassen sich Einnahmen am Energiemarkt erzielen – und da ein virtuelles Kraftwerk nicht aus einer einzigen Anlage, sondern aus Tausenden miteinander vernetzten Einheiten besteht, profitiert jeder einzelne Haushalt davon. Bei sonnen geschieht das über eine Gewinnbeteiligung, die über einen speziellen Stromvertrag an die teilnehmenden Haushalte ausgezahlt wird. Für eine sonnenBatterie 10 mit einer Größe von 11 kWh beträgt diese Gewinnbeteiligung aktuell 100 Euro im Jahr.

Das sonnenVPP hat bereits 2018 als erstes virtuelles Kraftwerk auf Basis von landesweit vernetzten Heimspeichern die Berechtigung zur Bereitstellung von sogenannter Regelleistung erhalten. Kein einfaches Unterfangen. Denn diese sogenannte Primärregelleistung ist systemrelevant und muss daher höchste technische und sicherheitsrelevante Anforderungen erfüllen.

Als Teil eines virtuellen Kraftwerks ist es normalen Haushalten also möglich, von einem Markt zu profitieren, der bisher industriellen Anbietern vorbehalten war. Das entspricht dem Prinzip der Sharing Economy, einem Wirtschaftsmodell, bei dem die Gemeinschaft an oberster Stelle steht. Welche Kraft in dieser Gemeinschaft steckt, zeigt das sonnenVPP – und zwar saubere und bezahlbare Energie, für alle.

JEDER
EINZELNE HAUSHALT
PROFITIERT

Wie Haushalte von schwankenden Strompreisen profitieren

ZUVERDIENST

Dank der Energiewende können Haushalte am Strommarkt teilnehmen und ihre Flexibilitäten zu Geld machen. Dafür ist intelligentes Energiemanagement nötig. Das Unternehmen sonnen optimiert die Zeiten für PV-Einspeisung und Strombezug und maximiert auf clevere Art die Erlöse für seine Energiegemeinschaft

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Die Energiewende ist eine anspruchsvolle Angelegenheit. Wir wollen ein stabiles Stromnetz zu jeder Zeit und gleichzeitig unsere Stromproduktion in die Hände des Wettergotts legen. Es ist vielleicht eine der größten Errungenschaften unserer Zeit, dass wir an einem Punkt sind, an dem wir diesen Widerspruch mit Technologie überwinden können. Damit einher geht eine Änderung des Mechanismus, der hinter den Strompreisen steckt. Die Preise werden nicht mehr

gleich sein, ganz egal wann Strom verbraucht wird. Sondern sie werden sich dem schwankenden Angebot anpassen: Strom wird günstig, wenn ganz viel da ist und teuer, wenn zu wenig da ist. In diesem Umfeld wird eine neue Größe wertvoll: Flexibilität. Also wie stark man seinen Stromverbrauch an das Angebot anpassen kann. Der richtige Zeitpunkt wird wertvoll.

Das lässt sich für Haushalte nutzen. Heimspeicher- und Vernetzungsexperte sonnen hat das Potenzial erkannt, selbstproduzierten Solarstrom für

Haushalte noch attraktiver zu machen. Flexibilität als Währung – das erfordert neue Ansätze und Lösungen auch für private Stromerzeuger. Früher war es konventionellen Kraftwerken vorbehalten, am Energiemarkt aufzutreten und dort den erzeugten Strom anzubieten. Haushalte waren nur passive Abnehmer für die fixen, an den Verbrauch gekoppelten Tarife.

Virtuelle Kraftwerke wie das sonnenVPP ändern das grundlegend – und eröffnen Haushalten durch die clevere Steuerung ihrer PV-Anlagen und Heim Speicher neue Möglichkeiten für Zusatzerlöse. Das funktioniert, vereinfacht ausgedrückt, so: Sind die Preise am Markt gerade hoch, erhöht sonnen die Einspeisung ins Netz, gelten hingegen niedrige oder sogar negative Preise, wird der Strom vom Dach – sofern er nicht vom E-Auto in der Garage, der Wärmepumpe oder den weiteren Geräten im Haus benötigt wird – in den Heimspeicher geleitet.

Durch Vernetzung komplexe Marktdynamiken beherrschen

Am virtuellen Kraftwerk von sonnen können grundsätzlich alle Besitzer einer sonnen Batterie teilnehmen. Aktuell halten die Mitglieder des sonnenVPPs insgesamt gut 25.000 PV-Anlagen und stationäre Batteriespeicher bereit. Dank intelligenter Vernetzung dieser Anlagen kann eine flexible „Super-Kapazität“ entstehen, mit der es möglich ist, am Stromnetz zu handeln. sonnen ist damit ein Vorreiter in der Branche. Sie waren die ersten, die solch ein virtuelles Kraftwerk erfolgreich auf den Markt gebracht haben, um damit aktiv die Stromnetze zu unterstützen. Damit liefert das Unternehmen eine wegweisende Antwort auf die wichtige Frage: Wie kann Strom aus schwankenden erneuerbaren Energien in Zukunft den massiv steigenden Bedarf decken?

Dass die Flexibilität, die durch Vernetzung entsteht, zunehmend bedeutsamer wird, hat man hier schon früh erkannt. Schon heute stimmt sonnen über den Einsatz selbstlernender Algorithmen und künstlicher Intelligenz Einspeisung und Verbrauch so ab, dass die von der Gemeinschaft selbst erzeugte erneuerbare Energie möglichst effizient genutzt und an der Strombörse mit möglichst hohen Erträgen gehandelt wird. „Wichtig ist, Erzeugung und Verbrauch sinnvoll zu konzentrieren. Also den Strombezug von Großverbrauchern in die Zeiten zu legen, in denen Strom günstig ist“, sagt Matthias Dilthey, Senior Vice President Energy & Flexibility Trading bei sonnen.

Eine weitere Entwicklung ist, dass mit der schwankenden Erzeugung von Energie aus Wind und Sonne auch die Preise an den Strommärkten häufiger und stärker schwanken. Was mehrmals am Tag sogar zu negativen Strompreisen führt, wenn es an Abnehmern fehlt, Windräder und PV-Anlagen aber auf Hochtouren laufen. Ist der Strombedarf aber hoch, etwa wenn am Abend Millionen von Menschen zur gleichen Zeit kochen, ist auch der Strompreis an den Strombörsen deutlich höher.

Die täglichen Verbrauchskurven sind bis zu einem gewissen Grad planbar, diese Kapazitäten werden an der Strombörse im „Day-Ahead-Markt“ gehandelt. Energieflüsse, die in Echtzeit auf Schwankungen reagieren, laufen über den Intraday-Market, wie Matthias Dilthey erklärt: „Wir berücksichtigen bei unseren Aktivitäten auf dem Strommarkt all diese Preissignale: Zum einen die stündlichen Preise der Strombörse für den jeweils nächsten Tag, zum anderen die Intraday-Optimierung während des Tages, die abhängig von den tatsächlichen Stromflüssen kontinuierlich in Viertelstunden-Schritten reagiert und nochmals höheres Erlöspotenzial mit sich bringt.“

sonnen sticht EEG-Vergütung dank Strategiemix

Für die Haushalte seien so höhere Erlöse möglich, als es mit der EEG-Vergütung der Fall wäre, die für neue PV-Anlagen zuletzt auf 8,20 Cent pro kWh gesunken ist, ab einer Größe der Anlage von 10 kWp sind es sogar nur rund 7 Cent/kWh. sonnen bietet seinen Kunden eine feste Vergütung von aktuell 10 Cent für jede eingespeiste Kilowattstunde. Denn durch seinen Strategie-Mix aus lang- und kurzfristiger Optimierung könne sonnen das Risiko in der Direktvermarktung geringhalten und einen stabilen Strompreis sicherstellen.

„Unsere Kunden vertrauen uns und geben uns die Handlungsfreiheit, ihre Anlagen so zu steuern, dass sie maximale Erträge abwerfen“, erklärt Dilthey. Dabei können sich Haushalte zu jeder Zeit darauf verlassen, dass immer ausreichend selbst erzeugter Strom für ihren Eigenverbrauch vorhanden ist, wenn sie ihn benötigen, versichert er.

Mit zunehmender Größe des virtuellen Kraftwerks und den damit verbundenen Haushalten wachsen die vorteilhaften Effekte potenziell immer weiter. Neben den Mehr-Erlösen für die Kunden in der Direktvermarktung profitiere auch die Stromgemeinschaft als Ganzes, da jede PV-Anlage, die in den ent-

PERSPEKTIVISCH
WERDEN DIE
PREISE EXTREMER
SCHWANKEN,
ERGO HÖHERE
ERTRÄGE MÖGLICH

sprechenden Tarif von sonnen wechselt, ihren Strom in den Bilanzkreis der sonnenCommunity einspeist. Der Strom wird in dieser Gemeinschaft also bilanziell geteilt. Dadurch verringere sich der Restbedarf der Teilnehmer, der über externe Stromquellen gedeckt werden muss. Das wiederum senke insgesamt die Beschaffungskosten und bringe die Gemeinschaft ihrer gemeinsamen Vision von sauberer und bezahlbarer Energie für alle einen Schritt näher.

Digitalisierung als Schlüssel zu einem nachhaltigeren Energiemarkt

Um die Energiewende zu schaffen, ist also intelligentes Energiemanagement nötig. Und intelligent heißt auch: digital. Doch an entscheidenden Knotenpunkten, wie dem heimischen Stromzähler, ist noch Technik aus der Zeit der Wählscheibentelefone zu finden. Die Verbreitung von intelligenten Stromzählern – von Smart Metern – steht in Deutschland noch am Anfang. Dabei sei „das Smart Meter auf Seiten des Haushalts die Eintrittskarte, um in der neuen Energiewelt mitzuspielen zu können“, erklärt Dilthey. Nur so könne die echte Einspeisung und der echte Verbrauch in Viertelstunden-Schritten korrekt erfasst und digital übermittelt werden und der Endkunde von den flexiblen Preisen profitieren. Was bei sonnen längst zum Standard gehört, wird nun endlich auch flächendeckend

kommen. Für viele Anlagenbetreiber werden Smart Meter in Zukunft verpflichtend, zum Beispiel müssen ab 2025 alle Haushalte mit neuen PV-Anlagen mit mehr als 7 kWp mit einem intelligenten Messsystem ausgestattet werden.

Ein wichtiger Schritt, um Versäumnisse aufzuholen. Denn bislang ist die Installation der für das Gelingen der Energiewende essenziellen Geräte durch die zuständigen Messstellenbetreiber in Deutschland kaum umgesetzt worden: Weniger als 1 Prozent der deutschen Zählpunkte sind laut dem Monitoringbericht 2022 der Bundesnetzagentur mit einem Smart Meter ausgestattet. Deutschland gehört damit – weit abgeschlagen – zu den Schlusslichtern Europas.

sonnen hat sich schon vor Jahren vorgenommen, das zu ändern und nicht auf politische Maßnahmen zu warten. Mit seinen Partnern – unabhängigen, sogenannten wettbewerblichen Messstellenbetreibern – treibt das Unternehmen schon seit 2016 freiwillig einen deutschlandweiten Rollout von Smart Metern bei seinen Kunden voran, damit sie alle Voraussetzungen für die Aufnahme ihrer PV-Anlagen und Batterien in das virtuelle Kraftwerk sonnenVPP erfüllen. Nachteile, etwa dass Batterien wegen einer höheren Anzahl an Lade- und Entladezyklen ihre Leistungsfähigkeit schneller verlieren, müssen Kunden nicht befürchten, beruhigt Dilthey. Das Unternehmen habe „eine sehr komplexe Logik entwickelt, die unter anderem dafür sorgt, dass die Be- und Entladungen fair auf alle verbundenen Batterien verteilt werden“. Außerdem verwendet sonnen sehr langlebige Batterien, so dass die zusätzliche Verwendung über den Eigenverbrauch hinaus auch abgedeckt ist.

Künftig könne der finanzielle Vorteil sogar noch attraktiver werden, so sonnens Chef-Trader: „Perspektivisch werden die Preise extremer schwanken, da auch die Einspeisung von Wind- und Solarenergie immer höher wird. Ergo sind für die angeschlossenen Haushalte auch höhere Erträge möglich“, sagt Dilthey. Zumal durch Verkehrs- und Wärmewende zusätzliche vermarktbar Flexibilitäten in den Haushalten entstehen: „Besonders interessant in der Vermarktung sind große steuerbare Mengen, etwa von Elektroautos und Wärmepumpen, die man ohne Komfortverluste zeitlich so schieben kann, dass große finanzielle Vorteile geschaffen werden“. Der Markt wird sich also weiter drastisch verändern, und von dem Allgäuer Technologieunternehmen sonnen darf man erwarten, dass sie auch in Zukunft ganz vorne mit dabei sind, aus diesen Veränderungen neue Vorteile für private PV-Anlagenbetreiber zu schaffen.

Aus Wildpoldsried hinaus in die Welt

HAUSBESUCH

So sieht Energiewende „Made in Germany“ aus:
In Wildpoldsried, einem beschaulichen 2600-Einwohner-Dorf im Allgäu,
sagen sich augenscheinlich Fuchs und Hase „Gute Nacht“.
Doch gar so urig und in sich gekehrt, wie es auf den ersten Blick
anmutet, ist das sogenannte Energiedorf mitnichten

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Wildpoldsried wirkt aus der Ferne betrachtet beschaulich und verschlafen, entpuppt sich bei genauem Hinsehen jedoch als einer der größten Standorte in Europa für die Produktion von stationären Stromspeichern, wie sie hunderttausendfach in Haushalten stehen. Die sogenannten Heimspeicher machen es möglich, dass selbstproduzierter Solarstrom auch dann verbraucht werden kann, wenn keine Sonne scheint. Sie gelten daher als eine Schlüsseltechnologie für die Energiewende.

Der Speichermarkt hierzulande hat sich zuletzt innerhalb weniger Jahre von einem Nischenmarkt mit überwiegend deutschen Herstellern zu einem Massenmarkt entwickelt, in den nun immer mehr Anbieter aus aller Welt drängen. Das Unternehmen sonnen gilt vor allem in Deutschland als Pionier dieser Technologie und setzt als solcher der Konkurrenz mehr als zehn Jahre Know-how entgegen – gebündelt in „Wipo“, wie die Mitarbeitenden den Standort der Zentrale auch gerne nennen. Hier produziert sonnen seine Heimspeicher nicht nur, sondern betreibt auch

FOKUS
AUF MAXIMALE
SICHERHEIT



ein wichtiges Forschungs- und Entwicklungszentrum für die Hard- und Software seiner Produkte. „Made in Germany“ ist schließlich immer noch ein entscheidendes Qualitätsmerkmal im globalen Wettbewerb und bei Konsumenten gefragt.

Wie das genau umgesetzt wird, zeigt sich zum Beispiel bei der Auswahl der Batteriezellen, dem kleinsten Bestandteil der Energiespeichereinheit. Hunderte von ihnen können in einer einzigen Sonnen-Batterie stecken. Als Qualitätshersteller verlässt sich Sonnen nicht blind auf die Angaben seiner Zulieferer, sondern prüft selbst intensiv. Das Unternehmen testet mit großem Aufwand die Zellen verschiedener Hersteller und Technologien im eigens dafür eingerichteten Batterie-Testlabor. Dort rauscht und surrt und fiept es zugleich, und man muss ein wenig die Stimme heben, um sich noch zu verstehen. „Hier im Testlabor setzen wir einen wichtigen Teil unseres Kundenversprechens um. Um zu prüfen, ob die Batteriezellen unseren Anforderungen genügen, verlangen wir ihnen einiges ab. Aber auch ganz neue Prototypen landen oft hier und werden von uns unter die Lupe genommen“, erklärt Oliver Koch, der CEO von Sonnen. Innerhalb einer Stunde wird eine Batteriezelle komplett gefüllt, innerhalb einer Stunde wieder komplett entladen, immer und immer wieder. Eine Belastung, die in der Realität bei den Kunden daheim niemals auftritt. So aber kann sichergestellt werden, dass die Batterien auch langfristig das halten, was Sonnen verspricht.

Anspruchsvolle Batterietechnologie erobert Märkte weltweit

Das Unternehmen legt den Fokus auf eine möglichst lange Haltbarkeit der Zellen und maximale Sicherheit bis zum Ende des Produktlebenszyklus. „Wir hatten Zellen, die haben trotz der Dauerbelastung fast 30.000 Lade- und Entladezyklen geschafft“, erklärt Koch. Zum Vergleich: Ein Haushalt kommt im Durchschnitt auf nur gut 250 Zyklen im Jahr. „Der Grund für die lange Lebensdauer unserer Batterien sind die hohen Anforderungen an Leistung, Kapazität, Zyklfestigkeit sowie Sicherheit und Performance, die wir von unseren Zelllieferanten verlangen. Wir setzen diese aus Überzeugung weitaus höher an, als vom Gesetzgeber oder Zertifizierungs-Instituten vorgeschrieben“, so Koch weiter.

Unter Koch, der 2014 als COO (Chief Operating Officer) zu Sonnen kam, ist der Standort Wildpoldsried in den vergangenen Jahren stark gewachsen. Er



UNTER CEO
OLIVER KOCH IST
DER STANDORT
WILDPOLDSRIED
ZULETZT
STARK GEWACHSEN



übernahm Ende 2020 die Führung des Unternehmens von Gründer Christoph Ostermann und setzte dessen Wachstumskurs konsequent fort. Das Jahr 2022 startete das Unternehmen mit 800 Mitarbeitern, ein Jahr später waren es bereits 1250, nun steuert das Unternehmen auf 1800 Mitarbeiter zu. Sonnen brauchte gut zwölf Jahre, um seine ersten 100.000 Batteriespeicher herzustellen. Nun hat das Unternehmen Kapazitäten, um 100.000 Batteriespeicher in nur einem Jahr zu produzieren. Neben der Produktion hat Koch auch die Entwicklung stark ausgebaut, und das weltweit. So hat Sonnen mittlerweile Standorte in Atlanta, Bergamo, Berlin, Barcelona, Sydney und eben Wildpoldsried. Da das Batterielabor dort eine zentrale Rolle für die hohe Qualität der Sonnen-Batterie spielt, nimmt sich Koch wenn es sich einrichten lässt, gern für Besucher Zeit.

Die Lithium-Ionen-Technologie kennen die meisten von ihrem Handy oder ihrem Notebook. Viele auch schon aus ihrem Elektroauto. Innerhalb der Lithium-Ionen-Batterien gibt es zahlreiche Unterarten, die sich teilweise stark voneinander unterscheiden. „Jede Anwendung stellt andere Anforderungen an eine Batterie. Ein Smartphone-Akku ist anderen Belastungen ausgesetzt als eine Batterie für ein Elektroauto oder für einen Heimspeicher“, erklärt Koch. Sonnen setzte von Anfang an auf Lithium-Eisenphosphat-Zellen, die auch unter ihren Abkürzungen LiFePO₄ oder kurz LFP bekannt sind, nach ihrer chemischen Zusammensetzung in den Elektroden. In den meisten Batterien von Handys, Notebooks oder Elektroautos hingegen kommen andere Gemische wie Nickel-Mangan-Cobalt (NMC) oder Nickel-Cobalt-Aluminium (NCA) zum Einsatz.

„LFP-Batterien sind aus unserer Sicht sicherer und langlebiger als NMC- oder NCA-Akkus“, erklärt Koch. „Sie haben zwar dafür etwas weniger Energiedichte als Zellen in Elektroautos oder Smartphones. Aber Bauraum spielt bei Heimspeichern ohnehin keine so große Rolle wie in Pkw oder tragbaren Geräten“, so der Sonnen-Chef. Wie sicher die von Sonnen verwendeten LFP-Batterien sind, beweist unter anderem der berühmte Nageltest; auch diesen führt das Unternehmen in seinem Batterielabor selbst durch. Dabei wird ein Stahlnagel mitten durch eine Batteriezelle getrieben. Explodiert sie in Folge dessen oder fängt an zu brennen, hat sie den Test nicht bestanden.

Ökologisch wie auch ökonomisch nachhaltig ist ein Stromspeicher zudem nur dann, wenn er viele Jahre lang zuverlässig seinen Dienst verrichtet. „Die

SINNVOLL IST
EIN STROMSPEICHER
NUR DANN, WENN
ER VIELE JAHRE
LANG ZUVERLÄSSIG
SEINEN DIENST
VERRICHTET



einzelnen Batterietechnologien verschleifen unterschiedlich schnell“, erklärt Koch. Smartphone-Akkus schaffen oft nur 300 bis 500 komplette Ladezyklen, bevor sie spürbar an Kapazität einbüßen. Für NMC-Batteriezellen, die häufig in Elektroautos zum Einsatz kommen, sind bereits 1000 Ladezyklen ein guter Wert und ausreichend für diesen Einsatzzweck, da dies bei einer Reichweite von 400 Kilometern pro Vollaadung einer Lebensdauer von 400.000 Kilometern entspricht. So weit fahren selbst viele fossil betriebene Fahrzeuge nicht.

Beim Eigenverbrauch mit Solarstrom aber würden 1000 Ladezyklen nicht ausreichen, erklärt Koch: „In Deutschland rechnen wir mit gut 250 Ladezyklen pro Jahr, bereits nach vier Jahren wäre so eine Batterie am Ende und müsste ersetzt werden. Unsere Lithium-Eisenphosphat-Batterien hingegen weisen selbst nach mehr als 10.000 Be- und Entladevorgängen noch mindestens 80 Prozent ihrer Ausgangskapazität auf“, so Koch über die Erkenntnisse aus den Langzeittests. „Ein Spitzenwert“, wie er betont, und „das robuste Rückgrat“ für das Versprechen des Unternehmens, die Energiewende im Eigenheim sicher, zuverlässig und bezahlbar zu gestalten. „Es ist zu großen Teilen dieser außerordentlich hohen Produktqualität zu verdanken, dass die sonnen-Technologie mittlerweile weltweit begehrt ist. Darauf sind wir wirklich stolz, weil wir wissen, dass wir nur auf diesem globalen Level erfolgreich das Klima schützen können. Und das ist unser oberstes Ziel.“

Das A und O: Sicherheit unter allen Bedingungen

Auch bei allen anderen Bauteilen überlassen die Allgäuer nichts dem Zufall, etwa dem Batteriemanagementsystem, kurz BMS, das Herzstück eines Speichers. Es überwacht gut 1100 sicherheitsrelevante Punkte und sorgt dafür, dass die einzelnen Batteriezellen des Hausakkus „im Wohlfühlbereich“ bleiben, wie Koch es umschreibt. Auch hier gehen die Entwickler von sonnen nicht zimperlich mit Hard- und Software um, simulieren Überspannungen, Temperaturschwankungen und viele weitere Anomalien – und dringen dabei in Bereiche vor, die man einer echten Zelle nicht zumuten möchte.

sonnen hat inmitten der ländlichen Allgäuer Idylle auch eine eigene Klimakammer eingerichtet, um die verschiedenen Bedingungen seiner unterschiedlichen Märkte simulieren zu können – vom feuchtwarmen Regenwald bis zu trockener Kälte am Polar-

kreis muss der Speicher zuverlässig funktionieren. Und wie ein Set aus einem Science-Fiction-Film wirkt eine weitere Testeinrichtung, die EMV-Kammer, in der Produkte nach den Regularien des Gesetzgebers auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit hin getestet werden. Hunderte Kunststoffpyramiden, sogenannte Absorber, ragen von der Decke und den Wänden gut einen halben Meter weit in den wohnzimmergroßen Raum hinein, eine Messantenne ist genau auf einen Stromspeicher ausgerichtet. „Hier stellen wir mit unseren Tests sicher, dass es keine Störgeräusche im Handy gibt, wenn unsere Kunden an den Geräten vorbeilaufen“, erklärt Koch. sonnen ist eines von wenigen Unternehmen der Branche, die so eine Kammer selbst betreiben.

Es gäbe wohl kaum einen besseren Ort für sonnen als „Wipo“. Die kleine Gemeinde begann bereits Mitte der 1990er-Jahre, die Energiewende entschieden voranzutreiben, baute mehrere Windräder, Tausende Quadratmeter PV-Anlagen und eine Biogasanlage auf – und produziert um ein Vielfaches mehr Energie, als es selbst verbraucht. Das Dorf ist gefragter Partner von Universitäten, Hochschulen und der Industrie für Forschungsprojekte und wurde mit mehreren nationalen und internationalen Preisen bedacht.

Direkt vor Ort fertigt sonnen auch die einzelnen Bauteile zu einem fertigen Speichersystem und führt die Qualitätskontrollen vor der Auslieferung durch. sonnen legt hier ebenfalls großen Wert auf „Made in Germany“ und hohe Qualität, mehrere Zulieferer befinden sich in der direkten Umgebung. Die Wechselrichter etwa kommen aus dem nur 30 Kilometer entfernten Memmingen. Verschickt werden die fertigen Speicher dann in die ganze Welt, etwa nach Skandinavien, in die USA oder nach Australien. Und so kommt es, dass das Unternehmen im beschaulichen Wildpoldsried per Poststempel auf der ganzen Welt Energiewende macht. In den Köpfen der Menschen, in ihren Kellern, den Hausfluren, den Garagen. So entsteht Schritt für Schritt ein Netzwerk, dessen Potenziale längst nicht vollends entfaltet sind.

H WIE HOFFNUNG

WASSERSTOFF

Wasserstoff soll einige der zentralen Probleme der Industrie lösen: die Dekarbonisierung und Elektrifizierung. Doch das kann dauern. Viele Märkte entstehen gerade erst



VON
ELISABETH DOSTERT UND BENEDIKT MÜLLER-ARNOLD

LESEDAUER: 11 MINUTEN

Die Wasserstoffwelt von Ulrike Beyer passt auf eine Platte, etwa so groß wie ein Esstisch für sechs Personen. Sie ist vollgepackt mit Plexiglaswürfeln, auf denen Wörter wie Umformen, Reinigen und Fügen stehen. Oder Afrika und Europa, das sind Regionen, aus denen Wasserstoff geliefert werden könnte. Auf einem Würfel sind Rohrleitungen zu sehen, die Wasserstoff transportieren. Es sind viele Klötze, angeordnet um und auf zwei ineinander verschach-

telte Buchstaben H in Gelb und Grün. H wie Wasserstoff. Es ist das leichteste chemische Element, das auf der Erde vorkommt, aber in der Natur nie allein, sondern immer in Verbindungen wie Wasser (H_2O) oder Methan (CH_4).

Nun soll Wasserstoff die Rettung sein. Er lässt sich durch Elektrolyse aus Wasser gewinnen, das dabei in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O) zerlegt wird. „Das ist kein vorübergehender Hype“, sagt Rolf Najork, Geschäftsführer und Fertigungschef von Bosch. Bei der

Technologie gehe es um fundamentale Herausforderungen dieser Zeit: die Elektrifizierung und Dekarbonisierung nicht nur der Industrie, „sondern unseres ganzen Lebens“. Das klingt gut, aber damit das passiert, sind noch viele Hürden zu nehmen. Damit die Industrie künftig wirklich weniger klimaschädliches Kohlendioxid (CO₂) ausstößt und sich aus der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und Rohstoffen wie Öl und Erdgas löst, müsse der Wasserstoff grün sein, sagt Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft. Das bedeutet: Der Strom für die Herstellung muss aus erneuerbaren Energien stammen.

Davon ist man heute weit entfernt. In Deutschland werden nach Angaben der bundeseigenen Deutschen Energie-Agentur (Dena) derzeit zwischen 55 bis 60 Terawattstunden Wasserstoff im Jahr produziert und verwendet. 95 Prozent davon würden aus Erdgas erzeugt, so die Dena, „wobei erhebliche Mengen CO₂ freigesetzt werden.“ Den so erzeugten Wasserstoff bezeichnet man als grau. Der künftige Bedarf unterscheidet sich je nach Studie und Szenario deutlich, heißt es von der Dena. Demnach würden im Jahr 2030 in Deutschland zwischen 65 und 100 Terawattstunden kohlenstoffarmer Wasserstoff nachgefragt. In der frühen Anlaufphase werde der Anteil von grünem Wasserstoff „gering sein“, so die Dena; für 2030 rechnet sie mit einer inländischen Produktion von 14 bis 28 Terawattstunden. Der Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffwirtschaft sei mit einer Vielzahl von Herausforderungen und Risiken verbunden.

„Wir verurteilen den Krieg in der Ukraine scharf“, sagt Bosch-Manager Najork: „So traurig es auch ist, die geopolitischen Verwerfungen sorgen jetzt für einen den beschleunigten Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft.“ Allerdings, mahnt Sopna Sury: „Auch die Gasmärkte werden sich wieder beruhigen.“ Sury leitet das Wasserstoffgeschäft von RWE Generation; das Unternehmen betreibt große Gas- und Kohlekraftwerke in Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden. Nicht überall ist der Einsatz von Wasserstoff sinnvoll, darin sind sich die Fachleute einig. In Deutschland sei der Einsatz in der Stahl- und in der Chemieindustrie sinnvoll, sagt Fraunhofer-Präsident Neugebauer: „Da sind die großen Hebel, weil sie große Emittenten von Treibhausgasen sind“. Bei der Produktion von einer Tonne Stahl etwa entstünden heute in Deutschland 1,5 Tonnen CO₂.

„Die gesamte Wasserstoffwirtschaft steht und fällt mit dem Volumen an erneuerbaren Energien“, sagt Fraunhofer-Präsident Neugebauer. So sieht das auch

Bosch-Manager Najork: „Die größte Hürde ist die Verfügbarkeit von Grünstrom.“ „Im Moment haben wir gar nicht so viel Strom aus Wind und Sonne, um den Bedarf an Wasserstoff zu decken“, sagt Neugebauer. Und der Ausbau stocke. „Heute kann ein Habicht einen Windpark verhindern. Und nicht jedes Dach lässt sich zu tragbaren Kosten mit Solarpaneelen nachrüsten.“ Bei den Regularien müsste sich sehr viel ändern, etwa bei den Abstandsregeln für Windkraftäder oder bei den Bauvorschriften für Häuser. Und: „Wir brauchen auch von Wind und Wetter unabhängige Primärenergiequellen“, fordert Neugebauer.

Er plädiert für Kernfusion, genauer genommen die Trägheitsfusion, an der Fraunhofer mit internationalen Partnern forsche. Noch sei Deutschland jedoch Jahrzehnte entfernt von industriellen Kernfusionskraftwerken. „Vielleicht 2040“, sagt Neugebauer. Den gesamten Wasserstoffbedarf aus einer Produktion zu decken, ist nicht möglich, schreibt die Dena. „Wir werden künftig Netto-Importeur von erneuerbaren Energien und von Wasserstoff werden“, erwartet Bosch-Mann Najork: Für eine vollständige Autarkie bei der Energieversorgung werde das inländische Angebot nicht reichen, „wir müssen unsere Energiebezüge diversifizieren, denn auch vermeintlich stabile politische Beziehungen können instabil werden.“

Liest man einschlägige Studien, scheint das Potenzial von Wasserstoff fast grenzenlos. Er kann als Speicher für erneuerbare Energien eingesetzt werden. In einer Art umgekehrten Elektrolyse kann aus Wasserstoff in Brennstoffzellen Strom gewonnen werden, der dann Elektromotoren in Autos und Nutzfahrzeugen antreibt. Er kann mit Hilfe anderer Gase weiterverarbeitet werden zu Grundchemikalien wie Ammoniak, Ethylen und Propylen.

„Wasserstoff ist ein Mega-Allrounder“, sagt Beyer. Jeder ihrer Sätze steckt voller Optimismus. Die Maschinenbau-Ingenieurin arbeitet für das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Chemnitz. Sie leitet die Taskforce Wasserstoff. Und die Plexiglasklötze von der Hannover Messe, sind ihre „Referenzfabrik“. Das Modell zeigt, was nötig ist, um eine Wasserstoffwirtschaft aufzubauen: viele Elektrolyseure und Brennstoffzellen, stationäre und mobile. „Im Moment werden die Deutschland eher in manufaktuellem Maßstab hergestellt“, sagt Beyer: „Die Volumina sind sehr klein. Das muss sich schnell ändern, und das ist auch zu schaffen.“

Eine, die Wasserstoff künftig im großen Stil erzeugen will, ist RWE-Frau Sury. Bis zum Jahr 2030

GRAU ODER GRÜN –
BEI WASSERSTOFF
MACHT DAS
EINEN UNTERSCHIED

wolle der Konzern Elektrolyseure mit einer Kapazität von 2000 Megawatt aufgebaut haben. Das entspricht ungefähr der Leistung zweier großer Atomkraftwerke. Zwar spreche RWE bereits mit Elektrolyseur-Herstellern wie etwa Linde oder Sunfire aus Dresden. „Da passiert gerade schon was“, erzählte Sury kürzlich auf dem „her.summit“, einer Veranstaltung für Managerinnen im Ruhrgebiet. Und trotzdem, sagt sie: „Jeder wartet so ein bisschen ab.“ Abnehmer wollen genau wissen, wie viel Wasserstoff sie denn wann endlich kaufen können. Netzbetreiber wissen noch nicht, wann sie bestehende Erdgasleitungen für Wasserstoff umwidmen werden. Und auch RWE werde nur bauen, sagt Sury, wenn die Rahmenbedingungen stimmten. „Wir reden von enormen Kosten.“ Ein Elektrolyseur mit einer Kapazität von 100 Megawatt, wie RWE ihn etwa in Lingen im Emsland bauen will, koste etwa 200 Millionen Euro.

Viele Wasserstoff-Vorhaben haben sich in Brüssel um staatliche Förderung beworben. Doch Zusagen stehen noch aus. Zudem definiert die EU derzeit, woher der benötigte Ökostrom kommen muss, damit Wasserstoff als „grün“ gelten darf. Und da drohe Brüssel „die komplette Wasserstoffwirtschaft abzuwürgen“, schimpft Sury. Konkret hat die EU-Kommission zuletzt vorgeschlagen, dass Strom für Elektrolyseure vom Jahr 2027 an nur noch aus neu gebauten Wind- und Solarparks ohne öffentliche Förderung stammen soll. Und sie sollten immer nur dann Wasserstoff erzeugen, wenn nahezu zeitgleich auch der Ökostrom erzeugt wird. Doch das würde bedeuten: In Zeiten ohne Wind und Sonne ständen Elektrolyseure still – für deren Wirtschaftlichkeit ein Nachteil. Sury hofft, dass sich die Vorgaben noch ändern werden.

Wissenschaftlerin Beyer schiebt die Klötze auf der Platte zu immer neuen Kombinationen. „Die Technologien, um zentrale Komponenten für Elektrolyseure und Brennstoffzellen herzustellen, ist in Deutschland vorhanden, die komplette Wertschöpfungskette“, sagt Beyer. Etwa bei Bipolarplatten für Brennstoffzellen. Für die Massenproduktion sollen sie aus Metall hergestellt werden, weil das am preisgünstigsten sei. „Es gibt in Deutschland Firmen, die können Metall formen, schneiden und pressen und solche, die die Maschinen dafür herstellen“, sagt Beyer. „Man muss sie nur vernetzen.“ Fraunhofer sehe sich als technischer Inkubator und Vermittler. Die Produktionsschritte sollen auch in einem digitalen Zwilling der Referenzfabrik dargestellt werden, auch um verschiedene Produktionsverfahren für eine Komponente zu vergleichen.

HEUTE KANN
EIN HABICHT
EINEN WINDPARK
VERHINDERN

Auch Bosch will sich in diesem Markt positionieren. In die Entwicklung mobiler Brennstoffzellen wolle Bosch von 2021 bis 2024 eine Milliarde Euro investieren, „erste Systeme sollen in den nächsten Monaten auf den Markt kommen“, sagt Manager Najork. In China hat der Nutzfahrzeughersteller Qingling bereits eine Testflotte von 70 Fahrzeugen mit mobilen Brennstoffzellen von Bosch ausgestattet. Die Brennstoffzellen-Lkw des US-Start-ups Nikola Motor sollen 2023 in Serie gehen. Eine halbe Milliarde Euro investiert Bosch in stationäre Brennstoffzellen, die 2024 in Serie gehen sollen. „Sie werden dezentral und flexibel am Ort des Verbrauchs eingesetzt, etwa in Fabriken, Städten oder Rechenzentren“, sagt Najork: „Viele Märkte entstehen erst.“

Deutschlands größter Stahlhersteller Thyssenkrupp wollte die neue Wasserstoff-Welt schon mal ausprobieren. In einen der vier Hochöfen in Duisburg, die aus Eisenerz rohes Eisen für die Stahlherstellung produzieren, will der Konzern Wasserstoff statt wie bisher Kohlenstaub einblasen. Der Test zählt zu den sogenannten Reallaboren der Energiewende; das Bundeswirtschaftsministerium versprach eine Förderung über 37 Millionen Euro. Wenn man den Kohlenstaub durch „grünen“ Wasserstoff ersetzt, kann das die CO₂-Bilanz des Hochofen-Stahls um bis zu 20 Prozent verbessern. Doch bislang gibt es nur wenig grünen Wasserstoff, Thyssenkrupp wollte daher zunächst mit grauem aus Erdgas beginnen. Genau das ist nun ein Problem.

Denn um Wasserstoff durch alle bisherigen Kohlenstaub-Düsen des Hochofens zu blasen, braucht es „signifikante Mengen des Gases“, erklärt Thyssenkrupp. Doch weil Erdgas infolge des russischen Angriffs Russlands deutlich teurer geworden ist, seien auch die Kosten für grauen Wasserstoff „in einem für das Projektbudget nicht tragbaren Ausmaß gestiegen“, konstatiert das Unternehmen.

Nun bereitet Thyssenkrupp schon mal das Baufeld für die eigentliche Wasserstoff-Zukunft in Duisburg vor. So will der Konzern die Hochöfen nach und nach abreißen und durch neue Anlagen ersetzen, die statt Kohle Erdgas und langfristig Wasserstoff verbrennen. „Und oben kommt Wasserdampf raus“, beschreibt Marie Jaroni die Vision. Die promovierte Ingenieurin ist die Nachhaltigkeitschefin von Thyssenkrupp Steel. „Unser Plan ist, dass wir 2025 unser erstes, mit Wasserstoff reduziertes Produkt aus diesen Anlagen bekommen“, sagte Jaroni auf dem „her summit“. Doch auch diese neuen Anlagen kosten Milliarden – und Thyssenkrupp weiß noch nicht, wie

viel staatliche Hilfe die EU erlauben wird. „Im Grunde müssen wir jetzt loslegen“, sagt Maroni, „sonst kommen wir nie an.“ Das sei auch eine soziale Frage: zu zeigen, dass energieintensive Industrien nicht abwandern müssen.

Strom in Deutschland werde im Vergleich zu anderen Weltregionen immer verhältnismäßig teuer bleiben, sagte Katherina Reiche, Chefin des großen Netzbetreibers Westenergie, auf dem „her.summit“. In Staaten mit mehr Flächen für erneuerbare Energien, mehr Wind oder Sonnenschein näherten sich die Produktionskosten für eine Kilowattstunde Strom 1,5 Cent an, rechnet Reiche vor und nennt beispielsweise Chile oder Saudi-Arabien. Das ist ein Bruchteil des Preises in Deutschland. Auch Sopna Sury von RWE geht davon aus, dass Deutschland „langfristig sicherlich 80 Prozent des Wasserstoffs importieren“ werde. Die Bundesrepublik sei eben weder Texas noch Australien, sagt die Managerin: „Wir haben keine riesigen brachen Flächen.“

Auch Wasserstoff kann im Energiesystem der Zukunft nur einen Teil der Aufgaben übernehmen. Einen Blick aufs große Ganze gibt Energieökonom Lion Hirth im Interview auf Seite 22.

STROM AUS DER WOLKE

FEUCHTIGKEIT

Nachhaltige Energie wird von Wind, Sonne und Wasser erzeugt, klar. Aber aus Luftfeuchtigkeit?

Eine Gruppe Ingenieure arbeitet daran - und baut künstliche Mini-Wolken



VON
ANDREAS JÄGER

LESEDAUER: 5 MINUTEN

Der Begriff „Luftfeuchtigkeit“ ist gemeinhin eher negativ besetzt. So wird ein hoher Wassergehalt in der Luft üblicherweise mit Schweißperlen und nassklebender Kleidung in Verbindung gebracht. Ist umgekehrt die Luftfeuchte zu niedrig, schlägt sich dies auf die Gesundheit nieder, etwa in Form von Halskratzen oder trockener Haut. Der Physiker Jun Yao von der University of Massachusetts, Amherst, möchte die Luftfeuchtigkeit nun endlich in ein besseres

Licht rücken: In ihr stecke ein unerschöpfliches Energiereservoir, das es zu nutzen gelte.

Wie ein Team um Yao im Fachblatt *Advanced Materials* schreibt, lässt sich aus der Luftfeuchte nämlich elektrischer Strom gewinnen. Demnach könnten geladene Teilchen mit Hilfe von künstlichen Wolken aus der Luft eingefangen werden – auch wenn jene Miniaturwolken nicht fluffig sind wie Quellwolken am Himmel, sondern es sich um hauchdünne Filme handelt. Praktisch jedes Material eigne sich zur Herstel-

lung solcher dünnen Schichten, schreiben die Ingenieure. Nur zwei Voraussetzungen müssen erfüllt sein: Einerseits muss das Material mit Poren versehen sein, die kleiner als hundert Nanometer sind. Andererseits darf keine absolute Trockenheit herrschen, der Anteil des Wasserdampfs in der Luft muss also mehr als null Prozent betragen.

„Die Luft enthält enorme Mengen Elektrizität“, sagt Yao. Das mache sich etwa bei einem Gewitter bemerkbar, wenn Kollisionen zwischen Eiskristallen und Graupelteilchen dazu führen, dass sich in den Gewitterwolken eine Ladungstrennung aufbaut und so entstandene Spannungen sich in Form von Blitzen entladen. Die Forschergruppe um Yao ging deshalb der Frage nach, wie man Wolken auf kleiner Skala nachbauen kann, um verlässlich Strom „ernten“ zu können.

Zunächst gelang es Yao und dem Mikrobiologen Derek Lovley, Stromteilchen aus der Luft zu fischen, indem sie Nanodrähte – Fäden mit einem Durchmesser im Nanometerbereich – zu einem dünnen, porösen Film anordneten. 2020 veröffentlichten die Forscher hierzu einen Aufsatz im Fachjournal Nature. Die Nanodrähte stellten sie aus einem Protein der Bakterien *Geobacter sulfurreducens* her. Wie Yao und Kollegen nun in den *Advanced Materials* schreiben, sei diese Form der Energiegewinnung jedoch nicht auf biologische Stoffe beschränkt. Es handle sich vielmehr um ein allgemeines Phänomen, das sich sowohl in organischem als auch anorganischem Material beobachten lässt. Die Wissenschaftler sprechen vom „generic air-gen effect“, was sich in etwa mit „generischer Luftgenerator-Effekt“ übersetzen lässt.

Damit der Effekt auftritt, muss das jeweilige Material löchrig sein. Der Grund, weshalb hierbei eine Porengröße von weniger als hundert Nanometern nötig ist, liegt in der sogenannten mittleren freien Weglänge des gasförmigen Wassers. Diese Größe gibt an, wie weit ein Wassermolekül im Schnitt fliegt, bevor es mit einem anderen Luftteilchen zusammenprallt. In der Luft wirbelnde Wassermoleküle haben eine mittlere freie Weglänge von hundert Nanometern.

Wenn nun die Porengröße kleiner ist als dieser Wert, prallen Wassermoleküle eher gegen die Poreinnenwände als gegen andere Gasteilchen. Insbesondere an der Oberseite des zu einem dünnen Film ausgebreiteten Materials kommt es zu einem erhöhten Einschlag, da im Inneren des Dünnschichtmaterials der Dampfdruck grundsätzlich niedriger ist und dort somit weniger Wasserteilchen einprasseln. Beim Aufprall verursachen die Moleküle, die wie winzige Ma-

gneten mit zwei Polen wirken, dass sich positive Ladungen im Feststoff verschieben und entlang der Porenoberfläche ansammeln. Entlang der Dicke der Feststoffschicht entsteht so ein Ladungsungleichgewicht, ähnlich dem einer Gewitterwolke. In anderen Worten: Es entsteht eine Spannung, das Dünnschichtmaterial wird zu einer extrem flachen Batterie.

Beim Laborversuch betrug die Dicke einer einzelnen Schicht etwa fünf Mikrometer – und damit nur ein Zehntel eines menschlichen Haares. Um nennenswerte Spannungen zu erzeugen, müsste man daher 100000 Schichten übereinander stapeln. Wie bei in Serie geschalteten Batterien würden sich dann die Einzelspannungen addieren. Ein kubikmetergroßes Gerät mit einer Vielzahl von gestapelten Luftgenerator-Schichten könne Leistungen im Kilowattbereich liefern, rechnen die Studienautoren vor. Dadurch ließen sich Handyakkus laden oder Küchenmixer versorgen.

„Ein Einzelschicht-Luftgenerator erzeugt wesentlich weniger Energie als ein Solarmodul“, sagt der Physiker Yao. „Das Potenzial besteht darin, dass viele Schichten aufeinander gestapelt werden können, sodass sich die installierte Leistung erhöht, ohne dass zusätzliche Flächen benötigt werden.“

Im Gegensatz zu Windrädern oder Solaranlagen wäre man zudem nicht auf geeignete Wetterbedingungen oder Tageszeiten angewiesen. Luftfeuchte ist omnipräsent, ein auf dem „air-gen effect“ basierender Stromerzeuger könnte rund um die Uhr laufen. Abhängig von der geografischen Lage und den klimatischen Bedingungen ließe sich der Werkstoff maßschneidern, sagt Yao. „Man kann sich Luftgeneratoren jeglichen Materials vorstellen, zugeschnitten auf Regenwälder oder auf trockene Regionen.“

Andreas Jäger ist freier Wissenschaftsjournalist und schreibt seit 2021 für die SZ über alles, was mit Physik und Mathematik zu tun hat.

Ein Solarkraftwerk im All

WELTRAUM

Fliegende Photovoltaik-Module könnten rund um die Uhr Strom erzeugen und kabellos zur Erde schicken.

Die Esa will die Idee nun vorantreiben



VON
CHRISTOPH VON EICHHORN

LESEDAUER: 10 MINUTEN

In einer Halle des Raumfahrtkonzerns Airbus südöstlich von München sieht es aus, als würde man gerade das Public Viewing für die kommende Fußball-WM vorbereiten. Zwei lange Reihen von Absperrgittern sind aufgebaut, wie um Menschenmassen zu steuern. Im Inneren des so geschaffenen Ganges sind an beiden Enden flache Rechtecke aufgebockt, man könn-

te sie für Leinwände halten. Doch statt Bildschirmen schimmern auf den Rechtecken ominöse graue Metallflächen.

Übertragen wird hier kein Fernsehbild, sondern Energie, kabellos durch die Luft: 24 Ampere, 554 Watt werden gerade von einer dieser rechteckigen Antennen zur anderen geschickt. Die Elektrizität stammt von mehreren Photovoltaik-Modulen, die sich vor der

Halle Richtung Sonne recken. Die so erzeugte Energie wird zuerst in Mikrowellen-Strahlung umgewandelt, diese lässt sich dann als unsichtbarer Strahl von etwa zwei Meter Durchmesser durch die Luft senden, 36 Meter weit bis zum Empfänger auf der anderen Seite der Halle. Dort werden die Mikrowellen wieder in Strom zurückverwandelt.

„Wir haben Drohnen hindurchfliegen lassen“, sagt Jean-Dominique Coste von der Airbus-Forschungsabteilung „Blue Sky“, während er vor dem Absperrgitter auf den unsichtbaren Strahl zeigt. Die Fluggeräte seien unbeschadet geblieben, nach einiger Zeit habe es aber leichte Probleme mit ihrer Steuerung gegeben. Käme man jetzt auf die Idee, sich zwischen die Antennen zu stellen, dann würde man wahrscheinlich nach einigen Minuten ein Brennen der Haut spüren, weil die Wassermoleküle darin in Schwingung geraten – das gleiche Prinzip wie in einem Mikrowellenherd.

Die große Frage ist: Funktioniert dieses Prinzip auch außerhalb einer geschützten Halle, ja sogar außerhalb der Erde? Und könnte es helfen, quälende irdische Energieprobleme zu lösen? Die Vision dahinter sieht so aus: Eine riesige Fläche aus Solarmodulen im Weltall, quadratkilometergroß, in einem geostationären Orbit um die Erde, also stets über dem gleichen Ort verharrend. Da es so weit oben keinen Tag-Nacht-Rhythmus mehr gibt, erhält das System rund um die Uhr Sonnenlicht. Diese Energie wird als Mikrowellenstrahlung zur Erde geschickt, wo ihn eine Bodenstation, eine sogenannte Rectenna, in Elektrizität umwandelt, für Fabriken, Haushalte, Elektroautos. Da die Sonnenintensität im Weltall deutlich stärker ist als unterhalb der Atmosphäre, die etwa die Hälfte der Sonnenenergie schluckt oder reflektiert, wären Solarmodule im All um einiges effizienter als auf der Erde. „Im Weltraum bekommt man ständig Energie“, sagt Coste.

Es ist eine Vision, der sich nun auch die Esa verschrieben hat. Die europäische Raumfahrtagentur will die Möglichkeiten von weltraumbasierter Solarenergie (SBSP) in den nächsten drei Jahren im Programm „Solaris“ ausloten.

„Wir befinden uns in einem Klimanotstand“, sagt Sanjay Vijendran vom Mars-Erkundungsprogramm der Esa, einer der Köpfe hinter Solaris. Das Forschungsprogramm soll klären, ob im Weltall erzeugte Solarenergie zur Lösung der Klimakrise beitragen kann. „Wir wissen, dass es prinzipiell funktioniert. Aber wir wissen nicht, ob wir es auch bauen können“, sagt Vijendran. Mit Solaris will die Esa die bestehen-

den Technologien, von weltraumtauglichen Photovoltaik-Modulen über den Zusammenbau im Orbit bis hin zum Senden der Energie zur Erde, auf ihre Tauglichkeit überprüfen und die Machbarkeit eines Gesamtsystems untersuchen. „Wir müssen erst sehen, was wir erreichen können und was nicht, bevor wir eine Entscheidung treffen können“, sagt Vijendran. Im November wird die Idee dem Esa-Ministerrat zur Abstimmung vorgelegt.

Dabei ist das zugrundeliegende Konzept nicht neu. 1923 schlug der sowjetische Erfinder Konstantin Ziolkowski vor, Spiegel so im Weltall anzuordnen, dass diese das Sonnenlicht bündeln und als Strahl zur Erde leiten. Und die 1941 erschienene Kurzgeschichte „Reason“ von Isaac Asimov spielt auf einem Solar-satelliten, der seine Energie in Form von Mikrowellen nicht nur zur Erde schickt, sondern auch zu anderen Siedlungen im Sonnensystem. Nachdem der Nasa-Ingenieur Peter Glaser 1973 ein Patent für die Energieübertragung mit Mikrowellen angemeldet hatte, untersuchte die US-Raumfahrtbehörde die Energiegewinnung im All erstmals intensiver, damals auch motiviert durch die Öl-Krise.

Die hohen Kosten für Raketenstarts ließen Solarenergie aus dem All lange unwirtschaftlich erscheinen. Doch der Preis, um ein Kilogramm Material in den Orbit zu transportieren, ist seither auf einen Bruchteil gefallen, etwa dank neuer Raketen wie der Falcon 9 des Unternehmens Space-X.

Trotzdem ist der Geldbedarf noch immer gewaltig. Schon das initiale Solaris-Forschungsprogramm wird laut Sanjay Vijendran von der Esa ein Volumen zwischen 50 und 100 Millionen Euro haben. Das ist jedoch nicht annähernd die Summe, die für Bau und Betrieb eines Solarkraftwerks im Weltall tatsächlich nötig wäre. Ein einziger solcher Satellit würde laut einer Studie der Beratungsfirma Roland Berger zwischen acht und elf Milliarden Euro kosten, davon rund die Hälfte für das Konstrukt selbst, die andere Hälfte, um die nötigen 6000 Tonnen Material in die Umlaufbahn zu bringen.

Bei pessimistischen Annahmen, etwa einem größeren Materialbedarf und höheren Startkosten, könnten auf dem Preisschild aber auch bis zu 33 Milliarden Euro stehen. Hinzu kämen weitere Milliardensummen für den Betrieb über 30 Jahre. Die Empfängerstation auf der Erde wäre auch nicht billig. Sie nähme mit rund 70 Quadratkilometern etwa die Fläche einer mittelgroßen Stadt wie Regensburg ein. Dafür würden dort rund um die Uhr zwei Gigawatt Strom ankommen, etwa die Leistung von zwei Atom-

ES BRAUCHT BIS
ZU 54 DIESER
KRAFTWERKE IM
ALL SAMT
BODENSTATION

kraftwerken. Die große Fläche hätte den Vorteil, dass die Energiedichte mit 25 Watt pro Quadratmeter überschaubar bleibt. Vögel, die den Bereich durchfliegen, würden dadurch wohl nicht zu Schaden kommen – auch wenn solche Fragen noch näher untersucht werden müssen.

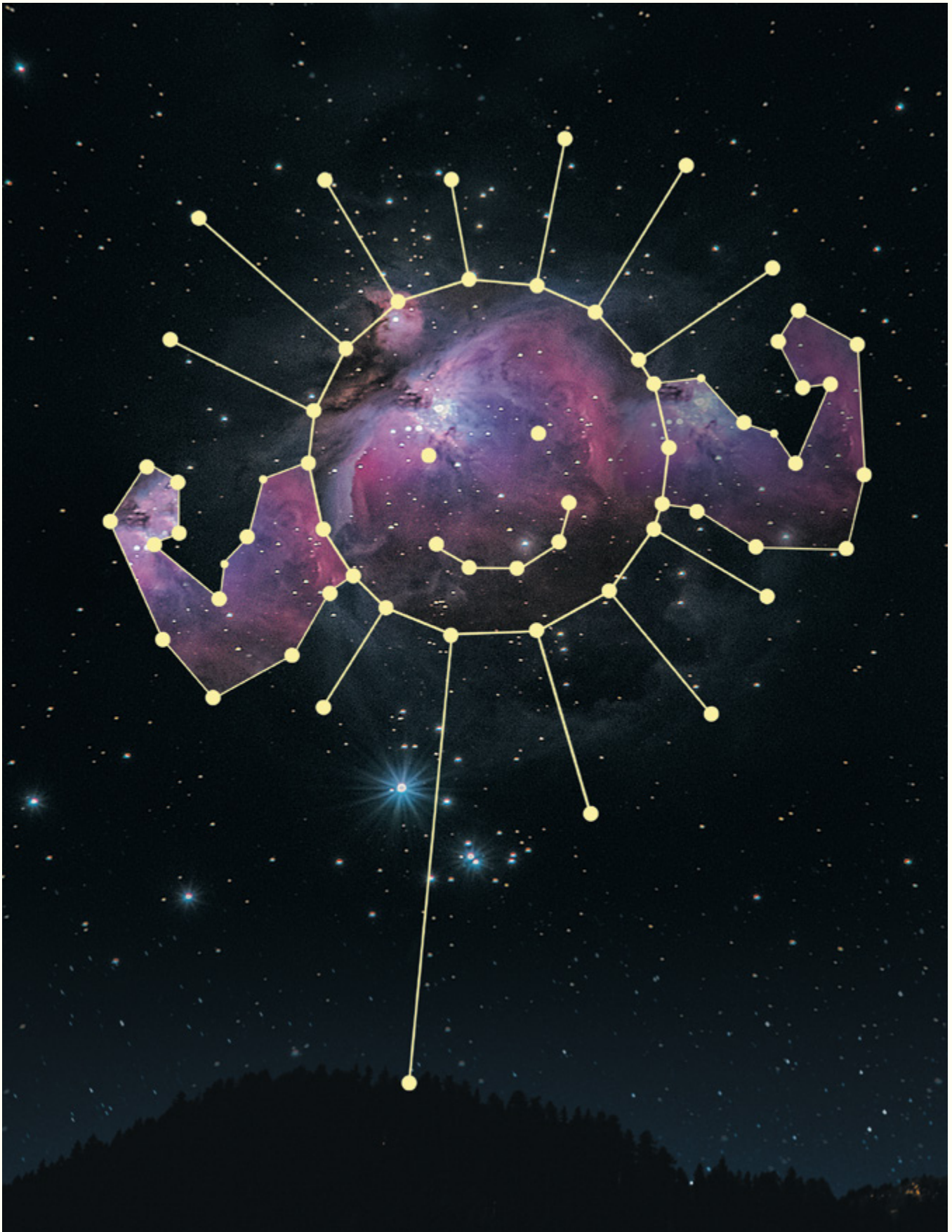
Es braucht aber nicht nur eins dieser Kraftwerke im All samt Bodenstation, sondern bis zu 54, um den künftigen Strombedarf im Jahr 2050 zu decken und fossile Brennstoffe zu ersetzen. Eine Flotte in dieser Größenordnung würde laut der britischen Beratungsfirma Frazer-Nash die größtmöglichen Vorteile aus der weltraumbasierten Solarenergie ziehen und Europa unabhängig von Energieimporten machen. Kosten von 418 Milliarden Euro stünden laut den Analysten in diesem Maximalpaket einem Nutzen von 601 Milliarden Euro gegenüber, etwa durch vermiedene Stromerzeugungskosten auf der Erde und eingesparte CO₂-Emissionen.

„Wir müssen große Systeme in den Weltraum bringen, größer als alles, was wir bislang gebaut haben“, fasst Leopold Summerer, Head of Advanced Concepts bei der Esa, die Herausforderung zusammen. Dafür sei es wichtig, dass alle einzelnen Elemente effizienter werden als bislang. So wandelt die Mikrowellen-Anlage, die bei Airbus getestet wird, momentan fünf Prozent des eintreffenden Sonnenlichts letztlich in Strom um.

Ein Solarkraftwerk im Weltall müsste die Effizienz auf etwa 26 Prozent steigern, um wirtschaftlich zu sein, wie die bisherigen Analysen nahelegen. Das heißt, man müsste Solarmodule mit einer Kapazität von sieben Gigawatt (GW) im All installieren, um zwei Gigawatt Strom für die Erde zu erzeugen.

Solarparks mit dieser Kapazität gibt es zwar bereits, etwa den Bhadla Solar Park in Indien mit einer Kapazität von 2,25 GW. Weil die Anlage im Weltraum aber mehr als 99 Prozent der Zeit läuft und die Sonneneinstrahlung dort intensiver ist, würde sie dennoch aufs Jahr betrachtet rund sieben Mal mehr Strom liefern als ein terrestrischer Solarpark vergleichbarer Größe. Die Analyse von Roland Berger kommt auf dieser Basis zum Ergebnis, dass ein SBSP-System Elektrizität für 49 bis 69 Euro pro Megawattstunde erzeugen könnte – das läge in etwa im Bereich von terrestrischer Windkraft und Photovoltaik. Der Vorteil der weltraumbasierten Solarenergie würde aber darin bestehen, eine Grundlast zu liefern, also weitgehend ohne Schwankungen.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Positionskontrolle der riesigen, unbemannten Raumstation in



36000 Kilometer Höhe. Dies könnte etwa über eine Gravitationsstabilisierung erfolgen, bei der die Tatsache ausgenutzt wird, dass tiefere Teile des Satelliten eine geringfügig andere Anziehungskraft erfahren als höhere. Auf diese Weise käme man ohne einen aktiven Antrieb aus, Solarsegel würden wohl reichen. Trotzdem ist die technische Herausforderung bei einem derart großen Konstrukt gewaltig. Da dieses nur in Einzelteilen nach oben geschossen werden kann, müsste die Solarfarm zudem weitgehend im Weltall selbst zusammengesetzt werden.

Wie das einmal aussehen könnte, kann Michael Kringer von der Hochschule München und dem Startup Dcubed demonstrieren. Die Firma hat einen „Selfie-Stick für den Weltraum“ entwickelt, ein Polymer-Rohr, das erst im All ausgefahren wird. Wie aus einem 3-D-Drucker wächst der weißliche Kunststoffstab ausgehend von einem kastenförmigen Modul in die Länge, zehn bis 20 Millimeter pro Minute. An solchen Rohren könnten dereinst Solarmodule befestigt werden. Die Rahmen erst im Weltall zu gießen, würde viel Platz in den Laderäumen der Transportraketen sparen. Außerdem müsste man beim Start weniger Rücksicht auf filigrane Konstruktionen nehmen. „In-Space-Manufacturing ist eine der Schlüssel-Technologien für große Solararrays im Orbit“, sagt Kringer. 2024 wird die Erfindung erstmals zu Testzwecken an Bord einer Rakete ins Weltall fliegen. Vermischt mit Mond-Staub kann aus derartigen Polymeren auch ein belastbarer Weltraum-Zement werden, etwa für den Einsatz in einer lunaren Raumstation.

Die kabellose Übertragung von Energie könnte hingegen ihre ersten Anwendungen auf der Erde finden. „Diese Technologie wird sehr stark auf dem Boden helfen, bevor sie ins All fliegt“, sagt Greg Kushnir, Chef der neuseeländischen Firma Emrod. Das Start-up hat die Sende- und Empfängerantennen entwickelt, die nun in der Airbus-Halle getestet werden. Emrod will mit der Technik beispielsweise abgelegene Gebiete, kleinere Inseln etwa, mit Strom versorgen. „Einige Leitungen in schwierigem Terrain lassen sich nicht wirtschaftlich betreiben“, sagt Kushnir. Hier könnten einige geschickt platzierte Mikrowellen-Antennen helfen. Auch die Anbindung von Offshore-Windparks wäre womöglich kabellos kostengünstiger. In Neuseeland haben die Ingenieure kürzlich Distanzen von 200 Metern erreicht. Ein Vorhang aus Laserstrahlen um den Mikrowellenstrahl herum verhindert, dass beispielsweise Vögel zu Schaden kommen. Sobald ein Objekt die Lichtschranke passiert, wird die Energieübertragung gekappt.

LASER
SCHÜTZEN DEN
MIKROWELLEN-
STRAHL,
DER DIE ENERGIE
ÜBERTRÄGT

„Die Luftfahrt steht ebenfalls vor einer Herausforderung“, sagt Jean-Dominique Coste von Airbus. Schließlich verursachen Flugzeuge große Mengen Treibhausgase. Gelänge es, Energie kabellos an Fluggeräte zu übertragen, bräuchten diese keine schweren Batterien oder Treibstofftanks mehr – und blieben trotzdem in der Luft.

In der Testhalle von Airbus geht es einstweilen eine Nummer kleiner zu. Die kabellos übertragene Energie bringt eine Modellstadt zum Leuchten und versorgt einen Kühlschrank, gefüllt mit Bier.

ten eine geringfügig andere Anziehungskraft erfahren als höhere. Auf diese Weise käme man ohne einen aktiven Antrieb aus, Solarsegel würden wohl reichen. Trotzdem ist die technische Herausforderung bei einem derart großen Konstrukt gewaltig. Da dieses nur in Einzelteilen nach oben geschossen werden kann, müsste die Solarfarm zudem weitgehend im Weltall selbst zusammengesetzt werden.

Wie das einmal aussehen könnte, kann Michael Kringer von der Hochschule München und dem Startup Dcubed demonstrieren. Die Firma hat einen „Selfie-Stick für den Weltraum“ entwickelt, ein Polymer-Rohr, das erst im All ausgefahren wird. Wie aus einem 3-D-Drucker wächst der weißliche Kunststoffstab ausgehend von einem kastenförmigen Modul in die Länge, zehn bis 20 Millimeter pro Minute. An solchen Rohren könnten dereinst Solarmodule befestigt werden. Die Rahmen erst im Weltall zu gießen, würde viel Platz in den Laderäumen der Transportraketen sparen. Außerdem müsste man beim Start weniger Rücksicht auf filigrane Konstruktionen nehmen. „In-Space-Manufacturing ist eine der Schlüssel-Technologien für große Solararrays im Orbit“, sagt Kringer. 2024 wird die Erfindung erstmals zu Testzwecken an Bord einer Rakete ins Weltall fliegen. Vermischt mit Mond-Staub kann aus derartigen Polymeren auch ein belastbarer Weltraum-Zement werden, etwa für den Einsatz in einer lunaren Raumstation.

Die kabellose Übertragung von Energie könnte hingegen ihre ersten Anwendungen auf der Erde finden. „Diese Technologie wird sehr stark auf dem Boden helfen, bevor sie ins All fliegt“, sagt Greg Kushnir, Chef der neuseeländischen Firma Emrod. Das Startup hat die Sende- und Empfängerantennen entwickelt, die nun in der Airbus-Halle getestet werden. Emrod will mit der Technik beispielsweise abgelegene Gebiete, kleinere Inseln etwa, mit Strom versorgen. „Einige Leitungen in schwierigem Terrain lassen sich nicht wirtschaftlich betreiben“, sagt Kushnir. Hier könnten einige geschickt platzierte Mikrowellen-

Antennen helfen. Auch die Anbindung von Offshore-Windparks wäre womöglich kabellos kostengünstiger. In Neuseeland haben die Ingenieure kürzlich Distanzen von 200 Metern erreicht. Ein Vorhang aus Laserstrahlen um den Mikrowellenstrahl herum verhindert, dass beispielsweise Vögel zu Schaden kommen. Sobald ein Objekt die Lichtschranke passiert, wird die Energieübertragung gekappt.

„Die Luftfahrt steht ebenfalls vor einer Herausforderung“, sagt Jean-Dominique Coste von Airbus. Schließlich verursachen Flugzeuge große Mengen Treibhausgase. Gelänge es, Energie kabellos an Fluggeräte zu übertragen, bräuchten diese keine schweren Batterien oder Treibstofftanks mehr – und blieben trotzdem in der Luft.

In der Testhalle von Airbus geht es einstweilen eine Nummer kleiner zu. Die kabellos übertragene Energie bringt eine Modellstadt zum Leuchten und versorgt einen Kühlschrank, gefüllt mit Bier.

Christoph von Eichhorn ist Redakteur im Ressort Wissen der Süddeutschen Zeitung und dort zuständig für Klima und Energie. Er hat Bioprozesstechnik und Technikphilosophie an der TU München studiert.

SCHLUSS MIT BULLERBÜ

LANDSCHAFTEN

Windräder hier, Solaranlagen dort:
Die Energiewende wird unsere Landschaften verändern.
Wie wir damit unseren Frieden machen können



VON
JÖRG HÄNTZSCHEL

LESEDAUER: 8 MINUTEN

„Das Antlitz des Landes wird sich verändern“, sagte Robert Habeck kürzlich in einem Interview über die Konsequenzen der von der Ampelkoalition forcierten Energiewende. Und zweierlei war daran interessant: Zum einen, dass Habeck vor allen anderen Folgen dieses ziemlich radikalen Prozesses die ästhetische nannte. Und zweitens, dass er das Wort „Antlitz“ wählte und seinen Satz damit möblierte wie mit einem Bauernschrank. Habeck hörte sich an, als sehe er in

Gedanken Botho Strauß sehr fest in die Augen. Der hatte schon vor 20 Jahren gesagt: „Eine brutalere Zerstörung der Landschaft, als sie mit Windkraftträdern zu spicken und zu verriegeln, hat zuvor keine Phase der Industrialisierung verursacht. Es ist die Auslöschung aller Dichter-Blicke der deutschen Literatur.“

In Deutschland drehen sich zur Zeit etwa 30000 Windräder. Wenn bis 2030 80 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Quellen stammen sollen, müssen Experten zufolge neben sehr vielen neuen Solarparks

jährlich mehr als 3000 weitere hinzukommen. Und das wiederum bedeutet, dass an vielen tausend Orten Windräder errichtet werden, an denen sie bisher mit Rücksicht auf die Landschaft nicht zugelassen waren. Sören Schöbel, Professor für Landschaftsarchitektur an der Münchner TU, formuliert es so: „Es wird nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Mitteleuropa keine Landschaften mehr ohne Windräder geben. Wir können sie nicht verstecken.“

Habeck weiß genau, dass er damit auf einen großen gesellschaftlichen Konflikt zusteuert, gerade mit der eigenen Klientel. Die Umweltbewegung und die Grünen selbst haben sich über Jahrzehnte für die „Bewahrung“ der „natürlichen Landschaft“ starkgemacht, haben sich gegen Autobahnen, Atomkraftwerke und den Kohletagebau gestellt und auch ansonsten gegen menschliche Eingriffe in industriellem Ausmaß. Rückblickend weiß man: Sie lagen in praktisch allem richtig. Dass Ökologie und Nostalgie dabei sehr oft zur Deckung kamen, dass viele Umweltschützer von einer ländlichen, heilen Welt träumten, die es nicht einmal auf Demeter-Höfen mehr gibt, änderte daran nichts.

Doch der Klimawandel lässt sich mit der alten Formel des „Bewahrens“ nicht stoppen. Um das Klima und damit die Natur zu retten, sind drastische Eingriffe in die Landschaft notwendig. Von den Bullerbü-Bildern, von der romantischen Vorstellung, es gebe außerhalb der Städte eine identitätsstiftende Sphäre, die sich noch rein halten ließe von Industrie und Technik, die aber gleichzeitig problemlos für verlängerte Wochenenden besucht werden kann, wird man sich verabschieden müssen. Was die Umweltbewegung jetzt lernen muss, ist „Postenvironmentalism“, Natur mit Technik erhalten – nicht leicht.

Doch schon lange, bevor Deutschlands Landschaften „Energiewaldlandschaften“ wurden, waren sie Kulturlandschaften. Orte, die nicht vom Menschen berührt sind, gibt es nicht mehr. Schon vor Jahrhunderten wurden Deiche gebaut, Wälder gerodet, Moore trockengelegt, Flüsse begradigt, Torf und Kohle abgebaut und hemmungslos verbrannt. Dagegen sind die Windräder, die sich eines Tages auch wieder abbauen ließen, ziemlich harmlos. Doch alle diese drastischen Eingriffe wurden in immer neue verklärende Bildwelten eingepasst, die aus der menschlich veränderten und nicht selten zerstörten Natur jene angeblich natürlichen „Landschaften“ machten.

Für den Philosophen und Anthropozän-Theoretiker Bruno Latour ist die Quelle dieser Landschaftsbilder die Kunst: Wir beziehen „die Grund-

lage unserer Naturvorstellungen sehr weitgehend aus der Malerei“, schreibt er. „Wenn man die Menschen im Westen ‚Naturfreunde‘ nennt, meint man damit, dass sie gemalte Landschaften lieben.“

Für Werner Krauß, der in Bremen Ethnologie lehrt, steht dahinter auch ein zu wenig beachteter Klassenaspekt: „Unser Landschaftsideal ist geprägt vom Bürgertum des 19. Jahrhunderts, das sich dadurch legitimiert und konstituiert hat, dass es besser wusste, was schönes Land ist, als die Landbevölkerung.“ Und daran habe sich bis heute wenig verändert. Den Widerstand gegen Windräder führen vor allem Städter an, die „bürgerliche Elite“, die auf dem Land mit Entsetzen die Zeugnisse der Industrialisierung wiederfinden, vor denen sie doch geflohen waren. „Die Idee von Natur war in Deutschland immer schon ein Fake“, sagt Krauß. „Die Enttäuschung darüber kommt immer wieder.“ Juli Zeh hat mit „Unterleuten“ (2016) einen ganzen Roman um diesen Konflikt geschrieben.

Wie machtvoll die Bilder wirken, die wir uns von Landschaft machen, ist schon daran zu sehen, dass ein neues Windrad zwar vielerorts als Frevel empfunden wird, die weit schlimmeren, aber visuell weniger durchschlagenden Veränderungen, die sich in jüngster Zeit vollzogen haben, aber von vielen mit

WER HEUTE
AN UNBERÜHRTE
NATUR DENKT,
HAT VOR ALLEM
GEMÄLDE
VOR AUGEN

vergleichsweise mildem Bedauern hingenommen werden: der Verlust an Artenvielfalt, die dumpfe Stille, wo man früher Vogelgezwitscher hörte, die Monotonie der mit Glyphosat und Stickstoff getränkten Maisfelder, auf denen nicht mehr Roggen für rustikale Brotlaibe wächst, sondern Rohstoff für Biogasanlagen. Ganz zu schweigen von den Folgen des Klimawandels – Dürre, Überschwemmungen, Sturm Schäden – die die Windränder ja lindern sollen.

Die Berliner Landschaftsarchitektin und Professorin Undine Giseke fürchtet, dass das wachsende Bewusstsein für das Anthropozän den Widerstand gegen die Windräder noch befeuern könnte: „Wir beginnen daran zu zweifeln, dass der ländliche Raum noch so intakt ist, wie wir hoffen. Das könnte die Abwehr gegen diese riesigen technischen Gebilde verstärken.“

Für Krauß gibt es nur eine Lösung dieses Dilemmas. „Wir müssen akzeptieren, dass wir in einer gemachten Welt leben, und wir müssen sie immer wieder neu machen.“ Doch genau diese Realität wollen die Planungsbehörden und Gesetzgeber, die über die Standorte von Windkraftanlagen entscheiden, bisher oft nicht anerkennen. Auch sie hängen der Idee des Bewahrens an, deren höchstes Ziel vermeintlich „natürliche“ und „intakte“ Landschaften sind. Es dominiert die „abschichtende Planung“, nach der Windräder vor allem in Gegenden aufgestellt werden, die bereits ruiniert sind oder als ästhetisch minderwertig eingeschätzt werden. Aus „schönen“ oder „wertvollen“ Landschaften werden sie hingegen verbannt.

Für Schöbel ist das ein Irrweg. Damit würden Landschaften als wertlos „stigmatisiert“, in denen ihre Bewohner ja dennoch glücklich leben, während andere wie denkmalgeschützte Stadtkerne zu Postkartenmotiven eingefroren werden. Vielleicht wollen die Bauern ja dort auch von der Pacht für Windturbinen profitieren. Man hilft den Bürgern auch nicht sehr dabei, ihren Frieden mit Windrädern zu machen, wenn man diese wie Klärwerke oder Sondermülldeponien behandelt.

Und auch bei der konkreten Wahl der Standorte gehe Deutschland oft den falschen Weg, so Schöbel. Statt die Turbinen etwa in Wälder zu stellen, was mit dem Naturschutz in vielen Fällen durchaus vereinbar wäre, pflanzt man sie, nur um keine Bäume fällen zu müssen, gerne zwischen Dörfern und erzeugt damit erst jene vollgestellten Landschaften, vor denen es Botho Strauß so graut.

Das Vorgehen ist paradox: Gerade, weil man festhält an der Trennung von Natur und Kultur, gerade

aus Rücksicht auf die Landschaft, erzeugt man mit den Windrädern Gegenstrukturen zu ihr. Ganz anders macht man es etwa in Frankreich, wo die Windräder entlang der „Kraftlinien“ der Landschaft aufgestellt werden. Es gehe dabei darum, so Schöbel, in einen „Dialog mit der Landschaft“ einzutreten und diese dabei als „führende Regel“ anzuerkennen. Er hat ein Instrumentarium entwickelt, wie sich Formationen bilden lassen, und wo sie im Verhältnis zur Topographie platziert werden sollten, so dass jeder sagt: „Da hätte ich sie auch hingestellt.“ Das würde aber voraussetzen, dass der Mensch sich dazu durchringt, Landschaft mitzugestalten, statt so zu tun, als ließen sich 250 Meter hohe Rotoren unbemerkt ins Bild mogeln wie Traföhäuschen oder Bushaltestellen. Windräder, so Krauß, müssten Teil der Gesellschaft, Teil der Demokratie werden. Und wenn man sie im Konzert mit der Landschaft platziert, falle es auch leichter, sie als bürgerschaftliche Projekte zu verstehen, statt als finstere Projekte von Konzernen und opportunistischen „Windbauern“. Doch um dahin zu kommen, müsste man eben wegkommen von den alten Bildern. „Wir haben hier im Institut eine Wette laufen“, sagt Giseke, „wie lange es dauern wird, bis die ersten Windräder auf Biomilch-Kartons auftauchen.“

Jörg Häntzschel ist Journalist seit 1995. Er schrieb unter anderem für die Taz, die Neue Zürcher Zeitung, Die Zeit, die Bauwelt, Architectural Digest, Geo, O32c und Monopol. Für die SZ arbeitet er seit 1998, zunächst aus London, dann bis 2012 als Kulturkorrespondent in New York. Er ist Redakteur im Feuilleton.



Bestellen Sie alle seit 2015
 erschienenen Ausgaben der *SZ Langstrecke*
 > sz.de/langstrecke

Süddeutsche Zeitung
 LANGSTRECKE





Saubere und
bezahlbare Energie
für alle!

Sonnenenergie jederzeit verfügbar –
mit Stromspeichern von sonnen.




sonnen
energy is yours



Sie wollen mehr erfahren oder haben Fragen: 0800 / 929 33 40 oder auf [sonnen.de](https://www.sonnen.de)