

ENERGIEWENDE

Vertikale Solaranlagen
Die Senkrechtstarter

Abwärme
Heizen mit der U-Bahn

Flüssigerdgas
Schädlicher als Kohle



Thomas Siebel ist Redakteur für Physical Sciences.

Liebe Leserin, lieber Leser,

von der Steckdose aus betrachtet ist die Energiewende ein Erfolg. Immer mehr Strom aus erneuerbaren Quellen drängt ins Netz, doch nun stellen sich knifflige Fragen. Wie gewinnt man auch in den Morgenstunden oder im Winter genügend Solarstrom? Und wo speichern wir überschüssige Energie?

Direkt neben der Steckdose findet sich ein Sorgenkind der Energiewende: die Heizung. Wärme gewinnen wir noch überwiegend aus fossilen Brennstoffen. Dabei liegt uns mit der Geothermie die klimaneutrale Alternative zu Füßen. Um sie zu erschließen, dringen Bohrer zunehmend tiefer in den Boden – mit Verfahren aus der Öl- und Gasindustrie.

Wind, Sonne, Wasser und Biomasse bestimmen den Diskurs. Doch weitgehend klimaneutral ist auch die Kernenergie. Brauchen wir ihr Comeback? Könnte sogar die Kernfusion für die Energiewende noch eine Rolle spielen?

Eine anregende Lektüre wünscht

Thomas Siebel



RONFULLHD / GETTY IMAGES / ISTOCK

KOMPAKT

Vertikale Fotovoltaik
Floating PV
Tiefe Geothermie
Wärmewende
Großwärmepumpen
Methanisierung
Energiespeicher
Treibhausgasemissionen
Kernfusion
Neue Atomkraftwerke

ENERGIEWENDE

04 Die Senkrechtstarter
13 Was schwimmende Solarzellen leisten
21 Ungenutztes Potenzial
30 Heizen mit der U-Bahn
37 10 Fragen zur Zukunft der Fernwärme
49 Boost für Biomasse
54 Wo Deutschlands grüner Wasserstoff lagern soll
61 Flüssigerdgas verursacht mehr Treibhausgase als Kohle
65 Eine Branche zwischen Euphorie und Ernüchterung
76 Was am Nuklear-Aufschwung wirklich dran ist



VERTIKALE FOTOVOLTAIK

Die Senkrechtstarter

VON KATJA MARIA ENGEL

Vertikale Solarzellen sind gut gegen Netzüberlastung und liefern Strom, wenn er rar und teuer ist. Doch um Wirkung zu entfalten, müssten sie raus aus ihrer Nische: auf Äcker, Dächer, Fußballstadien.

Auf den ersten Blick erscheint es widersinnig, Solarzellen senkrecht auf ein Feld zu stellen. Als dunkle, schmale Mauer und dann auch noch in Ost-West-Ausrichtung. Wo doch jedes Kind lernt, dass die heiße, energiepralle Mittagssonne hier zu Lande aus dem Süden scheint und jeder Fotovoltaikingenieur einem sagt, dass erst der goldene Neigungswinkel von 30 bis 40 Grad die höchsten Stromerträge bringt.

Doch in der Schweiz, die unter derselben Sonne liegt wie Deutschland, werden senkrecht aufgestellte Solarmodule gerade intensiv gefördert. Die Schweizer haben dafür 2023 sogar ihr Energiegesetz

Katja Maria Engel ist promovierte Materialforscherin und arbeitet als Wissenschaftsjournalistin im Münsterland.

AUF EINEN BLICK

Vertikale Stromfänger

01 Senkrechte Solaranlagen liefern weniger Strom als geneigte Anlagen in Südausrichtung. Doch es gibt zahlreiche gute Gründe für vertikal montierte Anlagen.

02 Zweiseitige (»bifaziale«) Module liefern vor allem morgens und abends Strom – dann ist er besonders teuer, weil der Verbrauch hoch und das Angebot knapp ist.

03 Ihre Vorteile spielen die senkrechten Anlagen speziell dort aus, wo sie auf bestehende Strukturen aufsetzen oder mit anderweitiger Landnutzung kombiniert werden können.



BERND FEIL / M.I.S. / PICTURE ALLIANCE

SOLARZAUN | Wo Solarzellen an bestehende Strukturen angebaut werden können, wird die Installation günstiger, wie hier bei einer Firma in Buchloe im Ostallgäu. Maximalerträge sind in diesem Fall nicht das Ziel.

geändert. Und auch in Deutschland findet man immer mehr Projekte, die neue Solaranlagen nach Westen und Osten weisen lassen.

Wenn es jemanden gibt, der die Gründe dafür benennen kann, dann Peter Bendix, der bei Next2Sun die Forschung und

den Einkauf leitet. Das Unternehmen gilt deutschlandweit als Marktführer bei vertikalen Fotovoltaikanlagen. »Es bringt der Energiewende nichts, in Spitzenzeiten noch mehr Strom zu produzieren«, sagt Bendix und plädiert dafür, neue Solaranlagen bevorzugt so aufzustellen, dass sie

vor allem dann Strom produzieren, wenn die üblichen Anlagen den geringsten Output haben. Fröhlichens etwa, wenn die ersten Sonnenstrahlen über das Feld huschen. Oder am späten Nachmittag, wenn die letzten Strahlen flach übers Land fallen. Oder sogar: im Winter.

»Es bringt der Energiewende nichts, in Spitzenzeiten noch mehr Strom zu produzieren«

(Peter Bendix, Next2Sun)

Bislang aber spielen die Senkrechtstarter europaweit eine Außenseiterrolle. Meist sind es Landwirte und Genossenschaften, die auf ihren eigenen Flächen klein dimensionierte Solarparks von zwei bis fünf Megawatt Peak (MWp) errichten – in dieser Einheit messen Fachleute die Ausbeute, die eine Solaranlage maximal zu liefern im Stande ist. Das größte Projekt von Next2Sun ist zugleich das weltweit größte: Auf 30 Hektar Grünflächen des Frankfurter Flughafens entlang der Startbahn West baut das Unternehmen gerade eine 17,4-MWp-Anlage. Der Solarstrom soll die Klimabilanz des Flughafens verbessern.

Um den Ertrag zu maximieren, werden meist so genannte bifaziale Module

verwendet, die die Sonnenenergie beidseitig, also auch mit ihrer Rückseite nutzen. Auf der Rückseite schrumpft zwar der Wirkungsgrad auf rund 90 Prozent des Werts der Vorderseite, dafür können die Betreiber zweimal am Tag Energie ernten, und das zu genau jenen Zeiten, zu denen der Strom am teuersten ist.

Fotovoltaik in der Früh- und Spätschicht

Das ist nämlich die Zeit, in der aktuell die Netze immer öfter an ihre Belastungsgrenzen stoßen, was dem rasanten Ausbau der Erneuerbaren zu verdanken ist. Ein Anteil von 30 Prozent Vertikalen an der Gesamtfotovoltaik wäre darum eine perfekte Ergänzung, um während des weiteren Ausbaus den Druck von den

Netzen zu nehmen, sagt Andreas Schneider, der an der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen zur Optimierung der bifazialen Solarmodule forscht. Zudem wären dann weniger Stromspeicher und Stromtrassen nötig.

Wie sich ein gewisser Anteil an Senkrechten in Deutschland für die Stromversorgung auswirkt, haben Sophia Reker und Jens Schneider von der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur in Leipzig und ihr Kollege Christoph Gerhards bereits im Jahr 2022 im Fachmagazin »Smart Energy« berechnet. Sie zeigen, wie viel gleichmäßiger die Stromproduktion über den Tag verteilt wäre, wenn es einen optimalen Mix aus vertikalen und geneigten Solarmodulen gäbe.

»Wir gestalten die Erzeugung flexibler«, erklärt Jens Schneider. »Wenn wir Solaranlagen weiterwie gehabt ausbauen, produzieren wir wie verrückt Überschüsse in den Zeiten, zu denen der Strompreis gering ist.« Mit Vertikalen im Verbund ist nicht nur der Tagesertrag ausgeglichener, er verteilt sich auch saisonal besser, was dazu führt, dass weniger fossile Kraftwerke die Lücken stopfen müssen. Das wiederum reduziert den Kohlendioxid-ausstoß des Gesamtsystems.

In ihrer Studie berücksichtigten sie sogar nach Nord-Süd orientierte Vertikalanlagen. Das sind die Spezialisten für die Wintersonne: Bei tiefem Sonnenstand und weniger Sonnenstunden produzieren sie in den Wintermonaten annähernd doppelt so viel Strom wie die nach Süden geneigten und sogar mehr als doppelt so viel wie die vertikalen in Ost-West-Ausrichtung.

Eine Anlage gezielt für Sonnenstrom im Winter zu optimieren, ist jedoch aktuell ein reines Nischenvorhaben. Auch die Schweizer Solarbranche hielt es lange mit



ALPINSOLAR-ANLAGE AN DER MUTTSEE-MAUER | Die Schweiz will mit Anlagen im Hochgebirge die Versorgung mit erneuerbarer Energie im Winter verbessern. Im Kanton Glarus hat das Unternehmen Axpo eine Anlage mit 2,2 Megawatt Peak installiert.

AXPO / GRÖSSTE ALPINE SOLARANLAGE DER SCHWEIZ