

BIS HIERHIN ...



Die dritte Energiewende

Deutschland läuft gerade heiß. Das Heizungsgesetz!
Die Wärmepumpe!! Gute Ideen zur Abkühlung kommen aus
der Vergangenheit. Und aus einem Ort namens Butterwiesen

ABER WIE WEITER?



Links: Erste Energiewende. Wasser- und Windmühlen ersetzen die menschliche Muskelkraft. Später läutete die zweite Energiewende das fossile Zeitalter ein. Rechts: Wasserstoffproduktion bei Linde, die dritte Energiewende

M illionen Deutsche zieht es auch dieses Jahr nach Mallorca. Sie kommen, um Sonne, Meer und Wein zu genießen. Beim Landeanflug über die Ebene von Sant Jordi könnten sie indes etwas bewundern, was daheim derzeit die Gemüter erhitzt: eine Energiewende. Genauer gesagt: eine gelungene Energiewende, die sich vor Jahrhunderten ereignete. Denn hier überragen zahlreiche historische Windmühlen die Felder der Ebene und zeugen von einer Zeit, in der die Europäer eine neue Energiequelle erschlossen hatten. Zwar war das Prinzip der Mühle schon in der Antike bekannt, im Römischen Reich ebenso wie in Persien und China. Doch dort wurden sie vor allem von Menschen und Arbeitstieren angetrieben, die ein waagrecht liegendes Rad bewegten. Auf Mallorca also: Wind.

Erst im Mittelalter wurden Mühlen zur Energiequelle ersten Ranges. Die entscheidende Verbesserung war das senkrechte Mühlrad: bei Wassermühlen von Bächen angetrieben, bei Windmühlen vom Wind. Zigtausende dieser Kraftmaschinen trieben einen beispiellosen wirtschaftlichen Aufschwung an, den einige Historiker als eine erste industrielle Revolution bezeichnen. Mit den Mühlen wurde nicht nur Getreide gemahlen, sondern auch Holz gesägt, der Blasebalg eines Hochofens angetrieben oder – wie auf Mallorcas – Wasser gepumpt. Eine große Wassermühle brachte dieselbe Leistung wie die Muskeln von 100 Menschen, hat der italienische Historiker Paolo Malanima vorgerechnet. Aber anders als Menschen ermüdete sie nicht.

Das vermeintlich »dunkle« Hochmittelalter zwischen 1050 und 1250 war geprägt von einem enormen

Erfindergeist, die Wirtschaft wuchs unaufhörlich. Die europäische Bevölkerung verdoppelte sich fast, von 38 auf knapp 75 Millionen im Jahr 1347. Dann beendete die Pest diesen langen Aufschwung abrupt. Es dauerte 150 Jahre, bis Europa wieder 75 Millionen Köpfe zählte. Die erste Energiewende – Wind und Wasser statt Muskeln – setzte sich fort. Eine neue Epoche technischer Erfindungen begann. Mitte des 18. Jahrhunderts lebten 128 Millionen Menschen in Europa.

Dass dieser Aufschwung nicht zusammenbrach, ist vor allem Robert Newcomen und James Watt zu verdanken. Newcomen konstruierte 1712 die erste funktionierende Dampfmaschine, die aber nur in Bergwerken zum Einsatz kam, James Watt perfektionierte sie 1769 zum Antrieb der beginnenden industriellen Revolution. Hätte man den Dampfkessel nur mit Holz befeuert, wäre Europa sehr bald entwaldet gewesen. Tatsächlich schrumpften die Wälder bis zum Ende des 18. Jahrhunderts dramatisch – in den deutschen Ländern waren nur noch fünf Prozent der Fläche mit Bäumen bewachsen, im Vereinigten Königreich sah es nicht anders aus. Die Kohle änderte alles.

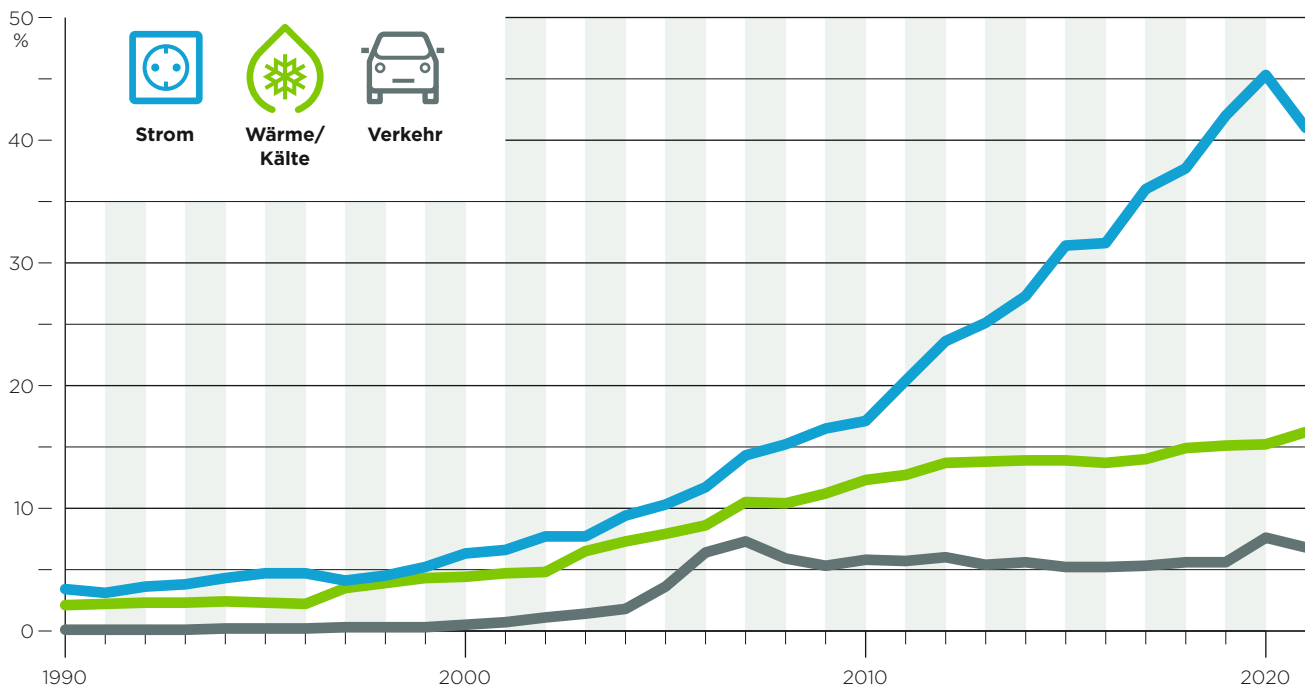
Kohle war eine Energiequelle, die nicht von der Natur abhängig war. Sie benötigte keine Sonnenenergie, die den Wind- und Wasserkreislauf antrieb oder Nah-

rung für Mensch und Tier wachsen ließ. Sie war gewissermaßen in der Tiefe begrabene und gespeicherte Sonnenenergie vergangener Erdzeitalter. Das gilt auch für das Erdöl, das zwar schon seit Jahrtausenden bekannt war, aber erst ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts systematisch gefördert wurde. Diese zweite, diesmal fossile Energiewende legte den Grundstein für die High-tech-Zivilisation der Gegenwart.

Kohle, Öl und auch Erdgas haben zwei enorme Vorteile gegenüber den natürlichen Quellen der ersten Energiewende: Ihre Energiedichte ist sehr hoch, und sie lassen sich überallhin transportieren. Sie liefern Energie, wenn kein Bach fließt, kein Wind weht, die Sonne nicht scheint. Die perfekte Lösung also für die Maschinen des Industriezeitalters. Die industrielle Zivilisation machte sich damit unabhängig von Landschaften und Jahreszeiten, wie der Ökonom Elmar Altvater hervorgehoben hat. Das hatte es in der Geschichte noch nicht gegeben.

Die fossile Energiewende wäre eine Erfolgsgeschichte gewesen, würde aus den Schloten und Auspuffen ihrer Kraftmaschinen nur, sagen wir, Blütenduft entweichen. Leider entströmt ihnen Kohlendioxid, CO₂. Das kam zwar auch im 18. Jahrhundert schon in der Erdatmosphäre vor. Doch seitdem ist seine Konzen-

Anteil erneuerbarer Energie in Deutschland je nach Sektor



Am einfachsten lässt sich die Stromproduktion auf Sonne, Wind und Biomasse umstellen

tration auf das Anderthalbfache gewachsen – und hat über den Treibhauseffekt die globale Erwärmung in Gang gesetzt. Als die ersten Wissenschaftler vor einem halben Jahrhundert vor dem »Klimawandel« warnten, sprachen sie von einem Ereignis in der Zukunft. Diese Zukunft ist nun eingetreten. Eine dritte Energiewende ist nötig: der Ausstieg aus dem fossilen Zeitalter.

Die Menschheit muss den Weg in ein neues solares Zeitalter finden, aber mit acht Milliarden Menschen und der ganzen Maschinerie, die sie derzeit zum Leben braucht. Geht das überhaupt?

Die Strahlungsenergie der Sonne, die auf der Tagseite der Erde auf den Boden trifft, hat eine Leistung von mehr als 80 Milliarden Megawatt. Alle Kraftwerke weltweit kommen auf ganze 0,008 Milliarden Megawatt. Erneuerbare Energie ist theoretisch also genug da, denn die Sonne scheint noch für Milliarden Jahre. Wie aber bekommt man sie praktisch in Maschinen, Heizungen und Autos?

Im Prinzip ganz einfach: Maschinen und Fahrzeuge müssen mit Strom aus erneuerbaren Energien angetrieben werden, also Wind, Sonne, Biomasse. Und Heizungen werden ebenfalls direkt mit Strom angetrieben oder mit Wasserstoff, der durch Elektrolyse aus Ökostrom und Wasser gewonnen wird, Abfallprodukt: Sauerstoff. Harmlos. Betrachten wir als Beispiel nur Deutschland, eines der größten Industrieländer der Welt. Im Jahr 2021 lag der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung hierzulande bei 41 Prozent, bei Heizungen und Fahrzeugen jedoch deutlich niedriger (s. Grafik links). Das hat zwar nach Berechnungen des Umweltbundesamts geholfen, 215 Millionen Tonnen CO₂ einzusparen. Aber um wirklich klimaneutral zu werden, müsste Deutschland weitere 746 Millionen Tonnen CO₂ vermeiden, so hoch waren die Kohlendioxid-Emissionen 2021.

Das Problem: Um klimaneutral zu werden, hat Deutschland nicht viel Zeit. Es hat das Pariser Klimaabkommen unterzeichnet, in dem sich die Staaten verpflichten, die durchschnittliche Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Demnach dürfte Deutschland insgesamt nur noch 3,1 Milliarden Tonnen CO₂ ausstoßen – danach muss Schluss sein. Würden die Emissionen auf dem heutigen Niveau stagnieren, wäre diese Menge schon 2027 ausgeschöpft.

Würde man die Industrienation Deutschland als Ganzes betrachten, könnte das entmutigend klingen. Hier ist eine gute Nachricht: Etliche Kommunen in Deutschland haben die Energiewende bereits vollzogen. Zum Beispiel die Gemeinde Butterwiesen in Bayern. Dort begann man 2012, einen Plan zu schmieden für eine nachhaltige Erzeugung von Wärme und Strom. Die

Gemeinde errichtete nicht nur Windräder, Solarparks, Solardächer und Biogasanlagen, sie verlegte auch Rohre für ein Nah-Wärme-Netz. Die Abwärme der Biogasanlagen heizt nun die Häuser. Fernwärme, die aus fossilen Kohle- und Gaskraftwerken kommt, brauchen die Butterwiesener nun nicht mehr. Windräder und Solarzellen erzeugen zweimal so viel Strom, wie der Ort benötigt. Und die Bevölkerung hat auch noch einen Anteil von 55 Prozent an den »Renergiwerken«.

Ein weiteres ermutigendes Beispiel: Auch der Landkreis Rhein-Hunsrück, in dem immerhin gut 100.000 Menschen leben, hat die Energiewende im Großen und Ganzen geschafft. Er produziert dreimal so viel Strom aus Erneuerbaren, wie vor Ort benötigt werden. Die Anlagen erwirtschaften jährlich einen Gewinn von 44 Millionen Euro für den Landkreis. Etliche Berufspendler, die im nahe gelegenen Mainz arbeiten, tanken Ökostrom. Und auch hier gibt es Nah-Wärme-Netze. Seit 2018 stößt der Landkreis netto null CO₂ aus – 1990 waren es noch 680.000 Tonnen.

In den erregten Debatten über die Energiewende gehen solche Erfolgsgeschichten unter. Nun besteht Deutschland nicht nur aus 13.000 Butterwiesen. Da gibt es noch etliche Großstädte sowie riesige Industrieanlagen, in denen

beispielsweise Autos oder Chemikalien hergestellt werden, viele für den Export. Sie brauchen auf kleinem Raum viel Energie, und das 24 Stunden am Tag. Wie versorgt man die mit grünem Strom?

Der Thinktank Agora Energiewende hat im April in einer Studie vorgerechnet, wie das deutsche Energiesystem bis 2035 klimaneutral Strom erzeugen könnte, auch für Großstädte, Industrieanlagen und Fahrzeuge. Die Stromerzeugung müsste hierfür von 509 Milliarden Kilowattstunden im vergangenen Jahr auf 963 steigen, davon 88 Prozent aus Erneuerbaren und 7 Prozent aus Wasserstoff. Allerdings müssten hierfür in der Nordsee und an der Küste massiv Windparks gebaut werden, und um den Strom zuverlässig zu verteilen, wären 15.000 Kilometer neuer Stromleitungen nötig. Die Fläche aller Windparks an Land entspräche dann dem Anderthalbfachen des Ruhrgebiets. Für die Grundlast – also die Stromversorgung bei Nacht oder Windflaute – wären noch einige Gaskraftwerke nötig, die irgendwann auf Wasserstoff umgestellt werden, so der Plan.

Wasserstoff gilt derzeit als Wundermittel für die Energiewende. Allerdings fehlt es bislang an Anlagen, um das Gas herzustellen, und am Verteilnetz, um es zu den Verbrauchern zu bringen. Auch kann man Wasserstoff nicht einfach wie Öl in Tanks kippen – das leichteste Gas des Universums ist zugleich das flüchtigste. Man muss es unter hohem Druck speichern oder in

Der Landkreis Rhein-Hunsrück hat die Energiewende schon geschafft. Was lässt sich daraus lernen?

Zeolithen, Materialien mit mikroskopisch kleinen Poren, einlagern. Technisch funktioniert das, nur ist unklar, wie teuer der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur wird. Einige Studien zur globalen Energiewende schlagen vor, billigen Wasserstoff in großen Mengen zu importieren, etwa aus Saudi-Arabien, das mittels Solarenergie zu einem der größten und kostengünstigsten Wasserstoffproduzenten der Welt werden könnte.

Bei den meisten dieser Studien fällt auf, dass sie davon ausgehen, dass sich sonst nichts ändert: nicht die Menge an produzierten Waren, nicht unser Konsumverhalten, nicht die Exportorientierung der deutschen Industrie. Es werden einfach Stromtrassen gebaut, ansonsten bleibt das Energiesystem weitgehend dasselbe. Man speist nur grünen statt fossilen Strom ein.

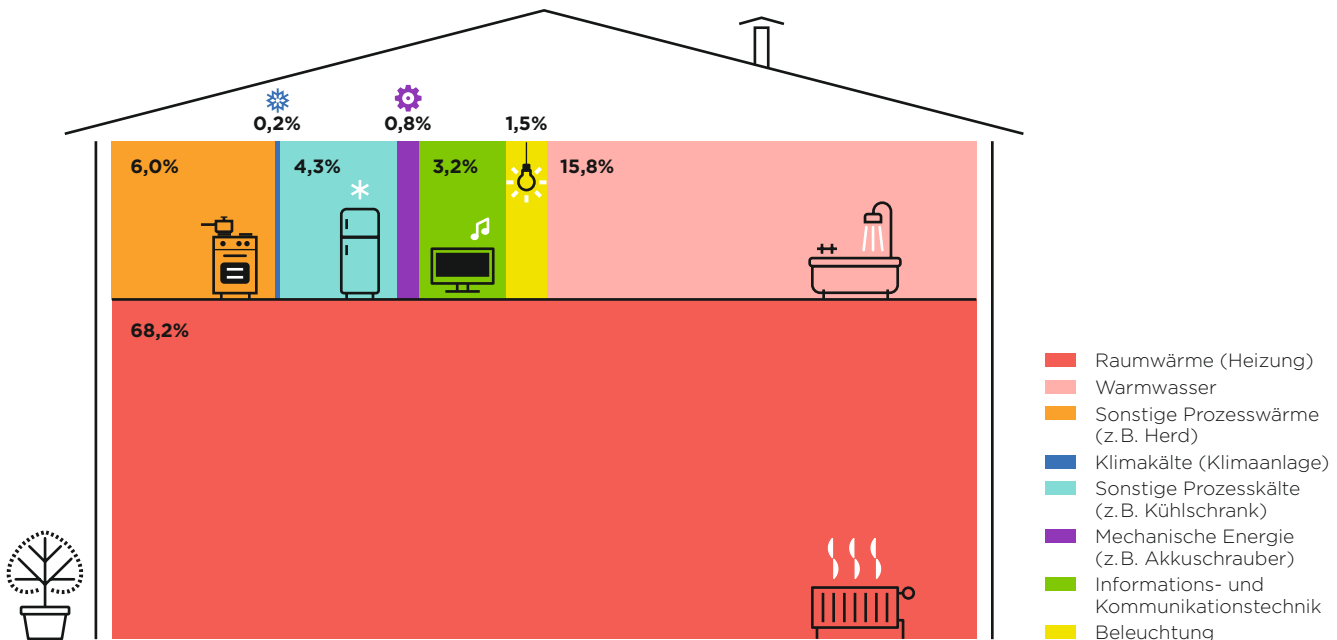
Vielleicht müsste man das Energiesystem an sich neu denken, kleinteiliger. Die Energietechnische Gesellschaft im Verband der Elektrotechnik propagiert solch einen »zellularen« Ansatz: Das Strom- und Wärmenetz bestünde dann aus vielen kleinen Zellen, die mittels intelligenter Steuerung Überschüsse an andere abgeben oder von diesen speichern. Zellen könnten größere Windparks ebenso wie kleine Blockheizkraftwerke im Keller sein. Eine großflächige Steuerung der Stromverteilung entfiel dann. Alle Zellen würden immer auch

Stromspeicher enthalten, zum Beispiel die Akkus von Elektroautos, die gerade nicht fahren.

Diese Struktur wäre der ersten Energiewende nicht unähnlich. Statt eines riesigen Staudamms für hundert Dörfer hatten alle Dörfer ihre eigene Mühle. Der Unterschied: Ein intelligentes Netz könnte Energie auch zwischen den Dörfern – den Zellen – hin und her transportieren, falls nötig. Und neue Technologien, die heute als zu kleinteilig gelten, könnten plötzlich nützlich werden. Wasserstoff könnte mittels künstlicher Photosynthese an unzähligen Standorten in kleinen Mengen sauber produziert werden. Forschende der Schweizer Forschungsorganisation Empa haben kürzlich gezeigt, wie Holz mithilfe eines Pilzes zu »Piezoholz« wird: Tritt man drauf, erzeugt es durch den piezoelektrischen Effekt einen schwachen Strom. Vielleicht kommt eines Tages ein Teil des grünen Stroms direkt aus dem Piezoholzparkett eines Supermarkts.

Die Energiegeschichte ist voller Erfindungen, die anfangs als »Speziallösungen« galten. Sicher ist: Die eine Lösung – als die vor Jahrzehnten etwa die Atomkraft galt – wird es nicht geben. Das Zeitalter nach der dritten Energiewende wird ein Ökosystem vieler verschiedener, geschickt miteinander kombinierter Technologien sein. Und, ja, auch die Wärmepumpe gehört dazu. ■

Hierfür verbrauchen Deutschlands Haushalte Energie



Energiesparlampen? Schön und gut. Wer wirklich Energie sparen möchte, muss anders heizen

ZEIT WISSEN

Bringt Sie auf gute Gedanken!



→ ZEIT WISSEN behandelt alle relevanten Themen unseres Alltags - charmant, überraschend und bereichernd. Lassen Sie sich inspirieren und auf gute Gedanken bringen.

Lesen Sie jetzt 6 Ausgaben mit über 7% Preisvorteil und sichern Sie sich als Dankeschön ein Geschenk Ihrer Wahl!

Jetzt sparen
+ Geschenk sichern!



10 € Thalia-Gutschein



Quizbox
»Allgemeinwissen«



Jetzt Vorteilspreis sichern:

→ www.zeit.de/zw-abo → **040/42 2370 70***

*Bitte folgende Bestellnummer angeben: 2112366 FA/2112367 GA