Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 90 (1999)

Heft: 7

Artikel: Nachhaltige Energiezukunft : zwischen Katastrophe und Überfluss

Autor: Imboden, Dieter M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-901924

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

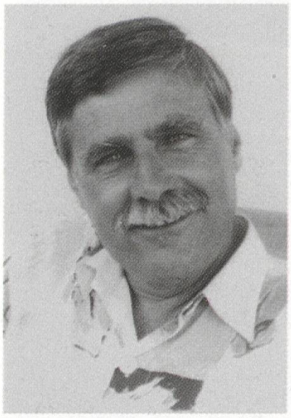
Nachhaltige Energiezukunft

Zwischen Katastrophe und Überfluss

Fossile Energie war noch nie so billig wie heute. Seit 1950 hat sich der weltweite Bedarf an Energie vervierfacht. Für die kommenden Jahrzehnte wird eine weitere Verdoppelung oder gar Verdreifachung des Bedarfs mit einem wachsenden Ungleichgewicht zwischen armen und reichen Ländern prognostiziert. Angesichts fehlender Alternativen der Energiegewinnung wird diese Entwicklung jedoch an ihre Grenzen stossen. Ein Ausweg kann nur in einer effizienteren Nutzung und gerechteren Verteilung der heute verfügbaren Energie bestehen.

Es gibt mehrere Bereiche, welche für sich in Anspruch nehmen, dem 20. Jahrhundert ihren Stempel aufgedrückt zu haben; Energie ist einer von ihnen. Die schier unbegrenzte Verfügbarkeit von billiger Energie hat die im 19. Jahrhundert angelaufene Industrialisierung gewaltig beschleunigt, die Produktivität des *Homo Faber* vervielfacht und den Industrienationen einen vorher undenkbaren Wohlstand gebracht.

Tatsächlich war die fossile Energie noch nie so billig wie heute. Abgesehen vom Ölpreisschock in den siebziger Jahren waren die Jahre seit dem zweiten Weltkrieg von einem stetig wachsenden Energieüberfluss geprägt. Vergessen sind der Club of Rome und die «Grenzen des Wachstums». Das globale Energiesystem verkraftete seit 1950 mühelos eine Vervierfachung des weltweiten Bedarfs von Primärenergie. Heute nutzt jeder Mensch im Durchschnitt pro Jahr rund 18 000 Kilowattstunden an kommerzieller Energie, was im Mittel einer Energieleistung von 2000 Watt pro Kopf entspricht. Da unser physiologischer Energiebedarf ungefähr 100 Watt beträgt (wir nehmen über Nahrung pro Tag etwa 2500 Kilokalorien oder 10 Mio. Joule auf), stehen jedem Menschen quasi 20 «Energiesklaven» zur Verfügung. Wie hat doch der menschliche Erfindungsgeist die gesetzten Grenzen gesprengt! Wenn auch über 90% dieser Energie aus fossilen Reserven (Kohle, Erdöl, Erdgas) stammen, so ist von einer ernsthaften Verknappung keine Spur zu sehen. Im Gegenteil: Die Entdeckung neuer fossiler Energieressourcen – so in jüngster Zeit die riesigen Vorkommen sogenannter Methanhydride[1] in den Sedimenten der Tiefsee – schieben die errechnete theoretische Zeit für eine Erschöpfung der Energiereserven schneller in die Zukunft, als unser Energiehunger ihr folgen kann. Und schliesslich halten wir noch weitere Trümpfe in der Hand, die Kernspaltung und -fusion zum Beispiel, und als letzte Hoffnung den stetigen Energiefluss von der Sonne, der mehr als 10 000mal grösser ist als der gesamte heutige zivilisatorische Energiebedarf.



Dr. Dieter M. Imboden, Professor für Umweltphysik, ist Projektleiter der «Strategie Nachhaltigkeit» im ETH-Bereich, Zürich.

Wo also liegt das Problem? – Liegt es in der Natur des westlichen Menschen, hinter Wundern einen Pferdefuss zu vermuten? «There is nothing like a free lunch!» Soll man Unkenrufe über ein bevorstehendes globales Energieproblem als das Produkt notorischer Schwarzseher abtun und sich den «tatsächlichen» Herausforderungen des anbrechenden Jahrhunderts zuwenden, zum Beispiel der Bekämpfung der Armut und der sozialen Ungerechtigkeit, der Globalisierung und ihren Folgen, dem sozialen Wandel? Gehörte nicht auch die in Festreden beliebte Nachhaltigkeit dazu?

Es wäre sinnlos, den vielen Definitionen von Nachhaltigkeit noch eine weitere hinzuzufügen, nur schon deswegen, weil gerade die Nichtfassbarkeit des Begriffs zum Denken anregt. Setzt sich nicht auch die Philosophie immer wieder neu – und dies seit mehr als 2000 Jahren – mit den gleichen grundsätzlichen Begriffen und Fragen auseinander, ohne dabei zu ermüden? – Die Botschaft der Nachhaltigkeit ist mehrdimensional wie ein Wort aus der Bibel, und jeder Versuch, sie auf eine einzige Definition, das heisst eine einzige Koordinate zu reduzieren, scheitert ebenso wie die Abbildung eines dreidimensionalen Gebildes auf eine einzige Achse.

Trotzdem, ein Begriff der Beliebigkeit ist und darf Nachhaltigkeit nicht sein. Es gibt durchaus Inhalte (Koordinaten), welche obligatorischer Bestandteil des Begriffs sind. Sie kommen etwa in der bekannten Definition aus dem Brundtland-Bericht zum Ausdruck, wonach nachhaltige Entwicklung darin bestehe, *die heutigen Bedürfnisse zu befriedigen, ohne diejenigen zukünftiger Generationen zu gefährden*. Nennen wir dies den *zeitlichen Aspekt* der Nachhaltigkeit. Abgesehen davon, dass obige Formulierung nach der Frage ruft, welche zukünftigen Generationen wir meinen und worin unsere Bedürfnisse bzw. diejenigen zukünftiger Generationen bestünden, gibt es daneben zumindest noch den *räumlichen Aspekt*, wonach Nachhaltigkeit bedeutet, *unsere eigenen Bedürfnisse zu befriedigen, ohne diejenigen anderer Menschen zu gefährden*. So selbstverständlich dies klingen mag, wir scheinen diesen Teil der Botschaft gerne zu verdrängen, weil es nicht um unsere eigenen Nachkommen – um die eigenen Gene – geht, sondern um die zahllosen anonymen Mitmenschen, die *heute* leben, darben und leiden.

Benützen wir also das aufgespannte Koordinatensystem und fragen: Ist unser

[1] Methanhydrid entsteht durch die Reaktion des biologischen Abbauprodukts Methan mit Wasser. Es ist unter dem grossen Druck der Tiefsee eine Art von Feststoff.

Umgang mit Energie nachhaltig? Die Geschichte der Menschheit war bis vor kurzem eine Geschichte der jahrtausendealten solaren, unkäuflichen bzw. unverkäuflichen Energie. Der Energiefluss von der Sonne lässt unsere Nahrungsmittel wachsen und ist dafür verantwortlich, dass die Temperaturen an der Erdoberfläche mehrheitlich zwischen 0 und 30 °C variieren. Weil wir den direkten Energiestrom nicht schneller nutzen können, als er auf die Erde trifft, war die traditionelle Nutzung der solaren Energieflüsse im eigentlichen Sinne nachhaltig.

Erst in den letzten rund 200 Jahren wurde die Energie zur Handlungsware, spielte die verkäufliche Energie eine zunehmend wichtige Rolle. Heute entspricht der globale Verbrauch kommerzieller Energie einer Leistung von 10 Terawatt (1 Terawatt = 1 TW = 1 Billion Watt). So klein dieser Wert im Vergleich zum solaren Energiefluss von 122 000 TW und zum biologischen von 130 TW scheinen mag, so verändert er unsere Erde aus mehreren Gründen tiefgreifend. Erstens stammt er fast ausschliesslich aus fossiler Energie, zu deren Bildung die Erde Jahrmillionen benötigte. Zweitens sind die Anteile an diesem Energiestrom von Land zu Land enorm verschieden. Der Pro-Kopf-Verbrauch in den USA beträgt durchschnittlich 10 000 Watt, in Westeuropa typischerweise 4000 bis 6000 Watt und in den Entwicklungsländern weniger als 1000 Watt. In den ärmsten Ländern liegt der Verbrauch von kommerzieller Energie sogar deutlich unter 100 Watt. Da die kommerzielle Energienutzung weitgehend von den natürlichen (z.B. solaren) Energieflüssen entkoppelt ist, fast vollständig auf nichterneuerbaren Ressourcen basiert und zu mehr als 75% in den Industrienationen stattfindet, muss unser aktuelles Energiesystem, was den zeitlichen und räumlichen Aspekt anbetrifft, als hochgradig nichtnachhaltig bezeichnet werden.

Studien über die Entwicklung des Energieverbrauchs bis zum Jahr 2050 prognostizieren Anstiege des totalen Primärenergieverbrauchs um den Faktor 2 bis 3. Dieses Wachstum führt allerdings, glaubt man den Hochrechnungen der OECD und anderen, eher zu einer Zunahme der Diskrepanz zwischen den reichen und armen Ländern. Wie aber soll dieser Bedarf zukünftig gedeckt werden?

Am einfachsten lässt sich – natürlich unter Missachtung all der Warnungen, welche uns von seiten der Klimaforscher zugetragen werden – eine Energiezukunft vorstellen, in der auch zukünftig die fossilen Brennstoffe die wichtigste Energiequelle bilden. Die Reserven würden das noch weitere 100 Jahre zulassen. Aber die Klimawissenschafter warnen uns, der Ausstoss von Kohlendioxid als Folge des Verbrauchs fossiler Brennstoffe müsste halbiert werden, um einer Klimakatastrophe zu entgehen. Weder Wasser- noch Kernkraft vermögen die dadurch entstehende Lücke kurzfristig zu decken. Die solare Energie ist zweifellos der Energieträger der ferneren Zukunft – so wie sie auch die Energie der Vergangenheit war. Ihr relativer Beitrag an die globale Energieversorgung kann aber auch unter optimistischen Annahmen kaum sehr gross werden, solange der Energiebedarf weiterhin um einige Prozente pro Jahr ansteigt.

Zusammenfassend kann man das heutige Energiesystem und dessen Extrapolation auf die nächsten 50 Jahre folgendermassen charakterisieren:

- Die geographischen Unterschiede des Pro-Kopf-Verbrauchs kommerzieller Energie übersteigen den Faktor 100.
- Prognosen zeigen, dass die hauptsächliche Bedarfssteigerung weiterhin in jenen Ländern stattfinden wird, in denen schon heute überdurchschnittlich viel Energie verbraucht wird, so dass sich das Gefälle zwischen Arm und Reich weiterhin vergrössert.
- Ausser den fossilen Brennstoffen hat kein Energieträger das Potential, in einer Situation wachsenden Bedarfs innert 30 bis 50 Jahren signifikant zur Bedarfsdeckung beizutragen.
- Alternativen, insbesondere erneuerbare Energieträger, haben nur dann eine Chance, wenn der Bedarf an Primärenergie nicht weiter zunimmt, sondern abnimmt.

Um auf die eingangs gestellte Frage zurückzukommen: Das Problem unseres heutigen Energiesystems liegt gerade darin, dass wir nicht genau wissen, wo es zu lokalisieren ist und wann es uns trifft. Was wir im Nebel der Zukunft sehen, sind die schattenhaften Umrisse verschiedener möglicher Hindernisse, von denen wir nicht wissen, ob sie sich dereinst als harmlose Hirngespinste entpuppen, denen unsere schöpferische Intelligenz mit Leichtigkeit ausweichen kann.

Wie gerne berufen wir uns da gönnerisch lächelnd auf Malthus, der vor 200 Jahren für England eine katastrophale Hungerperiode vorausgesagt hatte. Rückblickend ist es einfach zu sehen, wo sein Irrtum lag. Die ihm damals bekannte Welt war eben noch nicht endlich, und die landwirtschaftliche Produktivität konnte in den folgenden zwei Jahrhunderten schneller wachsen als die Bevölkerung.

Gerade auf diese Art von helfenden Überraschungen aber können wir uns heute nicht mehr berufen: Weil wir heute so viel mehr wissen über unsere Erde und über die Naturgesetze, welche sie regieren, schwindet die Hoffnung auf die Entdeckung grosser weisser Flecken auf der Landkarte unseres Wissens. Das gilt auch für das Energiesystem, welches uns – abgesehen von der Entdeckung neuer fossiler Ressourcen – während der letzten 50 Jahre keine Überraschung gebracht hat. Die Sichtweite im Nebel ist zwar bedeutend grösser als zu Malthus' Zeiten. Aber heute steuern wir nicht mehr ein Ruderboot, sondern einen Tanker, der für einen Kurswechsel Jahrzehnte benötigt. Es ist daher an der Zeit, die zweite grosse Energierevolution der Menschheit einzuleiten und die vielen phantasielosen Energiesklaven durch einige wenige intelligente zu ersetzen. Es gibt kaum etwas Dümmeres, als beispielsweise einen derart wertvollen Stoff wie Erdöl tonnenweise in Motoren zu verbrennen, deren Erfindung auf das letzte Jahrhundert zurückgeht, und dabei mehr als 80% der Energie als Abfall in die Umgebung abzuleiten.

Der ETH-Bereich hat sich im Rahmen der Strategie Nachhaltigkeit mit dem Projekt «Die 2000-Watt-Gesellschaft» zum Ziel gemacht, der anstehenden Revolution der effizienten Energienutzung zum Durchbruch zu verhelfen. Der zukünftige Energiebedarf hängt letztlich von der Entwicklung von grundlegend neuen Vorstellungen ab, wie die Bedürfnisse der Menschen, das heisst Wohnen und Arbeiten, Kommunikation und Mobilität, die Sicherstellung von Nahrung und Trinkwasser und die medizinischen und sozialen Netze, befriedigt werden können. Neue Konzepte müssen nicht notwendigerweise teurer sein als die bisherigen. Die Mobilisierung der Ressource «Mensch» spielt bei deren Implementierung mindestens eine so wichtige Rolle wie der Einsatz von finanziellen Ressourcen. Das Forschungs- und Lehrnetzwerk der Schweizer Hochschulen von St. Gallen bis Genf, nun verstärkt durch die neuen Fachhochschulen, besitzt gute Voraussetzungen dafür, bei der Implementierung der 2000-Watt-Gesellschaft eine führende Rolle zu übernehmen und gemeinsam mit Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit die nötigen Ideen zu entwickeln und in die Praxis umzusetzen. Die Herausforderung bietet den Hochschulen eine einmalige Chance, sich ihrer gesellschaftlichen Verantwortung zu stellen.