

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 91 (1999)  
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Von der gedankenlosen zur intelligenten Energienutzung  
**Autor:** Imboden, Dieter M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940075>

### 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:** 10.02.2026

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

# Von der gedankenlosen zur intelligenten Energienutzung

■ Dieter M. Imboden

## 1. Nachhaltigkeit

Die drei Aspekte der Nachhaltigkeit

Der zeitliche Aspekt

...die heutigen Bedürfnisse befriedigen, ohne diejenigen zukünftiger Generationen zu gefährden.

Der räumliche Aspekt

...unsere eigenen Bedürfnisse befriedigen, ohne diejenigen anderer Menschen zu gefährden.

Der sektorelle Aspekt

...die gleichzeitige Berücksichtigung aller Komponenten der Gesellschaft: Ökologie – Ökonomie – soziale Systeme...

## 2. Nachhaltigkeit und Energie

Der physiologische Energiebedarf eines Menschen beträgt ungefähr 9000 Kilojoule pro Tag, was einer durchschnittlichen Leistung von rund 100 Joule pro Sekunde, d.h. 100 Watt entspricht. Dieser Energiebedarf wird durch die Nahrung gedeckt, welche sich der Mensch zuerst als Jäger und Sammler und später als sesshafter Bauer verschaffte. Schon früh benützte der Mensch neben seiner eigenen Körperenergie weitere Energieressourcen wie Brennholz oder die Arbeitsleistung von Haustieren. In einigen Ländern der Dritten Welt stellen diese sogenannte nichtkommerziellen Energieträger noch immer die wichtigste Lebensgrundlage dar. In Äthiopien zum Beispiel beträgt der durchschnittliche Energiebedarf pro Kopf 290 Watt, wovon 90 % aus nichtkommerziellen Quellen stammen. An kommerziellen Energien (z.B. fossile Brennstoffe) verbraucht der durchschnittliche Äthiopier also nur gerade etwa 30 Watt, mit denen sich eine moderne Sparlampe oder eine sehr magere konventionelle Glühbirne betreiben liesse.

Da nichtkommerzielle Energieträger praktisch ausnahmslos aus erneuerbaren Ressourcen stammen, war die Energieversorgung des Menschen während Jahrtausenden notgedrungen nachhaltig, wenn man von gewissen lokalen Übernutzungsexzessen absieht (Abholzen von Wäldern), welche sich aber immer an ihren eigenen Grenzen totliefen. Die Situation änderte sich mit der einsetzenden Industrialisierung grundlegend, als – neben der Nutzung der Wasserkraft in Mühlen – mit der Erfindung der Dampfmaschine plötzlich ein Rohstoff interessant wurde, für den man vorher kaum Verwendung

gehabt hatte: die Kohle. Später folgten der Explosionsmotor und mit ihm die Nutzung von Erdöl. Der jüngste fossile Energieträger ist Erdgas.

Die Erschliessung der fossilen Brennstoffe machte den Menschen erstmals in seiner Geschichte unabhängig von den beschränkten erneuerbaren Energiequellen. Diese Freiheit nützte er ausgiebig, ja exzessiv. Der heutige weltweite primäre Energieverbrauch pro Kopf beträgt 2000 Watt (Tabelle 1). Dieser Durchschnittswert täuscht darüber hinweg, dass einige wenige Industrieländer einen Verbrauch von ungefähr 5000 Watt (Europa) bis 10000 Watt (USA, Kanada) aufweisen, während der grosse Rest (inklusive die 1,3 Milliarden Chinesen) immer noch weniger als 1000 Watt pro Kopf beansprucht. Am weltweiten Primärenergieverbrauch haben nichtkommerzielle Brennstoffe einen Anteil von weniger als 10%; die kommerzielle Primärenergie wird zu 95 % durch fossile Brennstoffe gedeckt. Wasserkraft und Kernenergie tragen nur gerade je 2,5% bei.

Studien der OECD weisen nach, dass der globale Primärenergiebedarf im Jahr 2050 rund dreimal grösser sein wird als heute, also bei etwa 1000 Ektajoule ( $1 \text{ EJ} = 1 \times 10^{18} \text{ Joule}$ ) pro Jahr liegen wird. Kein Energieträger wird diesen enormen Bedarf decken können außer die fossilen Brennstoffe. Trifft die OECD-Prognose zu, ist also davon auszugehen, dass trotz den grossen politischen Anstrengungen zur Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen die anthropogene Produktion von Kohlendioxid weiter wachsen wird und eine globale Klimaveränderung unabwendlich ist. Der einzige Weg aus dem Dilemma besteht darin, den Energiebedarf der Industrieländer signifikant zu reduzieren und gleichzeitig die Erschliessung von erneuerbaren Energiequellen (Wasser, Sonne, Wind, Erdwärme u.a.) voranzutreiben. Hingegen ist es eine weitverbreitete Illusion, zu glauben, alternative Energiequellen könnten in den nächsten fünfzig Jahren eine signifikante Rolle spielen, wenn gleichzeitig der Energiebedarf weiterhin um 1 % oder mehr pro Jahr steigt.

Diese Überlegungen zeigen, dass das Bekenntnis zur Nachhaltigkeit, das heute von verschiedener Seite scheinbar so leicht abgegeben wird, nicht zuletzt an der Energiefrage seine Nagelprobe erfahren wird.

## 3. Die Schweiz als Modell einer 2000-Watt-Gesellschaft

Die Schweiz hätte dank ihres Wohlstandes und ihrer leistungsstarken und innovativen Wirtschaft wie kaum ein anderes Land das Potential, Wegbereiter für eine neue Energiepolitik zu sein, bei der nicht die Quantität, sondern die Intelligenz der Ressourcennutzung im Zentrum steht. Der ETH-Bereich lancierte daher Anfang 1998 im Rahmen seiner Strategie Nachhaltigkeit ein Pilotprojekt mit dem Namen «Die 2000-Watt-Gesellschaft». Das Ziel des Projektes besteht darin, im Verbund zwischen Hochschulen und Wirtschaft die Notwendigkeiten und Möglichkeiten für eine neue Energiepolitik zu evaluieren und im Rahmen von konkreten Projekten erste Schritte für den Umbau des «Energiesystems Schweiz» einzuleiten, eine Aufgabe, welche die nächsten zwei Generationen beschäftigen wird und muss.

Die Schaffung einer 2000-Watt-Gesellschaft beruht auf zwei Pfeilern: Erstens

	Total (EJ/Jahr) <sup>2</sup>	Nichtkommerz. (%) <sup>3</sup>	Pro Kopf (Watt)
<b>Welt</b>	<b>345</b>	<b>6</b>	<b>2000</b>
<b>Afrika</b>	<b>13,6</b>	<b>35</b>	<b>650</b>
Äthiopien	0,46	90	290
Nigeria	1,7	59	530
<b>Asien</b>	<b>104,7</b>	<b>9</b>	<b>990</b>
China	31,7	6	860
Indien	12,1	23	420
Japan	17,5	≈0	4600
Sri Lanka	0,17	55	290
<b>Europa</b>	<b>109,6</b>	<b>&lt;1</b>	<b>4800</b>
<b>USA</b>	<b>82,7</b>	<b>1</b>	<b>10300</b>
<b>Kanada</b>	<b>9,3</b>	<b>1</b>	<b>10400</b>

<sup>1</sup> Quelle: World Resource 1996/97

<sup>2</sup> 1 EJ = 1 Hektajoule =  $10^{18} \text{ Joule}$

<sup>3</sup> Traditionelle Brennstoffe wie gesammeltes Brennholz, Tierdung u.a.

**Tabelle 1. Jährlicher globaler Primärenergieverbrauch (1993)<sup>1)</sup>**

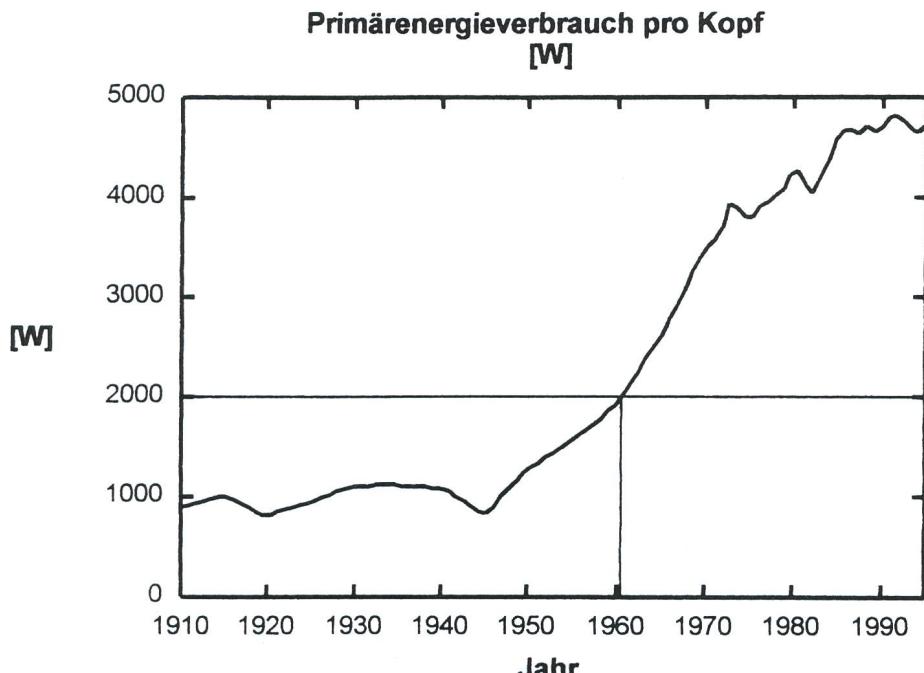


Bild 1. Entwicklung des Schweizer Primärenergieverbrauchs.

sollen die Verluste beim Übergang von der Primär- zur Nutzenergie von heute 57% auf 40% gesenkt und zweitens durch neue Technologien der Bedarf an Nutzenergie halbiert werden. Die Kombination dieser Massnahmen erlaubt es, den Primärenergiebedarf insgesamt um den Faktor 3 zu reduzieren.

Es gibt kaum Zweifel darüber, dass die Erreichung dieses Ziels technisch möglich wäre. Schliesslich war die Schweiz noch vor 40 Jahren eine 2000-Watt-Gesellschaft,

obwohl damals die rationelle Nutzung der Energie noch kein Thema war (Bild 1). Tatsächlich gibt es heute im Schweizer Energieverbrauch zwei grosse Bereiche: Rund die Hälfte der Primärenergie wird zur Erreichung einer dem Menschen angenehmen Raumtemperatur benötigt (Heizen und Kühlen). Zwar ist hier – mit Ausnahme der Verwendung von elektrischem Strom aus thermischen Kraftwerken – der Wirkungsgrad, d.h. der Übergang von der Primär- zur Nutzenergie,

bereits recht gut. Dafür lässt sich durch bessere Wärmedämmung der Nutzenergiebedarf im Prinzip um den Faktor 2 bis 3 senken, insbesondere bei neuen Gebäuden. Der zweite wichtige Sektor betrifft die Mobilität von Menschen und Gütern. Hier findet man ein gewaltiges Reduktionspotential sowohl bei der Höhe des Nutzenergiebedarfs als auch beim Wirkungsgrad. Schliesslich wird sich die Gesellschaft vollständig neue Mobilitätskonzepte überlegen müssen.

Die Einführung einer 2000-Watt-Gesellschaft hängt somit weniger von technischen Randbedingungen ab (obwohl auch hier noch wichtige Innovationen anstehen), sondern mehr von ökonomischen, politischen und sozialen Faktoren. Daher stellt die kleine, reiche, politisch überschaubare Schweiz das ideale Pionierland für die Umsetzung dieser Vision dar. Selbstverständlich würde die Schweiz nicht während Jahrzehnten allein bleiben auf ihrem Weg zur nachhaltigen Energiezukunft – genausowenig sie lange allein blieb mit der Einführung phosphatfreier Waschmittel oder des Katalysators beim Auto. Wichtig ist, dass sich ein Land konkret in diese Richtung in Bewegung setzt und nicht in jener typischen Pattsituation verharrt, in der alle auf das gute Beispiel der Nachbarn warten.

#### Adresse des Verfassers

Prof. Dr. Dieter M. Imboden, Projektleiter der «Strategie Nachhaltigkeit» im ETH-Bereich, EAWAG, CH-8600 Dübendorf.

## Brennstoff aus Sonnenenergie und Wasser

■ Marie-Therese Larcher

### Zusammenfassung

Am Paul-Scherrer-Institut (PSI) in Villigen wird seit einigen Jahren nach Verfahren gesucht, um mit Hilfe von Sonnenenergie einen gut lagerbaren und transportierbaren Brennstoff zu gewinnen. Vielversprechende Resultate wurden mit einem neuen Rezept erreicht, indem Zinkoxid in einem solarchemischen Prozess unter Zufügung von Erdgas zum wiederverwendbaren Brennstoff Zink reduziert wird. Gleichzeitig entsteht Synthesegas, das der Herstellung von Methanol dienen kann. Dabei geht es um Grundlagenforschung zur Entwicklung von Sonnenenergie-Technologien, die in fünf bis 15 Jahren den Bedarf an fossilen Energieträgern reduzieren.

Die Produktion von Metallen und Synthesegas verschlingt einen grossen Teil der Hochtemperatur-Prozesswärme und ist auch verantwortlich für gegen 10% der weltweit von den Menschen erzeugten CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre. Die in der Natur vorkommenden Metallerze werden industriell entweder mittels Elektrolyse (z.B. Aluminium) oder thermochemisch (z.B. Hochöfen für die Eisenproduktion) gewonnen.

Am PSI arbeiten Forschende an der Entwicklung von Verfahren, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen wesentlich zu verringern, indem die Reduktion der Metallerze mit der Umformung von Erdgas verbunden wird, wobei die fossilen Brennstoffe durch die Sonnenenergie als Quelle der Prozesswärme ersetzt werden.

### Zink, ein zukunftsträchtiges Metall

Die bei der Reduktion von Erz entstehenden Metalle können einerseits als Brennstoffe bei Verbrennungsprozessen Hochtemperaturwärme liefern oder in Brennstoffzellen bzw. Batterien Strom erzeugen; andererseits reagieren diese Metalle mit Wasser und können zur Herstellung von Wasserstoff sowie anderen Brennstoffen dienen. Ein derart vielfältig verwendbares Metall ist Zink, dem man in letzter Zeit am PSI besondere Beachtung schenkt.

Bisher konzentrierte sich die Forschung für die Produktion der Metalle entweder auf einen elektrolytischen oder auf einen carbothermischen Prozess (d.h. einen Prozess, bei dem Kohlestoff in irgendeiner Form benötigt wird).