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: 72 (1981)

Heft: 2

Artikel: Elektrizität

Autor: Schulthess, H. von

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905064

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: 09.12.2025

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

Elektrizität

Von H. von Schulthess

1. Einleitung

Die Elektrizität unterscheidet sich von den anderen Energieträgern hauptsächlich durch ihre universelle Verwendbarkeit. Als sekundärer Energieträger kann sie praktisch aus allen Primärenergiequellen erzeugt werden. In diesem Bericht soll nur von der Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft und aus Kernenergie die Rede sein. Betrachtet man die gegenwärtige weltweite Verteilung der Elektrizitätserzeugung auf die verschiedenen Primärenergien, so lässt sich feststellen, dass gesamthaft die thermische Erzeugung bei weitem überwiegt; bei der thermischen Erzeugung werden die Erdölprodukte aber allmählich durch Kohle und Uran ersetzt, die in Zukunft die Hauptpfeiler der Stromproduktion darstellen werden (Tab. I und II).

2. Wasserkraftreserven

Die Industrieländer Westeuropas haben mit wenigen Ausnahmen ihr Wasserkraftpotential grösstenteils ausgeschöpft. Der Ausbaugrad liegt in Westeuropa in der Grössenordnung von 65 %. Die letzten noch realisierbaren Projekte stossen auf bedeutenden Widerstand in Umweltschutzkreisen. Die Schweiz stellt in bezug auf die Wasserkraft eine Ausnahme dar; eine inländische Stromproduktion, die zu 70 % auf der Wasserkraft basiert, ist in den meisten anderen Industrieländern unbekannt und nicht zu verwirklichen. Ganz anders ist die Situation in anderen Industrieländern und in den Entwicklungsländern. Die von der Weltenergiekonferenz erstellte Übersicht über die Erzeugungsmöglichkeiten an hydraulischer Energie zeigt, dass der Ausbaugrad in Nordamerika 45 %, in Südamerika 17 %, in Afrika 6 %, in Asien (ohne UdSSR) 10 %, in der UdSSR 21 % und in Ozeanien 20 % beträgt (Fig. 1). Es ist also noch ein bedeutendes Potential vorhanden, das sich vorwiegend auf Asien, Afrika und Südamerika konzentriert. Die künftige Rolle der hydraulischen Stromerzeugung wird sich also je nach geographischem Gebiet von Land zu Land unterscheiden. Die Grösse einzelner noch zu realisierender Projekte – etwa an den afrikanischen Flüssen oder in den asiatischen Teilen der UdSSR – und die sehr grossen Distanzen zwischen den Produktionszentren und Verbrauchsgebieten bringen allerdings noch viele Probleme, nicht zuletzt auch Energietransportprobleme mit sich.

3. Kernbrennstoffreserven

Die sicher gewinnbaren Uranreserven sind in den wichtigsten Ländern (ohne Ostblockländer und Volksrepublik China) sehr präzise definiert und in Kostenkategorien eingeteilt und ermittelt worden (Fig. 2). Die bis zu Kosten von $ 130/kg U_3O_8 *sicher gewinnbaren Uranreserven* betragen demnach 2590000 Tonnen U_3O_8 (Urankonzentrat). Dazu gibt es *zusätzliche Ressourcen* von insgesamt 2560000 Tonnen U_3O_8, die zu gleichen Kosten gewonnen werden können. Diese Uranreserven und -ressourcen liegen grösstenteils in den USA, in Kanada, Südafrika, Australien und Westeuropa. Von den Ostblockländern und der Volksrepublik China sind leider keine genauen Zahlen bekannt. Vorsichtige Schätzungen sprechen in der UdSSR und den übrigen Ostblockländern von Uranreserven in der Grössenordnung von 300000 Tonnen. Weitere, nicht überprüfbare Schätzungen nehmen an, dass in diesen Gebieten noch zusätzliche Ressourcen in der Grössenordnung von 1,5 Mio Tonnen vorhanden sind. Die Uranreserven der Volksrepublik China werden gegenwärtig mit 116000 Tonnen veranschlagt.

Einen genaueren Indikator in bezug auf die Versorgungssicherheit stellt die jährliche *Uranproduktionskapazität* dar. Diese wird durch technische, wirtschaftliche und politische Faktoren begrenzt. Die Produktionskapazität betrug (ohne Ostblockländer und Volksrepublik China) im Jahre 1978 rund

Die weltweite Erzeugung elektrischer Energie im Jahre 1977 — Tabelle I

In Mia kWh	Afrika	Nordamerika	Lateinamerika	Asien/ Ozeanien	Westeuropa	Länder mit Planwirtschaft	Total
Konventionelle thermische Erzeugung	102 69,5 %	1805 71,4 %	116,5 41,2 %	755 82,8 %	981 63,6 %	1522 84,6 %	5281,5 73,3 %
Hydraulische Erzeugung	45 30,5 %	444 17,6 %	163 57,8 %	118 13,0 %	409 26,5 %	231 12,8 %	1410 19,5 %
Nukleare Erzeugung	– –	276 10,9 %	1,5 0,5 %	36 4,0 %	150 9,7 %	46 2,6 %	509,5 7,1 %
Geothermische Erzeugung	– –	3,5 0,1 %	1,0 0,5 %	2,0 0,2 %	2,5 0,2 %	– –	9,0 0,1 %
Total	147 100 %	2528,5 100 %	282 100 %	911 100 %	1542,5 100 %	1799 100 %	7210 100 %

Erzeugung elektrischer Energie im Jahre 1978 in den OECD-Ländern — Tabelle II

Primärenergie	Erzeugung in Mia kWh	Anteil in %
Feste Brennstoffe	1748	35,1
Erdöl	1064	21,4
Erdgas	563	11,3
Kernbrennstoffe	552	11,1
Wasserkraft und Geothermie	1051	21,1
Total	4978	100,0

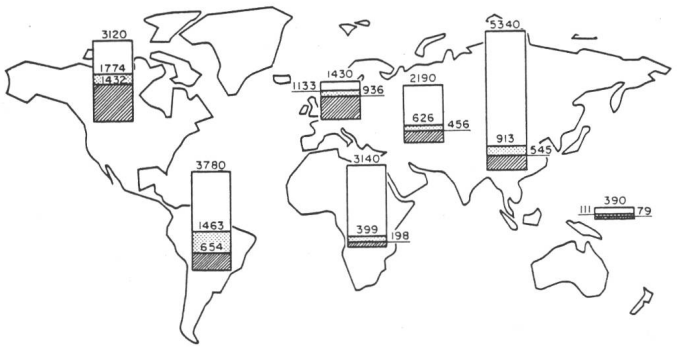

Fig. 1 Weltweites Erzeugungspotential an hydraulischer Energie
(in Mia kWh [Jahresproduktion])

Technisch nutzbares Potential
Geplanter Ausbau
Im Bau und in Betrieb

Im Bau und in Betrieb	4 297 Mia kWh
Geplanter Ausbau	2 120 Mia kWh
Nutzbares Potential	19 390 Mia kWh

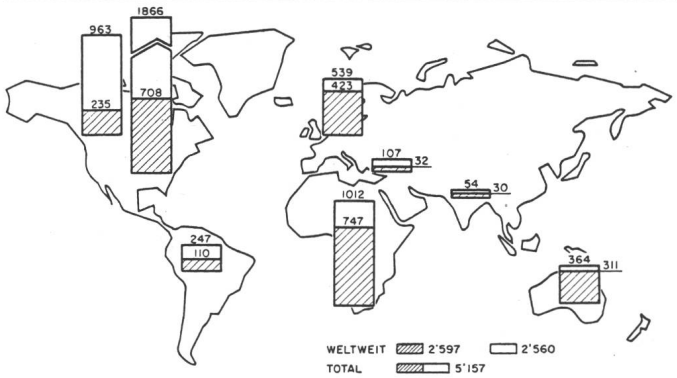

Fig. 2 Sicher gewinnbare und zusätzliche Uranvorräte der Welt
in 10^3 Tonnen U_3O_8 (ohne Ostblockländer und VR China)

Sicher gewinnbare Reserven
Zusätzliche Ressourcen
(Gewinnungskosten bis zu \$ 130/kg U_3O_8)

34000 Tonnen und erreichte im Jahre 1979 ungefähr 39000 Tonnen. Im Jahre 1985 könnte diese Produktion auf voraussichtlich 90000 Tonnen ansteigen und im Jahre 1990 auf 110000 Tonnen. Auf jeden Fall sollte – angesichts der weltweiten Verlangsamung der nuklearen Bauprogramme – die Uranproduktion die Nachfrage bis Ende der neunziger Jahre decken können. Auf längere Sicht wird das Verhältnis von Angebot und Nachfrage bis zu einem gewissen Grade von der Einführung neuer Technologien wie dem Schnellen Brüter oder durch das Recycling von Uran und Plutonium in Leichtwasserreaktoren bestimmt. Ein weiterer Anstieg der Energiepreise würde aber auch die Ausbeutung von Uranvorkommen wirtschaftlich machen, die heute in den Reservezahlen noch nicht enthalten sind.

4. Kernenergieentwicklung (Fig. 3)

In den letzten drei Jahren seit 1977 sind weltweit 34 Kernkraftwerke in Betrieb genommen worden mit einer gesamthaften Leistung von 28,5 GWe, wodurch das Total der installierten Leistung auf 122 GWe angestiegen ist (ohne Ostblockländer). Der Wachstumsrhythmus hat sich allerdings stark verlangsamt, hauptsächlich wegen der wachsenden Opposition eines Teils der öffentlichen Meinung in den USA und in einzelnen westeuropäischen Ländern. Frankreich und die UdSSR treiben ehrgeizige nukleare Bauprogramme voran, in etwas geringerem Masse ist dies auch in Grossbritannien, Japan und Kanada der Fall. Verschiedene Abstimmungsresultate weisen darauf hin, dass der Scheitelpunkt der Antiatomwelle in den westlichen Industrieländern überschritten sein könnte. Die Weltenergiekonferenz hat in ihrer Schlussresolution eindeutig festgestellt, dass der Einsatz der Kernenergie unentbehrlich ist, um längerfristig das Energieproblem lösen zu können. Die Kernkraft ist die logische Substitutionsenergie für die industrialisierten Länder. Dadurch sollte es den Entwicklungsländern möglich sein, vermehrt Erdölprodukte einzusetzen. Deren Technologie ist ihnen leichter zugänglich. Diese Forderung ist in München auch von den Vertretern der Entwicklungsländer unterstützt worden.

5. Brutreaktoren

Die Generation der Leichtwasserreaktoren kann längerfristig durch die Brutreaktoren ergänzt werden. Die entsprechenden Sicherheitsprobleme sind heute beherrschbar, wie dies die ausgezeichneten Betriebsergebnisse des französischen

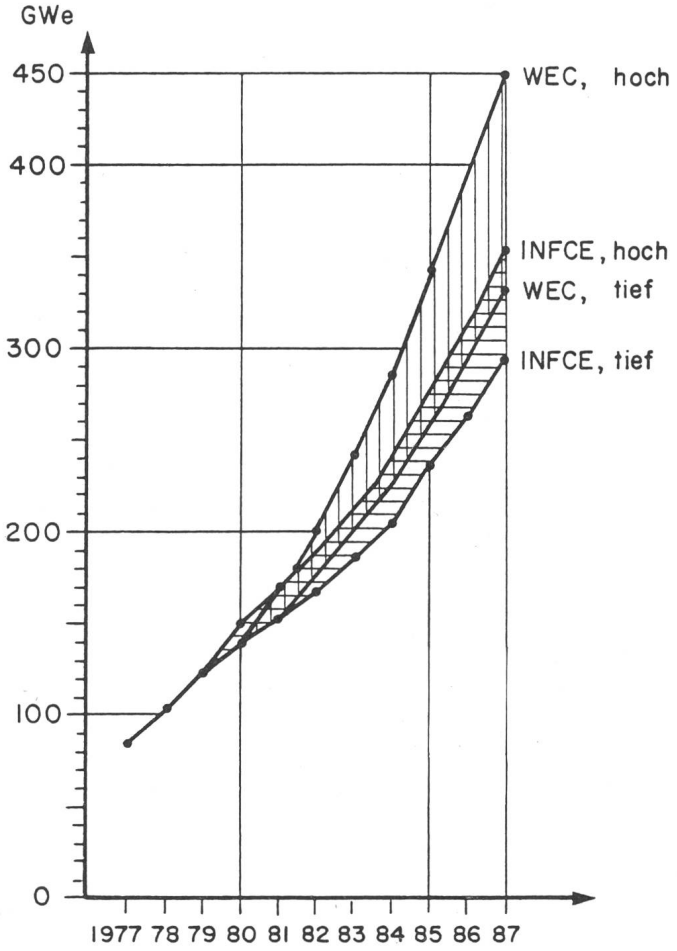

Fig. 3 Prognostizierte Kernenergiekapazität
(OECD-Länder)

Schnellen Brüters «Phénix» beweisen. Der Bau von Brutreaktoren würde die verfügbaren Brennstoffreserven um einen Faktor 60 vergrössern, wodurch die Kernenergie weitgehend von der Hypothek der Erschöpfbarkeit der Uranreserven entlastet würde.

Die von den USA veranlasste INFCE-Studie (International Nuclear Fuel Cycle Evaluation) hat sich während zweier Jahre mit den allfälligen Problemen in bezug auf die Nonproliferation beschäftigt, die der nukleare Brennstoffzyklus und die Einführung von Brutreaktoren darstellen könnten. Sie kam dabei fast einmütig zur Schlussfolgerung, dass die Risiken in bezug auf Nonproliferation an einem andern Ort liegen und dass der Einsatz von Schnellen Brütern diesbezüglich nicht mehr Risiken beinhaltet als ein Verzicht auf diese Technologie.

6. Entsorgung

Das wichtigste derzeit noch nicht gelöste Problem der Kernenergietechnik liegt auf dem Gebiet der Entsorgung; diese bildet auch gegenwärtig das Hauptargument der Kernkraftgegner. In verschiedenen Ländern sind Forschungs- und Versuchsprogramme zur Lösung der mit der sicheren Lagerung der Abfälle zusammenhängenden Fragen im Gange. Die bisherigen Resultate zeigen, dass die technischen Verfahren vorhanden sind, dass aber die notwendigen geologischen Untersuchungen erst begonnen haben und noch einige Zeit in Anspruch nehmen dürften. Die Fachleuchte sind überzeugt, dass eine oder sogar mehrere Lösungen technisch realisierbar sind. Ihre Verwirklichung kann in den nächsten Jahren in Angriff genommen werden.

7. Internationaler Elektrizitätsaustausch

Der grenzüberschreitende Austausch elektrischer Energie hat sich zwischen den Staaten Westeuropas seit Jahren im Rahmen der UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité) bewährt. An der Weltenergiekonferenz wurde in mehreren Beiträgen von der UdSSR das Angebot gemacht, das europäische Verbundnetz auch auf die Warschaupaktstaaten auszudehnen. Ihre konkreten Vorschläge betreffen einerseits einen Energieaustausch, wie er sich bereits innerhalb der UCPTE abspielt, vor allem aber das Angebot bedeutender Stromlieferungen aus der UdSSR nach Westeuropa. Während die Ausdehnung des Verbundnetzes diskutiert und ihre technischen und finanziellen Aspekte geprüft werden können, würde der Abschluss von Stromlieferkontrakten mit der UdSSR eine erhöhte Abhängigkeit Westeuropas zur Folge haben, und dies auf einem Produktionssektor, in dem Westeuropa bisher eine bemerkenswerte Autonomie bewahren konnte. Die politischen Hypotheken, die sich aus solchen Lieferkontrakten ergäben, sind offensichtlich und brauchen nicht besonders kommentiert zu werden.

8. Elektrizitätsanwendungen

In vielen Beiträgen, so auch in einem Beitrag der Unipede (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique) wurde auf die unbestrittenen Vorzüge der Elektrizität vor allem im Anwendungsbereich hingewiesen. Sie nimmt darum in vielen Ländern im Rahmen der Energieversorgung eine Vorzugsstellung ein. Ihre Vorteile sind: Flexibilität bei der Wahl der Primärenergie, erprobte Transport- und Verteilmöglichkeiten, vielseitige und bequeme Anwendungsmöglichkeiten und geringe Umweltbelastung beim Verbraucher. Die überall eingeleiteten Energiesparmassnahmen werden die Bedeutung der Elektrizität ebenfalls noch erhöhen. Die Elektrizitätserzeugung wird deshalb bei der zukünftigen Energieversorgung eine zunehmend wichtigere Rolle spielen, und ihre massvolle Entwicklung muss daher als eines der wichtigsten Elemente einer kohärenten Energiepolitik angesehen werden.

Adresse des Autors

H. von Schulthess, Präsident des VSE, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, Beatenplatz 2, 8023 Zürich.