

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 40

Artikel: Energiekrise - eine Folge der Geheimhaltung?: Zuschriften zum Beitrag in Heft 6, S. 134-135
Autor: Häfele, W. / Hintermann, K. / Hänni, H. / HKN
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72013>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

Einleitung

Zum im Titel genannten Beitrag des Verfasserkollektivs *HKN* (deren Identität der Redaktion bekannt ist) in der «Schweizerischen Bauzeitung» 91 (1973), H. 6, S. 134–135, haben wir einige Repliken erhalten, die sich insbesondere auf die falsche Zitierung von Prof. Dr. W. Häfele («atomwirtschaft» 17, 1972) beziehen. Diese Repliken veröffentlichen wir anschliessend im Wortlaut. Da die Gegensätze offenbar teilweise einer unterschiedlichen Interpretation gleicher oder ähnlicher Gegebenheiten bzw. Hypothesen zuzuschreiben sind, haben wir die Verfasser des angefochtenen Beitrages aufgefordert, ihre Überlegungen ebenfalls bekanntzugeben.

Die Redaktion der «Schweiz. Bauzeitung» massiert sich nicht an, auf diesem oder auf irgendeinem anderen Gebiet spezialisiert zu sein. Sie kann nicht beurteilen, ob die abbaubaren Uran- und Thoriumvorräte der Erde für Millionen von Jahren (Häfele) oder nur bis zum Jahre 2050 (HKN) ausreichen. Sie ist aber verpflichtet, die Leserschaft sachlich zu informieren. Im fraglichen Beitrag war leider nicht zu ersehen, dass es sich beim angefochtenen Zitat um eine Interpretation handelte, für die allein HKN und nicht Prof. Häfele zeichnete, was wir bedauern.

Im übrigen vertreten wir die Meinung, dass angesichts der absehbaren weltweiten Energiekrise (Erschöpfung von fossilen Energieträgern, verspätete Bereitstellung von Energieerzeugungsanlagen) unsere Gesellschaft verpflichtet ist, den Forschern Gelegenheit zu geben, jede nur denkbare Möglichkeit eingehend zu untersuchen, wie die sich abzeichnende Energieknappheit im weitesten Sinn, d.h. auch unter Berücksichtigung ökologischer Faktoren, gelindert werden kann.

Denn nicht nur unsere technisierte Lebensweise ist ohne Energie nicht denkbar, sondern auch Entwicklungshilfe und Umweltschutz sind ohne sie nicht zu verwirklichen. Dies sind summarisch die Gründe, die uns bewogen haben, den Beitrag von HKN zu veröffentlichen.

Wir bedauern es zutiefst, wenn die darin enthaltenen Ausführungen – die sich ausschliesslich auf Zukunftsmöglichkeiten bezogen – in die Kontroverse «Atomenergie heute, ja oder nein» einbezogen wurden (Zuschriften an Tageszeitungen), denn damit haben sie wahrlich nichts zu tun. Es kann nämlich niemandem einfallen, heute eine Energieerzeugungsanlage zur Deckung des Bedarfs von 1978–80 in Auftrag zu geben, von der man noch nicht weiss, ob deren Entwicklung noch 10, 20 oder 50 Jahre in Anspruch nehmen wird. Allein die Bauzeit für eine bereits bewährte Anlage beträgt doch etwa 5 Jahre!

Red.

*

Von dritter Seite werde ich auf Ihren Beitrag: «Energiekrise – eine Folge missbrauchter Geheimhaltung?» aufmerksam gemacht. Dort wird im ersten Absatz behauptet, ich hätte in einer Arbeit, die in der «atomwirtschaft» erschienen ist, ausgeführt, auch mit den effizientesten schnellen Brutreaktoren würden die verfügbaren Uranreserven nur bis zum Jahre 2050 reichen. Das Gegenteil ist der Fall: Ich habe in diesem Artikel darauf hingewiesen, dass die schon heute in der technischen Verwirklichung befindlichen schnellen Brüter für fast unendlich grosse Zeiträume, praktisch jedoch für Millionen von Jahren, Energie zur Verfügung zu stellen in der Lage sind. Die Direktheit der falschen Wiedergabe macht mich erschrecken.

Der Artikel fährt fort und wird zu einer Laudatio auf den Fusionsreaktor. Auch sonst findet man im Augenblick eine

ganze Reihe von Publikationen ähnlichen Tenors. Dabei werden hauptsächlich drei Argumente gebracht. Es sind das die folgenden:

1. Nur der Fusionsreaktor liefert unendlich viel Energie

Diese Behauptung trifft nicht zu. Der heute allein in Rede stehende Fusionsreaktor arbeitet mit dem D-T-Prozess, dabei ist dann Lithium der begrenzende Brennstoffteil. Die in der Natur vorkommenden Lithiumanteile entsprechen bezüglich ihres Energieinhaltes ziemlich genau dem Energieinhalt der natürlichen Uran- und Thoriumvorkommen. Beide Vorkommen, die für Spaltbrüter und die für Fusionsreaktoren, reichen für viele Millionen Jahre oder mehr.

2. Der Fusionsreaktor ist «sauber»

Aus der Tatsache, dass der Elementarprozess der Fusion lediglich Neutronen, aber nicht wie bei der Spaltung radioaktive Elemente freisetzt, wird häufig geschlossen, dass die Fusion «sauber» sei. Tatsächlich müssen aber pro zu erzeugender Energieeinheit fünfmal mehr Neutronen erzeugt werden, als dies beim Spaltreaktor der Fall ist. Jedes dieser Neutronen ist siebenmal so energiereich. Diese grosse Zahl energiereicher Neutronen führt zu erheblichen Aktivierungen und damit zu entsprechenden Inventaren an Radioaktivität. Im Falle eines Fusionsreaktors mit Niob als Strukturmaterial, wie es heute in Rede steht, führt das zu Radioaktivitätsmengen, die ziemlich genau denen eines Spaltreaktors entsprechen. Auch von daher, und das heisst im besonderen auch im Hinblick auf das Abfallproblem, hat der Fusionsreaktor kaum qualitative Vorteile.

Das gilt auch für den normalen Betriebszustand und die damit verbundenen Freisetzungsraten, denn das Tritiuminventar der Fusionsreaktoren bietet ähnliche Probleme technischer Art, wie das beim Spaltreaktor der Fall ist.

3. Es wird auf das Problem der illegalen Entwendung von Plutonium hingewiesen

Dabei wird allerdings fast nie auf den Atomsperrvertrag und die damit verbundenen Überwachungsmassnahmen der IAEA und EURATOM hingewiesen, die das Problem sehr weitgehend entschärfen. Weiter wird nicht darauf verwiesen, dass Tritium für illegale Entwendungen interessant werden kann, wenn der Fusionsreaktor erst einmal geht. Das gilt vor allem für einen Laser-Fusionsreaktor, der von vorneherein mit dem Prinzip der Explosionen arbeitet.

Die hier von mir in aller Kürze angesprochenen Problemkreise sind bei näherem Hinsehen sehr komplex, und man hat sehr ins Detail zu gehen, bevor man allgemeine Feststellungen treffen kann. Meistens ist das überhaupt nicht möglich. Ich möchte Sie deshalb davon unterrichten, dass sich ein ausführlicherer Artikel in der Veröffentlichung befindet, in dem Prof. Starr (Universität von Kalifornien, Los Angeles) und ich diese Probleme ausführlicher behandeln.

An dieser Stelle möchte ich aber noch den folgenden Gedankengang erläutern. Eine Reaktorentwicklung (Spalt- oder Fusionsreaktor) hat drei Schwellen zu passieren, bevor sie wirklich als erfolgreich betrachtet werden kann:

1. Die Schwelle der physikalisch-wissenschaftlichen Durchführbarkeit
2. die Schwelle der technisch-industriellen Durchführbarkeit
3. die Schwelle der wirtschaftlich-kommerziellen Durchführbarkeit.

Der schnelle Brutreaktor passiert soeben die zweite Schwelle, und bis zum Ende der siebziger Jahre soll auch die

dritte Schwelle passiert sein. Die erste Schwelle wurde bereits vor mehr als zwanzig Jahren passiert. Zwanzig Jahre und mehr waren erforderlich, um den Schritt von 1. nach 2. zu tun.

Der Fusionsreaktor steht noch deutlich vor der Überwindung der ersten Schwelle. Wenn diese Schwelle überwunden sein wird (das ist keineswegs gesichert), beginnen die schweren technischen Probleme mit all ihren Einzelheiten. Kommt der Fusionsreaktor zum Laufen, so wird er etwa das leisten, was heute schon der schnelle Brüter kann. Im Hinblick auf die Bedeutung einer langfristigen Versorgung mit Energie halte ich es aber für richtig, die Entwicklung des Fusionsreaktors in etwa dem heutigen Umfang als «back up»-Lösung zum schnellen Brüter zu verfolgen.

Ich würde es für angemessen ansehen, wenn in Ihrer Zeitschrift eine Korrektur erfolgen würde.

Prof. Dr. W. Häfele, Karlsruhe

*

Im genannten Beitrag wird eine Schrift von Prof. W. Häfele in «atomwirtschaft» 17, 1972, zitiert und behauptet, dass nach ihm alles abbauwürdige Uran und Thorium – selbst wenn man es in den effizientesten Brutreaktoren verbrüten würde – nur bis etwa zum Jahre 2050 reichen würde.

In der Beilage sende ich Ihnen eine Kopie des Artikels aus «atomwirtschaft». Sie können daraus ersehen, dass dort das Gegenteil steht.

Ich bin selbst Mitglied des SIA, und es ist mir an einer seriösen Berichterstattung der «Schweizerischen Bauzeitung» sehr gelegen. Ich bitte Sie daher dringend, diese Angelegenheit richtigzustellen.

Übrigens scheint an derselben Stelle in der Angabe des prognostizierten jährlichen Energieverbrauches der Bauzeitung ein Druckfehler unterlaufen zu sein, indem anstelle von $2,8 \cdot 10^{22}$ MWh die Zahl $2,8 \cdot 10^{12}$ MWh stehen sollte¹⁾.

Prof. Dr. K. Hintermann, HTL Brugg-Windisch

*

In der Einleitung wird der Aufsatz von W. Häfele, «Entwicklungstendenzen bei schnellen Brutreaktoren», «atomwirtschaft», Juli 1972, S. 384, zitiert, welcher beweisen soll, dass mit den Brütern bis zum Jahre 2050 alles abbauwürdige Uran und Thorium aufgebraucht sei. Liest man nun den Text von W. Häfele sorgfältig durch, so kommt man zu ganz anderen Schlüssen. Bis zum Jahre 2050 würden etwa 185 Q-Einheiten²⁾ verbraucht. Mit heutigen Methoden sind etwa 500 Q-Einheiten wirtschaftlich abbauwürdig. Die obere Grenze der Vorräte beträgt aber 5×10^{10} Q. In 80 Jahren sind bestimmt technische Methoden vorhanden, die Grössenordnungen mehr als 500 Q abbauwürdig machen. Die Prognose beruht auf einer Weltbevölkerung von 20 Milliarden im Jahre 2050. Ähnliche günstige Verhältnisse liegen bei der Ausnützung der Fusion auf (D-T)-Basis vor. Es wird hier wie dort ein unermessliches Reservoir an Energie vorliegen. Ob auch MIFU- oder MIFI-Reaktoren zur Anwendung kommen, wird die Zukunft zeigen.

Aus ökologischen Gründen wird es nicht möglich sein, die oberen Grenzen von 5×10^{10} Q auszunützen (Abraum-

1) Dies stimmt, die Zahl muss $2,8 \cdot 10^{12}$ MWh lauten; es handelte sich um einen Druckfehler (Red.)

2) 1Q = 10^{21} Joule

halden). Die obere Grenze wird etwa beim Wert 10^6 Q liegen, welcher von J. L. Tuck, Los Alamos, angegeben wird. Damit wäre eine Energieversorgung für einige Millionen Jahre gesichert. Andere vielversprechende Energieerzeugungskonzepte wie Kernfusion, Laser-Fission oder Laser-Kernfusion, Sonnenenergie, Erdwärme u. a. würden diese Zeitspanne noch vergrössern. Meiner Ansicht nach ist es nicht zulässig, dass die Autoren HKN die Zahlen von 500 Q (für Uran und Thorium) und 670 Q (für D-T mit Lithium als Tritiumquelle) als obere Grenzwerte betrachten, jedenfalls war dies nicht die Meinung von Prof. W. Häfele. Aber auch bei dieser Annahme wäre das Jahr 2050 noch längst nicht der Anfang des Energieversorgungskollapses. Dies gilt im wesentlichen für die Elektrizitätserzeugung. Wie es für die Benzin- und Dieselmotoren und für die Ölheizung aussehen wird, die ein Mehrfaches des Energieverbrauches gegenüber der Elektrizitätsversorgung ausmachen, ist eine andere Frage. Der Berichterstatter sieht eher hier eine Krise herankommen, auch im Hinblick auf die Umweltgefährdung.

Jedenfalls ist es völlig verfehlt, aus dem Artikel von W. Häfele heraus eine Energiekrise im Jahre 2050 abzuleiten. Zeigen sich aber noch bessere wirtschaftlichere und gleichzeitig umweltfreundlichere Methoden zur Energiegewinnung, so setzen sie sich von selbst durch. Keine Geheimhaltung könnte sie auf die Dauer der Öffentlichkeit entziehen.

Dr. H. Hänni, Hettlingen

*

Wir sind den Leserbriefautoren sowie insbesondere der Redaktion der SBZ dankbar für die Gelegenheit, detaillierter zu den aufgeworfenen Problemen Stellung nehmen und damit vielleicht zur Verständlicherwerdung komplexer Zusammenhänge auf dem Energiesektor beitragen zu können. In diesem Sinne möchten wir es dem Leser überlassen, nicht nur die erhobenen, z. T. schwerwiegenden Vorwürfe auf dem Hintergrund der nachfolgend wiedergegebenen Literaturstellen und von uns berücksichtigten Faktoren zu überprüfen und ins richtige Licht zu rücken, sondern sich vor allem über die dadurch zunächst vernebelt gewordenen, tieferliegenden Probleme Gedanken zu machen.

In «atomwirtschaft» 17, 1972, S. 384, schreibt der Leiter des DeBenelux-Projekts SNR-300 Schneller Brüter, der Karlsruher Professor Dr. W. Häfele:

«Der jährliche Energieverbrauch der Welt stellt sich folgendermassen dar:

1960	≅	0,2 Q/a
2000	≅	1 Q/a
2050	≅	5–10 Q/a

Die fossilen Reserven liegen bei etwa 80–100 Q. Man hat sich dabei vor Augen zu halten, welche Umwelt und Landschaft beeinflussende Konsequenzen es hat, wenn fossile Brennstoffe niederen Heizwertes und schwerer Zugänglichkeit zur Verbrennung gebracht werden (Abraumhalden).

Bei Uran- und Thoriumreserven setzen wir $1 \text{ MWd} \approx 1 \text{ g}$. Man hat im Mittel 2 g Uran/t Erdkruste (2 ppm) in der 16 km dicken äussersten Schicht der Erde.

Bei Einsatz von Brutreaktoren, die allein von der Energiebilanz her die Verhüttung solcher Vorkommen erschliessen, ergibt sich als obere Grenze für die Vorräte: $5 \cdot 10^{10}$ Q, die unter heutigen Umständen wirtschaftlich abbaubaren sicheren Uran- und Thoriumreserven machen etwa 500 Q aus.

Bei der Fusion wird hier davon ausgegangen, dass sie eines Tages auf D-T-Basis erfolgen kann. Dann ist Li die Quelle für Tritium. Geht man davon aus, dass nur der Li-6-Anteil durch Neutroneneinfang durch Spaltung zu Tritium führt, so hat man den Weltvorrat an Li abzuschätzen. Mit einem für die Fusion

geltenden Energieäquivalent $3,6 \text{ MWd} \approx 1 \text{ g Li}$ und etwa 5 ppm Lithium in der Erdkruste führt das auf eine obere Grenze von etwa $6 \cdot 10^{10} \text{ Q}$. Auch eine Verwendung des Li-7 führt nur auf Faktoren, nicht auf Größenordnungen. Die unter *heutigen* Umständen wirtschaftlich abbaubaren Lithiumreserven würden etwa ausmachen: 670 Q .

Die Größenordnungen für die oberen Grenzen der Vorräte für Uran – Thorium auf der einen Seite und Lithium auf der anderen Seite sind aber gleich und grösser als eine sinnvollerweise zu verplanende Zahl.»

Der an der Rensselaer Technical University, Hartford, USA, lehrende Professor Dr. H. Hora, Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, München, sah sich in seiner nachfolgend wiedergegebenen Leseart der Darstellungen Häfeles u.a. durch die Aussagen von Prof. Dr. Edward Teller, Berkeley, USA, bestätigt, der anlässlich eines Vortrages in München im Oktober 1972 den Zeitpunkt der notwendig gewordenen Unabhängigkeit von sowohl spaltbarem Material als auch vom Tritium ebenfalls in das nächste Jahrhundert hineinprojizierte und den lasergetriebenen Kernfusionsreaktor als den gegenwärtig aussichtsreichsten Beitrag zur Lösung des dannzumaligen Energieproblems auf Kernenergiebasis bezeichnete. In diesem Zusammenhang veröffentlichte Hora unter dem Titel «Fortschritte in der Kernfusion mit Lasern» in der Zeitschrift «Laser+Elektro-Optik» 4 (1972), S. 7, folgende, bei (*) sich auf Häfeles obige Publikation beziehende Aussage:

«...der Laserreaktor [könnte] wenigstens prinzipiell die Energiekrise des nächsten Jahrhunderts überwinden..., da er einen Fusionsreaktor auf reiner Deuteriumsbasis (D-D) gestattet... Dagegen ist ein Magnetfeldeinschluss wegen der dann immer zu grossen Zyklotronstrahlung prinzipiell nicht möglich. Die Krise würde dadurch entstehen, dass man bei einem geschätzten jährlichen Energieverbrauch (*) von 10^{22} J für das Jahr 2050 alle abbauwürdigen Uran- und Thoriumlager innerhalb von 5 Jahrzehnten total verbrühen würde. Der ohne Magnetfeld und somit ohne Zyklotronstrahlung arbeitende D-D-Laserreaktor könnte dann ein Ausweg sein, da die Gewinnung des nahezu unerschöpflichen Deuteriums aus dem schweren Wasser kein Abbauprobblem darstellt.»

Im Nachrichten-Bulletin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vom Oktober 1972, DPG-Nachr. Nr. 10, S. 107, wird unter dem Titel «Energievorräte für Spalt- und Fusionsreaktoren» Häfeles Aufsatz im bewussten Punkt wie folgt zusammengefasst:

«Die abbauwürdigen fossilen Brennstoffreserven liegen bei 50 bis 100 Q ; die Reserven an U und Th bei etwa $5 \times 10^{10} \text{ Q}$, wovon nur etwa 500 Q wirtschaftlich abzubauen seien.»

Last, but not least schrieb Prof. Dr. J.L. Tuck, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, USA, in «Nature» 233, October 29, 1971, S. 593, unter dem Titel «Outlook for Controlled Fusion Power» die folgenden Zeilen:

«The fuel used in fission reactors at present is obtained from rich ores... for which the reserve is small – a hundred years at most [emphasis added, HKN]. But for weak ores (containing $\sim 10 \text{ p.p.m.}$ of UO_2), which would be uneconomic to extract at the present time, the reserve is large. This, using the customary energy unit Q ($= 10^{18} \text{ BTU} = 10^{21} \text{ J}$), the reserve at the 10 p.p.m. level will be about 10^6 Q if the uranium is used efficiently in breeder fission reactors.»

In unseren Überlegungen gingen wir davon aus, dass die Umweltschutzbemühungen weltweit sowohl quantitativ als auch qualitativ über Jahrzehnte hinaus stark zunehmen, ihrerseits aber den Energiehaushalt stark belasten, und, zusammen mit anderen anstehenden Erfordernissen, die Energienachfrage zumindest nicht oder nicht erheblich unter die prognostizierten Daten fallen lassen werden. Dabei glaubten wir, die sich abzeichnenden Trends wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Natur dahingehend interpretieren zu sollen, dass der Abbau niedriggradiger Ausgangsmaterialien zusehends problematischer wird. In Befolgung des Rates von Häfele haben wir uns sodann vor Augen gehalten, welche Umwelt und Landschaft beeinflussende Konsequenzen es hat, wenn niedriggradige Ausgangsmaterialien bei schwerer Zugänglichkeit – bis durchschnittlich einige hundert Meter Tiefe bei Tuck; bis 16 km unter Erd- bzw. Meeresoberfläche (sic!) bei Häfele – zur Aufbereitung und «Verheizung» gebracht werden (Abraumhalden). So sahen auch wir uns auf dem Hintergrund sich entwickelnder Umgewichtungen gesellschaftlicher, ökonomischer und politischer Wertstrukturen und Prioritäten veranlasst, das *jetzt* als *wirtschaftlich* abbaubar Erkannte vom – auch *nichtwirtschaftliche* Faktoren berücksichtigenden – *jetzt und voraussichtlich* dann *Abbauwürdigen* auseinanderzuhalten und gar die für die einen als gesichert geltenden Reserven von 500 bzw. 670 Q als eher ungesicherte, obere Grenze zu betrachten (die Erörterung dieser Umstände hätte in unserem Aufsatz mehr Raum erfordert – und vielleicht verdient).

Auf dem Hintergrund der angeführten Literatur erscheint es demnach zumindest nicht zwingend, den zitierten Ausführungen Häfeles glaubwürdig entnehmen zu müssen, «dass durch die Bruteigenschaften des schnellen Brütters praktisch unbegrenzte Uranvorräte erschlossen werden und dass dadurch praktisch für undenkbar lange Zeiten auch bei einer auf vielleicht 20 Mrd Menschen gestiegenen Weltbevölkerung umweltfreundlich genügend Energie bereitgestellt werden kann» (Häfele, ibidem). Wir sind deshalb von den in der Literatur nicht weiter angefochtenen Zahlen Häfeles ausgegangen, haben diese unter den uns relevant erscheinenden Blickwinkeln interpretiert und können nun feststellen, dass dieselben Zahlen mehreren Autoren zu Schlussfolgerungen Anlass gegeben haben, die, verglichen mit denjenigen Häfeles, den unsrigen etwas näher zu liegen scheinen. Sollten damit auch wir – selbstredend ungewollt – Prof. Häfele nicht ganz gerecht geworden sein, müssten wir dies vor allem der Sache wegen bedauern. Denn auch uns liegt daran, die die zukünftige Energielage bestimmenden Faktoren nicht zugunsten des einen oder anderen Projekts zu modulieren. In gemeinsam verstandener Sorge um eine massgeblich durch Energieprobleme gefährdet scheinende Verwirklichung menschlicher und gesellschaftlicher Aspirationen suchen auch wir vielmehr diese Faktoren und die damit verbundenen *opportunity costs* und *opportunity benefits* von der naturwissenschaftlichen Perspektive her und in ihrer polito-ökonomischen Relevanz und zukünftigen Bedeutung zu erkennen und gebührend berücksichtigt zu wissen. In diesem Sinne, und ohne dabei in die Diskussion für oder wider die Entwicklung oder Ausführung dieses oder jenes oder aller gegenwärtigen Atomkraftwerkprojekte eingreifen zu wollen, sei in einem zweiten Teil unserer Erwiderung auch auf die weiteren von Häfele und Hänni aufgeworfenen Fragen eingegangen.

HKN