

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 55 (1964)
Heft: 14

Artikel: Einführung zur Arbeitssitzung des Studienkomitees für Kernenergie
Autor: Ailleret, Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916741>

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: 17.02.2026

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

zu können, was im gemeinsamen Interesse unserer Ofenbesitzer, Ofenbauer und Energielieferanten liegen dürfte, werden diese Kreise eingeladen, zum vorliegenden Bericht schriftlich Stellung zu nehmen.

Die Schweiz. Kommission für Elektrowärme hofft, durch dieses Zusammenspannen aller Anstrengungen ihren Beitrag zur Lösung des Problems der Netzstörungen durch Lichtbogenöfen leisten zu können.

12. Literaturverzeichnis (Nachtrag)

Berichte an den V. Intern. Elektrowärme-Kongress Wiesbaden 1963.
[] Nummer des Berichtes

- [148 - G] G. Hennicke: Generalbericht: Lichtbogen-Stahlschmelzöfen. Durch den Ofenbetrieb verursachte Netzstörungen.
- [141] H. J. Sheppard and E. R. Freeman: Electricity supply and control for large arc furnaces.
- [142] S. Hazumi and M. Yoshino: Reduction of Current Fluctuations and Efficiency Improvements by Power Saturable Reactor in Steel Melting Arc Furnace Operation.
- [143] T. Zinguzi: Problems of Lamp Flicker caused by large Electric Arc Furnaces for Steel Production in Japan.
- [144] V. Lanner und P. E. Torseke: Das Betriebsverhalten von Lichtbogen-Stahlschmelzöfen und ihr Einfluss auf Drehstrom-Hochspannungsnetze.
- [145] R. Keller: Massnahmen zur Verringerung der von Lichtbogenöfen bewirkten Spannungsschwankungen.
- [146] P. Senn, J. Lemmenmeier, A. Schlaepfer und H. P. Utz: Beitrag zum Problem der Rückwirkungen von Lichtbogenöfen auf die Betriebsverhältnisse der Verteilnetze.

- [147] L. Werner: Untersuchungen über resultierende Spannungsschwankungen durch gleichzeitigen Betrieb mehrerer Lichtbogenöfen, welche am gleichen Netzknoten angeschlossen sind.
- [118 - G] M. C. Barbazanges: Generalbericht: Fours de fusion d'acier à arcs.
- [112] F. Harms: Der heutige Stand der Stahlerzeugung im Elektro-Lichtbogenofen.
- [113] F. S. Leigh and P. R. Harrison: Recent developments and investigations in arc furnaces.
- [114] H. Lünig: Beeinflussung der Ausmauerungshaltbarkeit von Lichtbogen-Stahlschmelzöfen durch die Wahl von Ofenstrom und Ofenspannung.
- [115] N. Hermont: Usure dissymétrique du garnissage des fours à arcs. Etude de ses causes et solution proposée.
- [116] R. Rova: Une application de condensateurs en série sur des lignes destinées à l'alimentation des fours à arcs.
- [128 - G] J. Borstner: Generalbericht: Lichtbogen-Stahlschmelzöfen-Betriebserfahrungen.
- [123] W. E. Schwabe: Principles of high-production electric steel furnace operation.
- [127] B. Marincek: Beitrag zur Wärmewirtschaft des Elektrolichtbogenofens.
- [136] J. Schiffarth: Ein Beitrag zur Bekämpfung der scharfen Phase bei Lichtbogenöfen unter Berücksichtigung der nicht sinusförmigen Lichtbogen-Spannung.
- [132] A. Driller und O. Zander: Neuerungen auf dem Gebiete grosser Lichtbogen-Stahlöfen und der Elektrodenregulierung.

Adresse des Autors:

P. Senn, Prokurist, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden.

Adresse der SKEW:

Schweiz. Kommission für Elektrowärme, c/o Elektrowirtschaft, Bahnhofplatz 9, Zürich.

Einführung zur Arbeitssitzung des Studienkomitees für Kernenergie¹⁾

von Pierre Ailleret, Paris

Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Kernkraftwerken

Die Verbilligung von Kernenergieanlagen lässt den Schluss zu, dass es nur noch einige wenige Jahre dauern kann, bis diese Anlagen mit den konventionellen thermischen Kraftwerken in Konkurrenz treten können. Einige mehrfach gehörte, verfrühte Äusserungen haben in weiten Kreisen eine Reaktion entstehen lassen, die etwa durch den Satz: «Morgen rasiert man gratis» gekennzeichnet werden kann. Es wäre ein Irrtum, bei dieser Reaktion zu verbleiben; im Augenblick ist es aber klar, dass der Preis der Atomkraftwerke weiterhin schneller absinkt als der Preis der klassischen Kraftwerke.

Grösse der Kraftwerkseinheiten

Obige Schlussfolgerung muss aber, je nach der Grösse der betrachteten Kraftwerkseinheiten, ein wenig nuanciert werden. Es steht fest, dass die Abnahme des spezifischen Preises, in Funktion der Abmessungen der Einheiten, bei den Atomkraftwerken viel stärker ist als bei den klassischen Werken.

Die Wettbewerbsfähigkeit scheint in nächster Zeit allerdings nur für Kraftwerkseinheiten von 400...600 MWe erreichbar zu sein; für Einheiten in der Grösse von 200...300 MWe ist sie nicht gesichert und vorerst nicht möglich.

In jenen Gebieten, in denen die Verbrauchsdichte einen genügend grossen Wert erreicht und grosse Kraftwerke auf kurze Distanzen sowohl den nötigen Absatz als auch die Verbindungen mit ähnlichen Kraftwerken vorfinden (im Hinblick auf gegenseitige Hilfe), werden die Kernkraftwerke bald wirtschaftlich eingesetzt werden können.

¹⁾ Dieser Bericht wurde anlässlich des vom 23. bis 30. Juni 1964 in Skandinavien abgehaltenen Kongresses der UNIPÉDE (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique) vorgelegt.

Die Grösse des Landes und der Produktions- und Verteilanlagen ist neben der Verbrauchsdichte nur von zweitrangiger Bedeutung, da sich die Elektrizitätswerke, unter Zuhilfenahme geeigneter Verträge, schon lange an die materiellen Vorteile, die sich aus dem Verbundbetrieb ergeben, gewöhnt haben. Die üblichen Abmachungen der zusammenarbeitenden Elektrizitätswerke, die Verträge über zeitweise Abtretung von Leistung und ähnliche Übereinkünfte können durch Bestimmungen über die gegenseitige Unterstützung im Falle von Störungen bei den grossen Einheiten ergänzt werden.

Wenn aber die Verbrauchsdichten gering sind, würde die gegenseitige Hilfe unter den grösseren Kraftwerken eine Verstärkung der Übertragungsnetze voraussetzen; diese Verstärkung würde aber die Rentabilität der Produktion in Frage stellen. Aus diesem Grunde werden Gegenden mit geringer Verbrauchsdichte länger warten müssen, bis Atomkraftwerke für sie rentabel werden.

Für die Gebiete mit schwacher Verbrauchsdichte eignen sich, wie es bei dem jetzt voraussehbaren Stande der Technik scheint, Kernkraftwerke weniger; diese Bereiche werden nur indirekt von der Entwicklung der Kernenergie in den Ländern mit stärkerer Verbrauchsdichte Nutzen ziehen, weil die klassischen Kraftwerke, die in diesen Ländern durch Atomkraftwerke ersetzt wurden, den Markt der fossilen Brennstoffe nicht mehr stark beanspruchen.

Konkurrenz zwischen den Reaktortypen

Der Wettbewerb zwischen den konkurrierenden Reaktorsystemen ist immer noch nicht abgeschlossen. Nur zwei Systeme haben eine hohe Stufe der Entwicklung erreicht:

- der graphitmoderierte Natururan-Reaktor; nach diesem System sind heute Kraftwerke mit total etwa 5000 MW in Betrieb gekommen, oder soweit in Bau, dass die volle Leistung vor Ende 1968 erreicht sein wird.
- der wassermoderierte Reaktor, der mit angereichertem Uran betrieben wird; die nach diesem System arbeitenden, heute in Betrieb oder in Bau befindlichen Kraftwerke, erreichen eine Leistung von rund 4000 MW.

Ungefähr die Hälfte dieser Reaktoren entfällt auf die Ausführung mit Druckwasser, die nach dem Erfolg mit Unterseebooten als erste weiter entwickelt wurde; die andere Hälfte gehört zur Siedewasser-Variante, die sich eher zur Erhöhung der Einheitsleistungen eignen dürfte.

Die andern Reaktortypen weisen kleinere Gesamtleistungen auf; auch wenn einige von ihnen als vielversprechend angesehen werden dürfen, so steht doch fest, dass die Zahl der Lösungen, die zu einem guten Resultat führen, beschränkt sein wird; es ist nicht einmal ganz ausgeschlossen, dass das Resultat gleich Null ist.

Selbst der durch organische Substanzen moderierte Reaktor, der offiziell als erprobt angesehen wurde, scheint heute in eine Sackgasse zu geraten.

Die Entwicklungskosten eines Reaktorsystems, welches die Ausgaben für den Prototyp und die Defizitsummen der ersten Einheiten umfassen, sind sehr hoch. Obwohl diese Ausgaben sich im allgemeinen nur langsam bemerkbar machen, werden sie doch wegen ihrer Grösse und kombiniert mit der Wahrscheinlichkeit auf einen Enderfolg, die Zahl der neuen Reaktorsysteme stark begrenzen.

Zwischen den beiden bis heute stark entwickelten Reaktorsystemen wird der Wettbewerb über den Gestehungspreis hinaus durch zwei wichtige Überlegungen beeinflusst werden:

- die relativ grössere Sicherheit der Versorgung mit natürlichem Uran und der zukünftigen Entwicklung seines Preises im Vergleich zu dem des angereicherten Urans.
- die Möglichkeit, dass das Plutonium, das in den Natururan-Reaktoren erzeugt wird, den Spaltprodukten einen gewissen Absatzwert verleiht; dieser Wert wird durch den Umstand erhellt, dass zum Start von Brutreaktoren beträchtliche Mengen Plutonium nötig sein werden. Die Brutreaktoren ihrerseits könnten in ca. 20 Jahren äusserst nötig werden, wenn die Tendenzen des Petrol- und des Natururan-Marktes sich in der Zwischenzeit umkehren sollten.

Unsicherheit der Preise

Man ist heute durch die für Atomenergie bekanntgegebenen Preise ziemlich verwirrt; diese Preise erscheinen ebenso unsicher wie sie schwer untereinander vergleichbar sind. Es scheint, dass diese Verwirrung der Geister drei verschiedene Betrachtungsweisen auf den Plan ruft:

1. Es ist sinnlos, einen Preis für die Ausrüstung einer Atomzentrale anzugeben, ohne zu präzisieren, was er alles umfasst an: Aushubarbeiten, Grundstückskosten, Ersatzteilen, Steuern, aufgelaufenen Zinsen, Kosten für die erste Brennstoffladung usw. Der Preis der kWh hat ferner nur eine Bedeutung, wenn er in Funktion des Preises der verbrauchten Uranmenge, des Zinsfusses der Investitionen usw. angegeben wird.

Unvollständige Informationen sind unbrauchbar.

2. Es bestehen noch gewichtige Unsicherheiten, die sich nur langsam mit der Zeit werden aufheben lassen:
 - Lebensdauer
 - Grösse der finanziellen Lasten, die sich aus Unterhalt und grossen Revisionen ergeben können.
 - Kosten der direkten Versicherungen gegen Atomunfälle; eventuell auch Kosten indirekter Versicherungen, z. B. wenn die Konstrukteure der Anlage eine Haftung übernehmen müssen, für die sie sich durch Versicherungen decken, deren finanzielle Ansprüche sich auch auf den Energie-Produzenten auswirken könnten.
 - Kosten infolge der mehr oder weniger umfangreichen Vorschriften, die aus gesundheits- oder sicherheitstechnischen Gründen erlassen werden könnten.
 - Lastfaktor (oder jährliche Ausnützung) im Laufe der Zeit. In den ersten Jahren dürfte dieser Faktor, bei Fehlen von Wasserkraften, nur durch die verfügbaren Atomkraftwerke begrenzt werden; aber er wird nachher, wenn die Energieerzeugung eine gewisse Grösse erreicht haben wird, abnehmen. Die neuen Atomkraftwerke werden im Belastungsdiagramm die Basis bilden, d. h. sie werden in diesem unter die älteren zu stehen kommen. Nun ist aber gerade der Zeitpunkt der Verwirklichung weiterer Atomkraftwerkprojekte hypothetisch.
 - usw.

3. Neben diesen objektiv begründeten und durchaus zutreffenden Ungewissheiten werden gelegentlich auch Fragen der Methodik aufgeworfen.

Die wirtschaftlichen Berechnungen können nämlich auf verschiedene Weise durchgeführt werden: diese Vielfalt ist aber offenbar der Grund für die Schwierigkeit, die auftritt, wenn die einzelnen Ergebnisse verglichen werden müssen.

Wird aber einmal die Gestaltung der sich im Laufe der Zeit ergebenden Ausgaben als bekannt vorausgesetzt, so ist die Problemstellung klar und für die Produzenten elektrischer Energie wird es leichter sein — sei es mit Hilfe der bisherigen klassischen Methoden oder mit Hilfe der Programmierung — sehr genaue Preisvergleiche anzustellen.

Die schliesslich übrig bleibende Ungewissheit wird im wesentlichen von den unter 2. erwähnten Unsicherheiten herrühren.

Finanzierung

Die Atomenergie wird im Allgemeinen als ein Ersatz für die thermische und nicht etwa für die hydraulische Energie angesehen, was auch erklärt, warum sich Finanzierungsprobleme stellen.

Wenn mit der gleichen Sicherheit (oder der Versagerwahrscheinlichkeit) einer gleichen Entwicklung des Energiekonsums genügt werden soll, lassen sich die verschiedenen Kraftwerkstypen, je nach den Ausgaben, die vor der Inbetriebsetzung zu machen sind, ob sie buchhalterisch als Investitionen oder als Reserve für Brennstoffeinkauf erfasst werden, in die nachstehende Reihenfolge bringen:

Hydraulische Kraftwerke

Atomkraftwerke mit natürlichem Uran

Atomkraftwerke mit angereichertem Uran

Klassische thermische Kraftwerke

Die Ausgaben in den Jahren nach der Inbetriebsetzung müssen natürlich in der umgekehrten Reihenfolge klassiert werden.

Um einen Vergleich zwischen den Anfangsausgaben und den laufenden Betriebsausgaben vornehmen zu können, muss ein Aktualisierungszinssatz festgesetzt werden. Als solchen kann der gewöhnliche Zinsfuss nur in dem Masse angesehen werden, als die Unternehmung keine Schwierigkeiten hat, sich zu diesem Zinsfuss Geld zu beschaffen. Andernfalls muss der Aktualisierungszinsfuss so angesetzt werden, dass er der Notwendigkeit der Unternehmung entspricht, unter den Investitionen, die jede für sich eine bestimmte Rentabilität haben, nur denjenigen Gesamtbetrag auszuwählen, der jener Summe gleichkommt, die sie tatsächlich aufnehmen könnte.

Im übrigen kann man, da die dem Zufall unterworfenen Grössen (Lebensdauer, Versicherungen usw.) im allgemeinen zu dem wahrscheinlichsten, und nicht zu dem als sicher angesehenen Wert angesetzt sind, den zufälligen Charakter der Investitionen durch eine Vergrösserung des Aktualisierungsansatzes in dem Masse berücksichtigen, als die Wahrscheinlichkeit, die bei dieser Vorhersage mitspielt, selber geringer ist.

Möglichkeiten der Industrie

Die Entwicklung der Atomkraftwerke in grossem Massstabe verlangt natürlich eine gewisse Vorbereitung seitens der Konstruktionsfirmen; doch scheinen die Konstrukteure in Westeuropa jetzt die nötigen Massnahmen getroffen zu haben.

Die Regierungen und die EURATOM haben übrigens diese Entwicklung mit dem begründeten Hinweis auf die sehr wichtigen indirekten Vorteile vorangetrieben, die sich aus der Anpassung der Industrie an die Qualität und Reinheitsanforderungen der Atomanlagen ergeben.

Man war sich noch im Unklaren darüber, ob der Umsatz der Atomindustrie sich plötzlich ausweiten würde, wenn bei Erreichen der Wettbewerbsfähigkeit die Bestellungen sich vervielfachen würden, oder ob die Entwicklungsgeschwindigkeit einen gewissen Grenzwert erreichen würde, z. B. eine Verdoppelung des Umsatzes an Atomanlagen alle drei Jahre.

Es scheint heute, dass diese Beunruhigung nicht gerechtfertigt war: es gibt nämlich keine wirkliche Atomindustrie, sondern es existieren in den Industrieunternehmen jeweils Abteilungen, die sich mit Kerntechnik befassen. So ist z. B. ein Konstrukteur von Dampfkesseln vom Augenblicke an, wo sein Studienbüro sich mit den Problemen der Wärmeaustauscher vertraut gemacht hat, ohne weiteres imstande, anstelle der klassischen Dampfkessel beliebige Mengen Wärmeaustauscher zu fabrizieren. Das Erreichen der Wettbewerbsfähigkeit wird wahrscheinlich von einer grösseren Stabilität der Technik begleitet sein; ebenso wird eine Wiederholung gleicher Bestellungen vorkommen, was bewirkt, dass die Arbeit der Studienbüros nicht in dem gleichen Masse wächst wie die installierten Leistungen.

Diese Überlegungen sind natürlich nicht gültig für die eigentlichen kerntechnischen Materialien (Graphit, Bor usw.), aber es dürfte sich hier kein gefährlicher Engpass ergeben.

Es bleibt noch die Industrie der atomaren Brennstoffe; eine Ausdehnung der Fabrikation dürfte zu gegebener Zeit auch nicht schwierig sein.

Wenn sich also eine Änderung auf dem Ölmarkt, wo heute noch die Neuentdeckungen schneller voranschreiten als der Verbrauch, eine Änderung ergäbe, dürfte die Atomenergie sehr rasch in grossem Masse beim Bau von neuen Kraftwerken eingesetzt werden, um ein weiteres Ansteigen der Nachfrage nach fossilen Brennstoffen zu verhindern.

D : Gr

Adresse des Autors:

Pierre Ailleret, Directeur général adjoint, Electricité de France, Paris.

Aus dem Kraftwerkbau

Kollauration des Kraftwerkes der Stadt Thun

Nachdem die Arbeiten am neuen Kraftwerk der Stadt Thun praktisch vollständig abgeschlossen sind, und der Probetrieb nach Behebung der unvermeidlichen Kinderkrankheiten die Betriebstüchtigkeit und Zweckmässigkeit der neuen Anlagen bewiesen hat, fand am 5. Juni 1964 die Kollauration des neuen Werkes statt.

Herr Nationalrat *E. Baumgartner* begrüsst in seiner Eigenschaft als Stadtpräsident und damit oberster Verwalter der neuen Anlagen, die zahlreich erschienenen Gäste.

Der kantonale Baudirektor, Herr Regierungsrat *Huber*, erteilte hiernach der Gemeinde Thun durch Übergabe des Kollaurations-Protokolls die rechtliche und formelle Bewilligung zum definitiven Betrieb des neuen Kraftwerkes. Vor der Besichtigung der neuen Anlage sprach Herr Pfarrer *Buser* besinnliche Worte über den Sinn der Technik und gedachte dabei auch der Menschen, die das neue Werk geschaffen haben und inskünftig in ihm arbeiten werden.

An der dem Rundgang anschliessenden Feier im Hotel Emental liess Herr Gemeinderat *Keller* als Vorsteher der Licht- und Wasserwerke in humorvoller Art die Baugeschichte noch

einmal Revue passieren und sprach allen Beteiligten den verdienten Dank aus. Dabei erfuhren eine besondere Ehrung Herr Adjunkt *Bärtschi* von den Licht- und Wasserwerken, der als Vater

