Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 21

Artikel: Die Kernenergie im Rahmen der schweizerischen Energiewirtschaft
Autor: Bauer, Bruno
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-62635

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: 14.12.2025

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

den. Handelt es sich aber um grössere Mengen, wie dies z. B. bei der Aufbereitung von bestrahltem Brennstoff der Fall ist, so kommt eine Verdünnung in Wasser nur dann in Frage, wenn sich die Anlage in der Nähe des Meers befindet (Windscale Werke an der Irischen See). Andernfalls lässt man die hochaktive Lösung in den Boden versickern und benützt das Ionenaustauschvermögen der Erde. Dieses Verfahren wird in Hanford angewendet, wo die Bodenverhältnisse besonders günstig sind.

Ein Nachteil aller dieser Methoden besteht darin, dass die Beseitigung endgültig und unwiderruflich ist. Ausserdem ist ihre Anwendbarkeit beschränkt. Da man hofft, später einmal universellere wirtschaftliche Methoden zur Beseitigung radioaktiven Abfalls zu finden, ist man in Amerika mancherorts dazu übergegangen, die Abfälle in riesigen Stahltanks unter der Erde zu deponieren. Diese Tanks erfordern allerdings eine gewisse Aufsicht (Korrosion), bieten aber den Vorteil, dass das Material jederzeit wieder zur Verfügung steht.

Interessant sind Versuche mit Montmorillonit-Ton, dessen Ionenaustauschvermögen zuerst benutzt wird, um das aktive Material darin zu deponieren. Hierauf wird der Ton auf etwa 1000° C erhitzt, wobei die aktiven Ionen so fest gebunden werden, dass sie praktisch für immer unlöslich geworden sind. Die aktiven Tonblöcke können hierauf gefahrlos ins Meer versenkt werden.

Abschliessend ist es interessant, einen Blick auf das Ergebnis der bisherigen Anstrengungen zum Schutze gegen radioaktive Schädigungen zu werfen. Auf Tabelle 6 sind die maximalen Bestrahlungsdosen, die das Personal in den Hanford-Werken erhielten, angegeben. Von Harwell, Oak Ridge und Chalk River liegen ähnliche Zahlen vor. Das Ergebnis muss als ausgezeichnet betrachtet werden. Es gibt wohl wenige Gefahren, die so wirkungsvoll bekämpft wurden. Allerdings ist der Einsatz auch beispiellos. Der Sicherheitsdienst bedingt einen Aufwand an Personal und Material, wie man ihn bisher in jeder andern Industrie als absolut untragbar bezeichnet hätte.

Tabelle 6. Häufigkeiten der maximalen Bestrahlungsdosen, die das Personal in den Hanfordwerken erhielten

Jahr	Zahl der Fälle > 1 r	> 2 r	> 3 r	> 4 r	> 5 r
1944	0	0	0	0	0
1945	8	1	0	0	0
1946	8	2	0	0	0
1947	13	2	1	1	1 (6,1 r)
1948	10	2	0	0	0
1949	4	0	0	0	0
1950	3	0	0	0	0
1951	23	0	0	0	0
1952	179	22	1	0	0
1953	323	42	4	0	0
1954	372	68	16	3	1 (14,4 r)

Zahl der überwachten Leute (1954): 8000

Adresse des Verfassers: *F. Alder*, Burgfelderstrasse 59, Basel.

Die Kernenergie im Rahmen der schweizerischen Energiewirtschaft

DK 621.039:620.09

Von Prof. Dr. **Bruno Bauer**, ETH, Zürich.

Die Frage, die hier behandelt werden soll, lautet: Gibt es heute schon eine aktive Atomenergiepolitik in der Schweiz? Oder, klarer ausgedrückt: Ist vom Reichtum der neuen technischen Möglichkeiten der Elektrizitätserzeugung aus Kernenergie das eine oder andere Verfahren brauchbar für unsere Elektrizitätsversorgung? Und wenn die Antwort günstig lautet: Wann und wie soll das Vorhaben bei uns verwirklicht werden?

Ja, kann man auf diese Fragen heute schon mit gutem Gewissen eine Antwort geben? Mir scheint, die rasche Entwicklung von Forschung und Technik sei nicht geeignet, die Zweifler eines Besseren zu belehren. Es hat den Anschein, als ob sich die Fülle der ungelösten Probleme von Jahr zu Jahr vergrössere. Wir stehen offenbar im Sturm und Drang einer Entwicklung, deren Ziel noch nicht vorauszusehen ist. Wird sich der homogene Reaktor schliesslich als die günstigste Lösung erweisen, worüber näheres zu wissen für die Planung gemeinsamer europäischer Aufbereitungs- und Regenerierungsanlagen von Wichtigkeit wäre, oder ist gar damit zu rechnen, dass das Verfahren der Kernspaltung in absehbarer Zeit durch jenes der Kernverschmelzung abgelöst werden wird? Die spekulativen Gespräche der Kernphysiker über diesen Punkt sind faszinierend — aber ich muss hiebei an den riesigen technischen Apparat denken, den wir Europäer auf Grund der Kernspaltung aufzubauen im Begriffe sind, und an die schwere Abschreibungslast, die unsere Energieverbraucher hierauf, vielleicht bald, als Folge rascher technischer Entwicklung werden auf sich nehmen müssen.

Was sollen wir tun? Diese Frage beantwortet sich mit Strenge aus der Kohlennot in jenen Ländern, die ihre Elektrizitätsversorgung in der Hauptsache auf der Brennstoffbasis aufgebaut haben. Diese können nicht mehr zuwarten; sie müssen mit dem heutigen unreifen Stand der Technik vorliebnehmen, wenn sie die Kernenergie noch in nützlicher Frist in die bedrängte Stromversorgung einsetzen wollen.

Wir aber in der Schweiz? Nun, viele sagen: Wir verfügen noch über eine schöne Reihe unausgebauter Wasserkräfte. Wenn wir diese nach Massgabe des wachsenden Elektrizitätsbedarfs in die Produktion einsetzen, lässt sich die Jahreserzeugung am Ende im Vergleich zur heutigen Produktionskapazität mehr als verdoppeln. Wenn das herrschende Wachstumsgesetz des Konsums weiterhin gültig bleibt, dürften unsere Wasserkräfte bis etwa 1975 oder 1980 dem Landesbedarf in der Hauptsache genügen. Wir warten also in Musse die weitere Entwicklung ab, so könnte man schliessen. — Aber das ist eine träge Weisheit, zwar oft verkündet von den Fachleuten und weitergetragen in der Presse. Lasst uns prüfen, ob sie einer erneuten Kritik heute noch standhält!

Wir wollen uns zunächst einige Hauptfragen der europäischen Energieversorgung vor Augen halten, an denen unsere eigene Energiewirtschaftspolitik nicht vorbeisehen kann. Die europäischen Brennstoffkraftwerke sind, wie man weiss, in Sorge um die hinreichende Kohlenbeschaffung in der Zukunft. Sie decken heute zwei Drittel des Gesamtbedarfs, der Rest wird in der Hauptsache aus Wasserkraft erzeugt. Sie haben sich aus kleinen Anfängen zu einem immer anspruchsvolleren Kohlenverbraucher entwickelt. Trotz laufender Verbesserungen in der Brennstoffausnützung ist zu befürchten, dass ihr Jahresbedarf in 15 bis 20 Jahren an die maximal mögliche Förderkapazität der europäischen Gruben heranreichen wird. In einzelnen Ländern sind diese Fristen noch kürzer. Natürlich erheben auch noch andere, volkswirtschaftlich nicht minder wichtige Kohlenverbraucher, ihren Anspruch an der knappen Fördermenge, wobei sie zudem im Vorzug der besseren Ausnützung der Kohle stehen. Nachdem sich herausstellte, dass eine nennenswerte Steigerung der Förderkapizität aus technischen, wirtschaftlichen und nicht zuletzt aus soziologischen Gründen nicht möglich ist, musste daher etwas Grundsätzliches geschehen zur Vorbeugung dieser katastrophalen Folgen des ungehemmt steigenden Strombedarfs der Wirtschaft: eben die Flucht in die Kernenergienutzung.

Hier möchte ich eine Nebenbemerkung anbringen. Wenn die Energiewirtschafter wichtiger europäischer Versorgungsgebiete für die nächsten zwei Dezennien mit einer Zuwachsrate des jährlichen Energiebedarfs von 6 % und mehr rechnen, so will das heissen, dass sich nicht nur die jährlichen Elektrizitätsmengen, bzw. Brennstoffmengen, ungefähr alle 12 bis 15 Jahre verdoppeln, sondern auch die erforderliche Leistungskapazität der Produktions- und Verbraucheranlagen sowie die Transportkapazität der Fernleitungen und Verteilnetze. Wenn also z. B. in einem bestimmten Versorgungsgebiet im Verlaufe der letzten 15 Jahre für diese Zwecke ein Investitionsbedarf von 500 Mio Fr. erforderlich war, so müsste sich

der Betrag für die nächsten 15 Jahre auf beinahe eine Milliarde und für die darauffolgende 15jährige Periode auf nicht ganz 2 Mld Fr. erhöhen. Kann der Finanzhaushalt des betreffenden Landes diese Summen zeitgerecht zur Verfügung stellen, so erscheinen sie nun bei der Zubringerindustrie in Form von Mehraufwand an Werkstoffen, Energie und Arbeitsstunden. Hiezu tritt der Mehraufwand für den Zuwachs im Erneuerungsbedarf der besagten technischen Einrichtungen. So fordert die Elektrizitätsversorgung auch von der Investitionsgüterindustrie von Jahr zu Jahr eine immer grössere Arbeitsleistung, der diese Industrie auch nur durch Vergrösserung ihres Produktionsapparates entsprechen kann. Man erschrickt beinahe vor dem gigantischen Ausmass einer solchen Entwicklung.

Die schrittweise Umlegung der Elektrizitätsproduktion vom Brennstoff auf die Kernenergie bringt nach dieser Richtung natürlich keine Erleichterung, sondern eine neue erhebliche Mehrlast. Bekanntlich sind die zur Aufbereitung, Konzentration, Verarbeitung, Nutzung und Regenerierung des Spaltstoffs erforderlichen Einrichtungen alle sehr kapitalintensiv. Wir müssen sie in Europa wohl zum grössten Teil ohne militärische Unterstützung aus dem Nichts schaffen. Bedenkt man das Vorgesagte, so erscheint es als fraglich, ob der europäische Wirtschaftskörper diese Entwicklung im gewollten Tempo durchstehen wird, ohne dass andere Teile Schaden leiden.

Unser Blick richtet sich daher erneut auf die primäre Ursache all dieser Schwierigkeiten: den beschleunigten Zuwachs des Elektrizitätsverbrauchs. Dieser beträgt zur Zeit in Europa 6 bis 7 % des jeweiligen Jahresverbrauchs, wogegen die Zuwachsrate des gesamten Nutzenergiebedarfs in der Gegend von 1,8 % bis 2,5 % liegen mag. Die raschere Zunahme des Stromverbrauchs ist bekanntlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Konsumenten der elektrischen Energie ihrer technischen und preislichen Vorteile wegen vor den anderen Energieträgern den Vozug geben. Diese preislichen Vorteile sind aber im Ausmass nicht mehr verträglich mit der neuen Produktionskostenlage. In der Elektrizitätsversorgung spielt leider der Preis als Regulator der Güterverteilung seit Jahren nicht, wie er sollte. Leute, die von Regulatoren nichts verstehen, haben in diesen subtilen Mechanismus unwissend eingegriffen. Jetzt gehorcht er dem Gesetz von Angebot und Nachfrage nicht mehr, missachtet die Forderung nach dem Einklang von Aufwand und Nutzen, kurz, er ist, auf lange Sicht betrachtet, ein schlechter Wahrer der Verbraucherinteressen geworden, denn er tut, als ob sich auf der Produktionsseite nichts Wesentliches geändert hätte und lässt die Leute im Glauben, dass dies noch lange so weitergehen werde — bis er unter dem Druck der geschilderten Verhältnisse ruckweise wird nachholen müssen, was er an langsam ausgleichender Wirkung versäumte. So wird Last abgeworfen werden, die man nicht hätte aufnehmen dürfen.

Doch, wie steht es nun bei genauerer Betrachtung mit der Flucht aus der Kohlennot in die Kernenergie? Bekanntlich haben England und Frankreich ihre Pläne bereits bereinigt, sie geben uns nach dieser Richtung ein Beispiel grosszügigster Wirtschaftspolitik, wobei zuzugeben ist, dass die im Spiel stehenden militärischen Interessen das Vorhaben erleichtert haben mögen.

Das Zeitprogramm des Kernenergieeinsatzes wird vom Verbrauchszuwachs, vom Erneuerungsbedarf der alten Produktionsanlagen und nicht zuletzt von der Leistungsfähigkeit der Investitionsgüterindustrie abhängen. Wie in England, wird sich auch für den gesamten europäischen Raum der Anteil, den die Kernenergieanlagen am gesamten Strombedarf fürs erste werden übernehmen können, nur langsam steigern lassen. Die jährliche Zuwachsquote wird aus produktions- und finanzwirtschaftlichen Gründen nicht an den von den Verbrauchern geforderten jährlichen Mehrbedarf heranreichen. Man muss sich auch klar sein darüber, dass für die ersten Einsatzmengen gemäss dem heutigen Stand der Technik mit überteuerten Stromkosten zu rechnen ist, in der Hoffnung, dass sich für die folgenden Ausbauetappen eine schrittweise Verbesserung erzielen lasse. Daraus folgt, dass in Europa über unbestimmt lange Zeit weiterhin Kohle zur Elektrizitätserzeugung verbraucht werden muss, und dass die Produktionskosten *dieses* Anteils am Gesamtverbrauch weiterhin der Preissteigerung der Kohle unterliegen werden. Die mittleren Gestehungskosten der Energiemischung ergeben sich so als Resultante aus zwei gegenläufig veränderlichen Komponenten: aus den sinkenden Einheitskosten der wachsenden Kernenergiemenge und aus den wachsenden Einheitskosten der schwindenden Brennstoffenergiemenge. Ich leite hieraus nur *eine* Erkenntnis ab: Es müssen die späteren Teilbeträge der Kernenergiemenge mit erheblich geringeren als den heutigen Selbstkosten der Brennstoffwerke erzeugt werden können, sollen die erwähnten Mehrkosten auf der Energie- und Brennstoffseite ausgeglichen werden, soll also gesamthaft keine Stromverteuerung gegenüber dem heutigen Stand eintreten.

Damit gelange ich an einen wichtigen Punkt unserer Betrachtung. Ich glaube an den technischen Fortschritt in der Kernenergietechnik, und ich hoffe auf ihn. Es ist möglich, dass die Energiegestehungskosten des einzelnen Werks einmal unter jene der heutigen leistungsäquivalenten Brennstoffanlage sinken werden — aber damit ist noch lange nicht das goldene Zeitalter der wohlfeilen Energieversorgung erreicht. Die erzielte Kosteneinsparung wird zunächst zur Deckung der Mehrkosten verbraucht, die einerseits die ungünstigeren Ausführungen der Entwicklungsperiode verursachen, anderseits aus dem noch nicht ersetzten und verteuerten Brennstoffbetrieb erwachsen.

*

Wir wollen das Gesagte an einigen Bildern näher untersuchen. Dazu sei einleitend bemerkt, dass es sehr schwer hält, sich aus der grossen Zahl von Literaturangaben über die Investitions- und Produktionskosten von Kernenergiekraftwerken aus dem amerikanischen, kanadischen und britischen Studienbereich ein Bild über die zu erwartenden *wirklichen Verhältnisse* zu machen. Diese Angaben beruhen ja zum grössten Teil auf Projektstudien, wobei die einzelnen Projektverfasser zudem noch mit verschiedenen Kostengrundlagen rechnen. Dies gilt hauptsächlich für die in Rechnung gesetzte Amortisationsdauer der Reaktoren. Wenn ich daher im nachfolgenden das Ergebnis meiner Bearbeitung dieses Zahlenmaterials bekanntgebe, so können diese Ergebnisse nicht mehr sein als eine *ungefähre Orientierung* über den Einfluss einiger wichtiger Konstruktionsdaten, wie Reaktorart und Kraftwerkgrösse, auf den Gestehungspreis der Energie. Ich habe die aus der Literatur gewonnenen Kostenangaben alle in Schweizerfranken umgerechnet, wobei ich einheitlich den Kapitaldienst der projektierten Kernenergiekraftwerke zu 16 % ansetzte. Für die zum Vergleich herangezogenen Brennstoffkraftwerke ist der Kapitaldienst mit 10 % in Rechnung gesetzt worden. Bei diesem Anlass sei noch bemerkt, dass sich für den grossen Durchschnitt der betrachteten Kernenergiekraftwerke die Kosten für Löhne, Betrieb und Unterhalt auf 10 bis 12 % der gesamten Selbstkosten belaufen und die Kosten des Spaltmaterials auf 14 bis 20 % und mehr. Hiebei ist vorausgesetzt, dass diese Kraftwerke Grundlast fahren mit 7000 h Benützungsdauer der installierten Leistung. Die weitverbreitete Anschauung, dass die Stromkosten aus Kernenergiekraftwerken in der Hauptsache nur aus Festkostenanteilen bestehen, ist also unzutreffend.

Bild 1 zeigt die Abhängigkeit des spezifischen Investitionskapitals von der installierten Kraftwerksleistung. Der schraffierte Streustreifen (Punkte A) betrifft Anlagen unter Verwendung natürlichen oder schwach angereicherten Uraniums, wobei schweres Wasser sowohl als Moderator wie auch als Wärmeträger dient. Punkt C stellt die Situation des etwas konservativ entworfenen Kraftwerks Calderhall dar; Punkt D zeigt eine Zukunftslösung unter Verwendung eines homogenen Reaktors. Die Punkte B geben die Erstellungskosten für Breeder-Anlagen, die ebenfalls erst in einer späteren Entwicklungsperiode für die praktische Verwendung reif werden dürften. Ich erwähne noch eine interessante jüngste amerikanische Mitteilung, wonach Kleinkraftwerke mit Leistungen von 10 bis 15 MW projektiert und durchgerechnet worden sind, welche Investitionskosten von nur etwa 1500 bis 2000 Fr./kW ergeben sollen. Dieser Fortschritt soll durch Wahl verhältnismässig hoher Temperaturen des gasförmigen Wärmeträgers ermöglicht worden sein, wobei das angereicherte Uran in keramischen Hüllen in den Reaktor eingebracht werden soll.

Wir können aus diesem Bild ersehen, dass Kernenergiekraftwerke kleiner Leistung bis etwa 50 MW einen 2,5- bis 3-

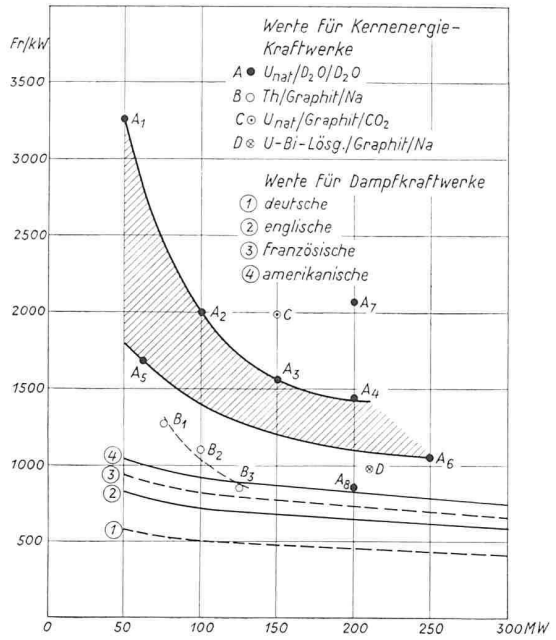

Bild 1. Investiertes Kapital je installierte Klemmen-Leistungseinheit in kW in Funktion dieser Leistung

mal grösseren Kapitalbedarf benötigen als Brennstoffkraftwerke moderner Ausführung.

Für grosse Leistungen über 150 MW sinkt der Bedarf bis auf 1,5 mal jenes der klassischen Brennstoffkraftwerke. Wo liegen die hydraulischen Kraftwerke? Ich habe ihre spezifischen Investitionskosten nicht in dieses Bild eingetragen, weil sie nicht ohne weiteres mit den hier betrachteten Grundlastwerken vergleichbar sind. Immerhin können wir feststellen, dass grössere Kraftwerkgruppen von 150 bis 250 MW mit ihren spezifischen Erstellungskosten von etwa 1600 bis 1000 Fr./kW im schraffierten Streubereich der Kernenergieanlagen liegen. Bedenkt man aber den *zusätzlichen* Kapitalbedarf, den letztere für die Einrichtungen zur Aufbereitung und Regenerierung des Spaltstoffs noch benötigen, so kann man das früher Gesagte hier bestätigt finden, nämlich, dass man durch den weiteren Ausbau der Wasserkräfte mit geringerem Kapitalaufwand Kohlen einsparen kann als auf dem Weg der Kernenergienutzung.

In Bild 2 ist der Zusammenhang der spezifischen Kosten je erzeugbare Energieeinheit von Kernenergiekraftwerken mit deren installierten Leistung dargestellt. Wiederum sind sie den mit modernen Brennstoffkraftwerken erzielbaren Werten gegenübergestellt. Die Ziffern beziehen sich, wie schon gesagt, auf den Grundlastbetrieb mit 7000 Stunden Benützungsdauer der installierten Leistung. Ich erinnere nochmals daran, dass es sich bei den Kernenergiewerken nicht um ausgeführte Anlagen, sondern um sorgfältige Projektstudien handelt. Wenn die entsprechenden Berechnungen nicht zu optimistisch ausgefallen sind, kann man dem Bild entnehmen, dass die Stromkosten des Betriebs kleinerer Kernenergieeinheiten 2,5 bis 3 mal höher zu stehen kommen als jene moderner Brennstoffkraftwerke gleicher Leistung. Hingegen sinkt die Kostenkurve, wie ersichtlich, rasch mit steigender Kraftwerkleistung, so dass sich im Bereich von etwa 150 MW an aufwärts die Stromkosten der Kernenergie anscheinend im Streubereich jener aus Brennstoff gewonnenen bewegen. Will man glauben, dass die zukünftigen Lösungen, nämlich die Breeder-Anlagen (Punkte B) und die Werke mit homogenen Reaktoren (Punkt D) in die auf Bild 2 gezeichnete Gegend von 3 bis 5 Rp/kWh zu liegen kommen, so wäre damit die Konkurrenzfähigkeit der Kernenergie mit jener aus Brennstoff gewonnenen im Gebiet der Stromerzeugung erreicht. Hiebei ist die zu erwartende Steigerung der Brennstoffkosten nicht berücksichtigt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Produktionskosten hydroelektrischer Energie für vergleichbare Kraftwerkgruppen in die Gegend von 2,5 bis 3,5 Rp. zu liegen kommen. Sie reichen also noch nicht an die geschätzten Produktionskosten von Kernenergiekraftwerken der Zukunft heran.

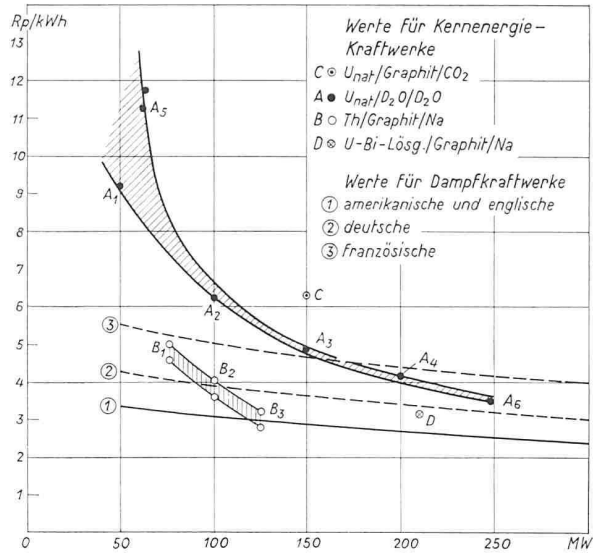

Bild 2. Spezifische Kosten je kWh bei einer jährlichen Vollast-Betriebsstundenzahl von 7000

Wir wollen dieser Darstellung folgende Erkenntnis entnehmen. Wenn wir in Europa an die Aufstellung von Kernenergiekraftwerken für die reine Stromerzeugung herantreten werden, so wird die Kraftwerkleistung zunächst wohl nicht grösser als 50 bis 100 MW gewählt werden. Dann ist demnach mit Produktionskosten im Grundlastbetrieb in der Gegend von 8 bis 12 Rp./kWh zu rechnen. In der Folge werden vielleicht grössere Kraftwerkeinheiten zur Aufstellung gelangen mit Produktionskosten, die zwischen 6 und 7 Rappen liegen mögen. Mit fortschreitender technischer Entwicklung auf dem Kernenergiegebiet werden die neuen Ausbauetappen grössere Leistungen aufweisen und geringere Produktionskosten erzielen lassen. Immer aber wird ein grosser Teil des Strombedarfs mit den alten Brennstoffkraftwerken gedeckt werden müssen.

Bild 3 zeigt, wie sich hiebei die mittleren Kosten der Gesamtproduktion gestalten. Wie ersichtlich, liegen in diesem Beispiel die Selbstkosten der Brennstoffgrundlastkraftwerke bei 3,75 Rp./kWh. Der Bedarf über 500 MW Grundlastleistung werde mit einem ersten 50 MW Atomenergiekraftwerk gedeckt, dessen Stromselbstkosten zu 10 Rp./kWh geschätzt seien. Die zweite Ausbauetappe erhöhe die Grundlastleistung auf 650 MW, die dritte auf 800 MW, die vierte auf 1000 MW. Die gestrichelte treppenförmige Kurve zeigt den abnehmenden Betrag der spezifischen Stromkosten der einzelnen Kernenergiewerkeinheiten. Die ausgezogene Kurve zeigt die Bewegung der mittleren Gestehungskosten der Energieeinheit. Sie finden das in meinen vorangegangenen Bemerkungen Gesagte bestätigt: Es genügt nicht, dass das Atomenergiekraftwerk der Zukunft die elektrische Energie zu geringeren Selbstkosten zu erzeugen vermag als die heutigen Brennstoffkraftwerke, um eine Preissenkung im Verkauf der elektrischen Energie zu veranlassen. Die Kosten der Entwicklungs-

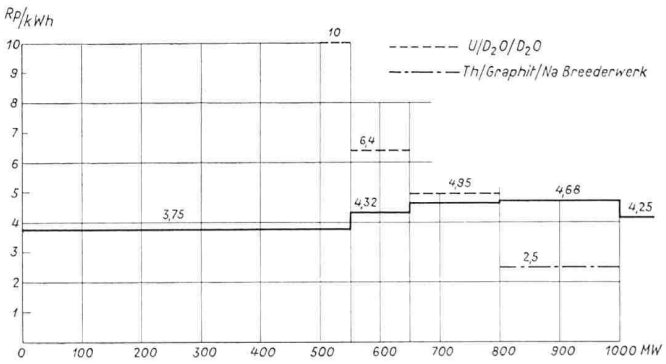

Bild 3. Verlauf der spezifischen Kosten je kWh bei einer Werkgruppe bestehend aus Dampfkraftwerken von insgesamt 500 MW, die schrittweise durch vier Kernenergiewerke von 50, 100, 150 und 200 MW ergänzt werden. Angenommene jährliche Vollast-Betriebsstundenzahl 7000

periode verhindern den Abstieg der resultierenden Gestehungskosten im erhofften Mass. Es wird noch lange dauern, bis das goldene Zeitalter der wohlfeilen elektrischen Energie für jedwelche Zwecke und für jedermann anbrechen wird.

*

Wenn wir also die baldige Erstellung von Kernenergiekraftwerken als eine notwendige Massnahme zur Einschränkung des Kohlenverbrauchs erkennen, so ist im gleichen Sinn ebenso wichtig und dringlich der *weitere Ausbau der europäischen Wasserkraftvorkommen*. Ja, ich möchte grundsätzlich behaupten, dass Europa auf diesem Weg rascher und mit geringerem Kapitalaufwand zur Entlastung des Kohlenverbrauchs gelangen könnte. Die gesamte heutige Jahresproduktion lässt sich ungefähr vervierfachen, wenn man die jugoslawischen und rumänischen Nutzungsmöglichkeiten und jene im Norden Europas hinzurechnet. Hiebei ist natürlich vorausgesetzt, dass die zum Einbezug dieser Wasserkräfte in das zentrale europäische Versorgungsgebiet erforderlichen Leitungen erstellt werden. Zu diesem Zweck werden allerdings schwierige internationale Verständigung vonnöten sein, die zu verwirklichen gewiss nicht geringere Mühe verursachen dürfte als jene Abkommen, die als notwendige Grundlage eines gemeinsamen europäischen Vorgehens im Bereich der Kernenergienutzung gelten. Es hat den Anschein, als ob Technik und Wirtschaft die kommenden Probleme der Energieversorgung unseres Kontinents nicht mehr allein meistern können; es gehört offenbar auch der Aufbau einer europäischen Energiewirtschaftspolitik dazu. Mögen die Bemühungen von einem freiheitlichen Geist getragen sein!

Wie wird sich nun die *schweizerische Energiewirtschaftspolitik* im Licht dieser Entwicklung gestalten?

Ich verwies eingangs schon auf die Verfügbarkeit weiterer unausgebauter Wasserkräfte. Unsere Bauingenieure schätzen die damit zu gewinnende Jahresproduktion auf mindestens 15 Mld kWh. Berechnen wir die Bedarfszunahme mit etwelcher wohlangebrachter Zurückhaltung, so könnte man in der Tat hoffen, den Landesverbrauch mit der genannten Mehrerzeugung bis zu einem Zeitpunkt zwischen 1975 und 1980 zu befriedigen. Diese Prognose verliert jedoch von Jahr zu Jahr an Wahrscheinlichkeit. Die wachsenden Widerstände gegen den Kraftwerkbau werden leider das eine und andere Projekt nicht zur Ausführung bringen lassen. Für andere Wasserkraftnutzungen ist mit Verzögerungen in der Konzessionserteilung und mit baulichen und fiskalischen Mehrbelastungen zu rechnen. So wird sich herausstellen, dass die 15 Mld kWh Mehrproduktion zu hoch gegriffen sind und — was schlimmer ist — dass der Kraftwerkbau in seinem Zeitprogramm dem steigenden Strombedarf nicht wird folgen können. Möglicherweise dürfte uns allein schon die wachsende Spannung zwischen Bedarf und Erzeugung von Investitionsgütern in Europa hieran hindern. So werden wir in den nächsten Jahren mit Perioden ungedeckter Energienachfrage rechnen müssen. Der Uebelstand kann mit hinreichender Sicherheit und Raschheit nur mit der Erstellung grösserer Brennstoffkraftwerke beseitigt werden (oder mit der Beteiligung an solchen im Ausland), denn wir sind heute für den raschen Einsatz von Kernenergiekraftwerken noch nicht vorbereitet. Das ist aber nicht der Weisheit letzter Schluss. Je knapper nämlich der Brennstoff in Europa ist, um so grösseren Auftrieb erhalten die bekannten Kräfte, die zu seiner Kontingentierung auf europäischer Basis drängen. Bei dieser unerfreulichen Voraussicht wird der Einsatz von Brennstoffelektrizität in unseren schweizerischen Verbrauch vermutlich immer nur ein Hilfsmittel zur Ueberbrückung von vorübergehender Fehlleistung und Fehlenergie der hydraulischen Produktion bleiben. Der dauernde Mehrbedarf über die maximale Kapazität unserer Wasserkräfte hinaus muss zu gegebener Zeit von Kernenergiekraftwerken gedeckt werden, von *landeseigenen*, wenn immer möglich, damit wir nicht im vollen Umfang der Stromkosten von den Verfügungen einer europäischen Behörde abhängig sind.

Wir sollten aus zwei Gründen mit den dahinzielenden Vorbereitungen nicht zuwarten, bis uns die Not zum Handeln treibt. Da drängt sich zunächst die Ueberlegung auf, dass der Typus des Kernenergiekraftwerks, der den Anforderungen der Grossmächte einmal voll entsprechen mag, nicht ohne weiteres für unsere schweizerischen Verhältnisse das Richtige sein wird. Wir können keine Grosskraftanlagen in amerikanischem Ausmass brauchen. Wir werden weder eigene Anlagen zur Aufbereitung und Anreicherung des Urans, noch solche zur Regenerierung der «Brennstoff»-Elemente erstellen und betreiben können. Wir haben auch kein militärisches Interesse am Plutoniumanfall. Es ist unsere erste Aufgabe, den schweizerischen Typus des Kernenergiekraftwerks in Art und Grösse zu studieren. Vielleicht erscheinen verschiedene Lösungen als geeignet. Mit dem Studieren allein wird es beim heutigen Stand der Dinge aber leider nicht getan sein. Wir werden Versuchsausführungen mit Leistungen von 5 bis 10 MW erstellen und betreiben müssen, um aus den praktischen Ergebnissen die Richtlinien für die unseren Verhältnissen angepasste Bauart der Zukunft zu gewinnen. Bis wir glücklich soweit sind, wird der Zeitpunkt des vollständigen Ausbaus der Wasserkräfte in die Nähe gerückt sein. Wir haben also keine Zeit mehr zu verlieren.

Dieses Programm drängt sich auch aus einem anderen Grunde auf. Unsere führende Industrie der Maschinen-, Apparate- und chemischen Branche ist der Auffassung, dass sie zur weiteren Entwicklung der Reaktortechnik manchen nützlichen Beitrag zu leisten vermöchte. Sie ist willens, die Probleme intensiv zu bearbeiten, und sie glaubt, eigene Lösungen verwirklichen zu können, welche ihren Exportinteressen dienlich wären. Die Erprobung solcher Lösungen in landeseigenen Versuchskraftwerken wäre diesem volkswirtschaftlich wichtigen Vorhaben in hohem Masse förderlich. Es würde auch die Sicherheit der zukünftigen Landesversorgung mit elektrischer Energie festigen, wenn wir in der Erstellung unserer kommenden Kernenergiekraftwerke auch im Reaktorteil nicht ausschliesslich auf ausländische Industrielieferungen angewiesen wären.

So erscheint aus den genannten zwei Ueberlegungen die freiwillige Zusammenarbeit von Elektrizitätsunternehmungen und Industriegruppen zwecks Studium und Erprobung von typischen Versuchskraftwerken auf der Basis der Kernenergie als der richtige Weg zur Anbahnung einer aktiven schweizerischen Atomenergiepolitik. Diese Entwicklung müsste ausserhalb der Reaktor AG. erfolgen, deren Aufgabe ja nicht darin besteht, bestimmte Reaktortypen zu bauen und zu betreiben, sondern unter anderem die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Bauelemente des Reaktors in ihren Versuchsanlagen zu erforschen.

Ein letztes, kurzes Wort noch zur Frage des Kernenergieeinsatzes in den schweizerischen Wärmebedarf. Das Problem erscheint als verlockend, zunächst in Ansehung der erheblichen Transportkosteneinsparungen auf dem Sektor der heutigen Brennstoffversorgung. Demgegenüber steht belastend der Kapitaldienst der aufzubauenden Wärmeverteilnetze, die für grössere Entfernungen sehr erhebliche Investitionen fordern. Da die grundsätzliche Standortfrage für Reaktoranlagen heute noch nicht völlig abgeklärt ist, bleibt das Problem späterer Prüfung vorbehalten. Die Verwendung der Kernenergie in Städtefernheizungen stösst ferner auf die Schwierigkeit der geringen Benützungsdauer der installierten Reaktorleistung. Man könnte an die Heiz-Kraft-Kupplung denken, die Wirtschaftlichkeit dieser Kombination steht aber noch in Frage. Das Problem harrt also nach allen Seiten noch der gründlichen Abklärung. Auch hier ist rasches Handeln sehr erwünscht.

Zum Generalverkehrsplan für die Stadt Zürich

DK 711.7:656

Der Stadtrat von Zürich hat am 18. März 1956 einen Zwischenbericht zum Generalverkehrsplan veröffentlicht. Am 5. April 1956 gab die zur Behandlung der Gutachten [1]) eingesetzte gemeinderätliche Kommission ihrerseits einen Bericht heraus. Mit diesen beiden in verhältnismässig kurzer Zeit erarbeiteten Stellungnahmen der ausführenden und gesetzgebenden Behörden der Stadt ist ein bedeutender Schritt vorwärts getan worden. Man weiss jetzt, was die offiziellen Stellen von den beiden Expertisen halten, die vor etwas mehr als Jahresfrist der Oeffentlichkeit — damals kommentarlos — zugänglich gemacht worden waren.

[1]) Siehe Veröffentlichungen der SBZ 1955: Gutachten Pirath-Feuchtinger Nr. 34 und 35, Gutachten Kremer-Leibbrand Nr. 37 und 40, Stellungnahme dazu Nr. 41.