

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 43 (1952)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Über die Ausnützung der Energie des Atomkerns  
**Autor:** Lulive d'Epinay, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059133>

### **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:** 03.04.2025

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

### III. Bahn- und Industriekraftwerke

Die Energieerzeugung wie auch die Energieverwendung für eigene Zwecke erreichten im Berichtsjahr neue Höchstwerte. Die Zunahme gegenüber der letztjährigen Energieerzeugung und Energieverwendung ist zwar beträchtlich, nämlich 14,5 bzw. 22,5 %, aber gegenüber den bisherigen, im Jahre 1947/48 erreichten Höchstwerten eher bescheiden,

nämlich nur 2,7 bzw. 5,3 %. Die Mehrerzeugung gegenüber 1947/48 betrifft ausschliesslich, die Mehrverwendung beinahe ausschliesslich das Sommerhalbjahr.

An der Energieerzeugung des Berichtsjahres war das Winterhalbjahr mit 37 (Vorjahr 35) %, das Sommerhalbjahr mit 63 (65) % beteiligt.

Tabelle X

	Energieerzeugung				Verwendung der Energie im Inland									Abgabe an EW der allg. Versorgung	
	Wasserkraftwerke	Wärme- kraftwerke	Energie- einfuhr	Total Erzeugung u. Einfuhr	Haushalt und Gewerbe	Bahnbetriebe		Allg. Industrie <sup>1)</sup>	Chem., metallurg. u. therm. Anwendungen <sup>2)</sup>	Elektrokessel	Verluste und Verbrauch der Speicher- pumpen <sup>3)</sup>	Inlandverbrauch ohne mit Elektrokessel und Speicherpumpen			
						SBB	übrige								
in Millionen kWh					in Millionen kWh										
<b>Winter</b>															
1930/31	675	12	—	687	8	189	3	66	316	15	40	622	637	50	
1940/41	754	12	—	766	7	205	8	70	336	54	56	682	736	30	
1943/44	763	9	—	772	12	190	10	61	331	30	51	654	685	87	
1944/45	863	3	—	866	14	188	11	64	268	125	64	608	734	132	
1945/46	854	3	8	865	15	199	12	68	249	94	68	610	705	160	
1946/47	756	20	3	779	16	180	12	85	284	24	64	639	665	114	
1947/48	926	20	—	946	19	194	13	88	353	50	79	744	796	150	
1948/49	804	28	—	832	22	170	14	88	307	25	78	677	704	128	
1949/50	734	24	—	758	22	139	13	78	216	26	79	541	573	185	
1950/51	900	16	—	916	26	199	13	101	333	35	92	759	799	117	
<b>Sommer</b>															
1931	682	6	—	688	6	184	4	67	283	51	38	580	633	55	
1941	1 101	7	—	1 108	5	279	11	75	567	57	61	998	1 055	53	
1944	1 053	2	—	1 055	11	229	10	62	428	111	66	791	917	138	
1945	1 050	1	—	1 051	13	248	13	58	365	128	70	756	895	156	
1946	1 326	2	2	1 330	14	224	13	73	537	126	84	933	1 071	259	
1947	1 394	4	4	1 402	15	253	13	64	642	102	99	1 069	1 188	214	
1948	1 479	2	—	1 481	19	231	15	84	623	120	121	1 079	1 213	268	
1949	1 419	5	—	1 424	20	249	14	75	593	83	117	1 048	1 151	273	
1950	1 413	7	—	1 420	22	240	13	85	566	100	128	1 039	1 154	266	
1951	1 575	3	—	1 578	23	244	15	101	713	110	110	1 193	1 316	262	
<b>Jahr</b>															
1930/31	1 357	18	—	1 375	14	373	7	133	599	66	78	1 202	1 270	105	
1940/41	1 855	19	—	1 874	12	484	19	145	903	111	117	1 680	1 791	83	
1943/44	1 816	11	—	1 827	23	419	20	123	759	141	117	1 445	1 602	225	
1944/45	1 913	4	—	1 917	27	436	24	122	633	253	134	1 364	1 629	288	
1945/46	2 180	5	10	2 195	29	423	25	141	786	220	152	1 543	1 776	419	
1946/47	2 150	24	7	2 181	31	433	25	149	926	126	163	1 708	1 853	328	
1947/48	2 405	22	—	2 427	38	425	28	172	976	170	200	1 823	2 009	418	
1948/49	2 223	33	—	2 256	42	419	28	163	900	108	195	1 725	1 855	401	
1949/50	2 147	31	—	2 178	44	379	26	163	782	126	207	1 580	1 727	451	
1950/51	2 475	19	—	2 494	49	443	28	202	1046	145	202	1 952	2 115	379	

<sup>1)</sup> Betriebe, die dem Fabrikgesetz unterstellt sind und mehr als 20 Arbeiter beschäftigen.

<sup>2)</sup> Betriebe der unter <sup>1)</sup> erwähnten Art mit mehr als 200 000 kWh Energieverbrauch pro Jahr für solche Anwendungen.

<sup>3)</sup> Die Verluste verstehen sich bei Bahnen im allgemeinen vom Kraftwerk bis zur Abgabe an den Fahrdraht. Die Übertragungsverluste von den Industriekraftwerken bis zur Fabrik sind nicht als solche ausgeschieden worden, sondern in den entsprechenden Zahlen unter <sup>1)</sup> und <sup>2)</sup> enthalten.

## Über die Ausnützung der Energie des Atomkerns

Von J. Lalive d'Epinay, Ennetbaden

621.499.4

Der Autor beschreibt die Entwicklung der industriellen Forschung auf dem Gebiet der Nutzung der Atomenergie in der Schweiz. Auf Wunsch der Redaktion beschränkt er sich im weiteren auf die Darstellung der wirtschaftlichen Seite der Energieerzeugung in einem Atomkraftwerk.

L'auteur décrit l'évolution en Suisse de la recherche industrielle dans le domaine de l'énergie atomique. De plus, à la demande de la rédaction, il s'est borné à exposer l'aspect économique de la production d'énergie dans une centrale atomique.

In den letzten Jahren ist sehr viel über Atomforschung und über die mögliche Ausnützung der Energie des Atomkerns veröffentlicht worden, und doch scheint eine klare Beurteilung der heutigen Lage schwierig. Die staatlichen Sicherheitsvorschriften

des Auslandes lassen nur sehr wenige, für unwesentliche Informationen durch.

Obwohl die Schweiz weder Uran, noch Graphit, noch schweres Wasser, also keine der für den Bau einer Versuchsanlage erforderlichen Stoffe besitzt,

ist sie sowohl auf dem Gebiete der Kernphysik, als auch in der Prüfung technischer Möglichkeiten nicht untätig geblieben.

Die Sorge um unsere Stellung auf dem Gebiete der Energie umsetzenden Maschinen hatte vor 6 Jahren Brown Boveri dazu bewogen, eine Gruppe von jungen Physikern zu bilden, die in engem Kontakt mit den Hochschulen in Zürich und Basel ihre

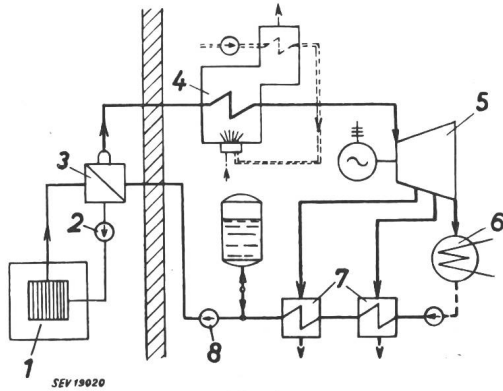


Fig. 1

Schema einer Dampfzentrale mit Uran-Schwerwasser-Reaktor  
 1 Reaktor; 2 Umwälzpumpe; 3 Wärmeaustauscher; 4 Dampf-  
 überhitzer; 5 Turbine; 6 Kondensator; 7 Speisewasservor-  
 wärmer; 8 Kesselspeisepumpe

Arbeit aufnahm. Ihre Tätigkeit hat das Interesse anderer Kreise erweckt, sie wurde durch die Mitarbeit eines theoretischen Physikers der Schweizerischen Studienkommission für Atomforschung und eines Chemikers wesentlich erweitert.

Der Wunsch nach engerer Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie hat im März 1951

nötig, auch unter sich. Die ersten Kraftwerk-Projekte, im Jahre 1947 auf Anregung von Herrn Prof. P. Scherrer ausgearbeitet, wurden gemeinsam geprüft und kritisiert.

Diese Gruppe hat nun die Aufgabe erhalten, die Vorstudien zu einer Energie-Erzeugungsanlage mit Atombrennstoff weiterzuführen. Sie soll eine Art Pflichtenheft ausarbeiten und wenn möglich alle Fragen zusammenfassen, die vor dem Bau einer solchen Anlage geprüft oder beantwortet werden müssen. Wir sind sehr früh zur Einsicht gekommen, dass eine Kraftwerkstudie den Reaktor miteinfassen muss und dass die gestellte Aufgabe nur in enger Zusammenarbeit aller, Physiker und Ingenieure, gelöst werden kann.

Im Bestreben, auch über die Wirtschaftlichkeit eines Kernenergie-Kraftwerkes mehr zu erfahren, hat Brown Boveri im Herbst 1950 eine Projektstudie für eine Uran-Schwerwasseranlage ausgearbeitet. Fig. 1 zeigt das Schema und Fig. 2 ein Schnittbild des geplanten Kraftwerkes.

Da heute noch keine Anhaltspunkte vorliegen, die darauf schliessen lassen, dass Kernenergie in anderer Weise als über ein thermisches Kraftwerk nutzbar gemacht werden kann, war zuerst abzuklären, wie die im Kernreaktor 1 (Fig. 1) entstehende Wärme abgeführt und der thermischen Zentrale zugeführt werden kann. Es ist bekannt, dass eine sich selbst erhaltende Kernreaktion im natürlichen Uran nur in Anwesenheit eines Moderators möglich ist und dass Graphit oder schweres Wasser diese Aufgabe erfüllen. Es schien zweckdienlich, durch Verwendung von schwerem Wasser Moderator und Wärme-

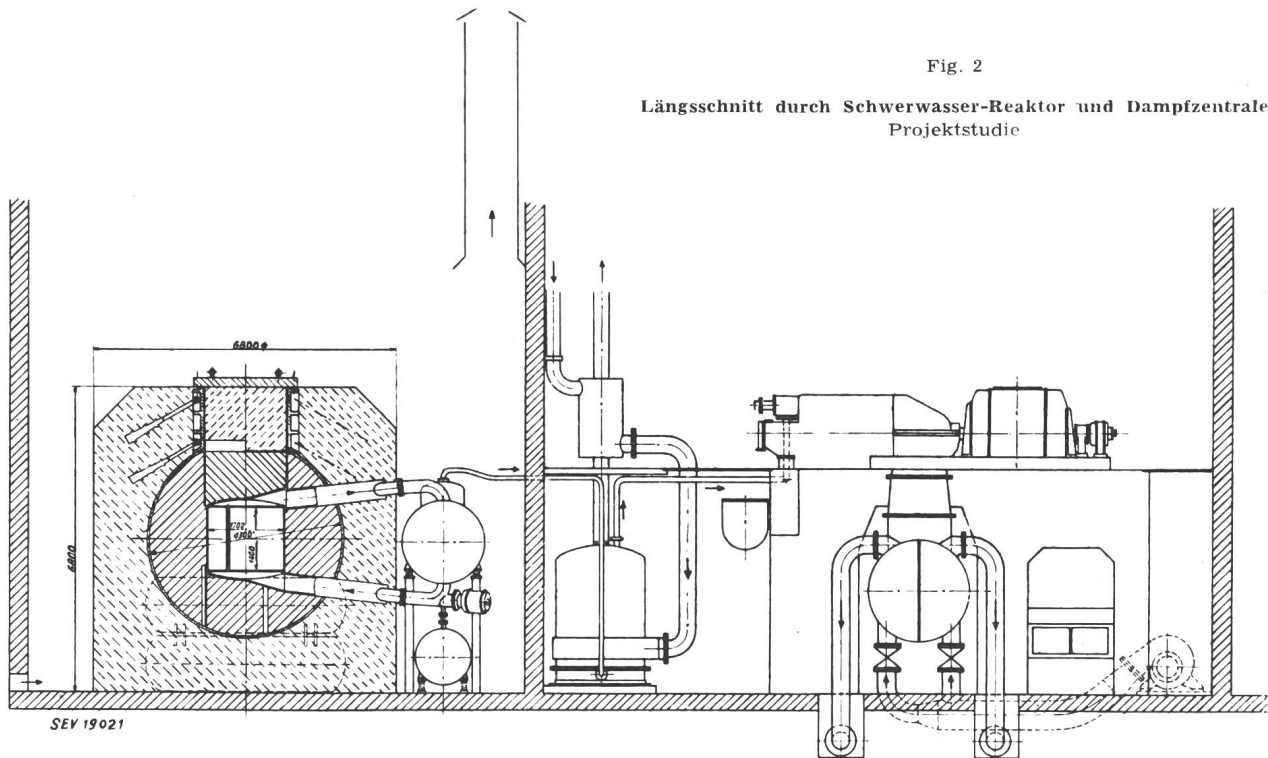


Fig. 2

Längsschnitt durch Schwerwasser-Reaktor und Dampfzentrale  
 Projektstudie

zur Bildung einer Arbeitsgemeinschaft zwischen Gebr. Sulzer, Escher Wyss und Brown Boveri geführt. Thermodynamiker der drei Firmen treffen sich regelmässig mit den Physikern oder, wenn

träger in ein und demselben Medium zu vereinigen, das die Wärme vom Reaktor zum Austauscher 3 überträgt. Das Speisewasser des vom Reaktor örtlich getrennten Dampfkraftwerkes strömt durch den

Wärmeaustauscher 3, der die Rolle des Dampferzeugers übernimmt, zum Überhitzer 4 und zur Turbine 5. Es wäre denkbar, den im Wärmeaustauscher erzeugten Sattdampf unmittelbar zu entspannen; es ist jedoch wesentlich vorteilhafter, ihn vorher in einem vom Reaktor getrennten und mit üblichen Brennstoffen beheizten Überhitzer auf die wirtschaftliche Temperatur zu bringen. Es lässt sich leicht nachweisen, dass die dadurch zusätzlich zugeführte Energie den Wirkungsgrad wesentlich erhöht. Ferner bietet der getrennte Überhitzer den Vorteil, dass er an einem von den schädigenden Ausstrahlungen des Reaktors vollkommen geschützten Ort aufgestellt werden kann.

Der aktive Teil des Reaktors besteht aus dem im Graphit eingebetteten Schwerwasserbehälter, der die erforderliche Anzahl Uranstäbe enthält. Der Graphit wirkt hier als Reflektor. Der bei einer Temperatur von 250 °C vorhandene Druck wird von der kugelförmigen eisernen Umhüllung aufgenommen. Zum Schutze gegen schädigende Strahlen muss das Ganze von einer dicken Betonschicht umgeben werden.

Obwohl die Zahl der ungelösten physikalischen und technischen Probleme sehr gross blieb, konnten doch über die mutmasslichen Kosten einer solchen Anlage einige wertvolle Unterlagen gewonnen werden (Tabelle I). Auffallend ist der grosse Anteil der

Geschätzte Baukosten eines Reaktors mit Dampfkraftwerk für 2,5 MW Nutzleistung

Tabelle I

	Fr.	Fr.
Reaktor Uran . . . . .	800 000	9 500 000
Schweres Wasser . . . . .	7 500 000	
Graphit . . . . .	700 000	
Übrige Baustoffe . . . . .	500 000	
Wärmeaustauscher . . . . .	500 000	3 500 000
Regulierung und Instrumente	500 000	
Kraftwerk . . . . .	1 000 000	
Gebäude . . . . .	500 000	
Montage u. Unvorhergesehenes	1 000 000	
	13 000 000	
	13 000 000	

den aktiven Teil bildenden Stoffe Uran, schweres Wasser und Graphit, die allein 70 % der Gesamtkosten ausmachen. Wollte man für den Moderator das kostspielige schwere Wasser durch Graphit ersetzen, so würden dadurch die Materialkosten kaum vermindert, denn die erforderliche Menge Uran müsste ein Vielfaches sein. In der Annahme, dass eine Leistung von 2500 kW an den Generatorklemmen abgegeben wird und ferner, dass die Anlage ohne Materialersatz während 30 Jahren dauernd voll belastet werden kann, lässt sich der Preis der Kilowattstunde zu ca. 0,10 Fr. berechnen. Es ist aber sehr gewagt, über die Gestehungskosten etwas auszusagen, solange keine für die Erzeugung elektrischer Energie gebaute Anlage während einiger Zeit im Betrieb gewesen ist.

Wir haben versucht, die Anlagekosten in Franken pro installiertes kW für thermische, hydraulische und Urankraftwerke nebeneinander zu stellen (Fig. 3). Beim Urankraftwerk wurde keine Grenze nach oben gezeichnet, denn da streuen die Ansichten im Verhältnis von etwa 1:10. Mit 5200 Fr./kW liegt der von uns ermittelte Wert wahrscheinlich zu tief.

Diese Betrachtungen sollen nicht den Eindruck erwecken, eine industrielle Verwertung der Kernenergie liege in so ferner Zukunft, dass unser Interesse an den Problemen der Kernphysik unbegründet sei. Es scheint doch, dass auf dem Gebiet der

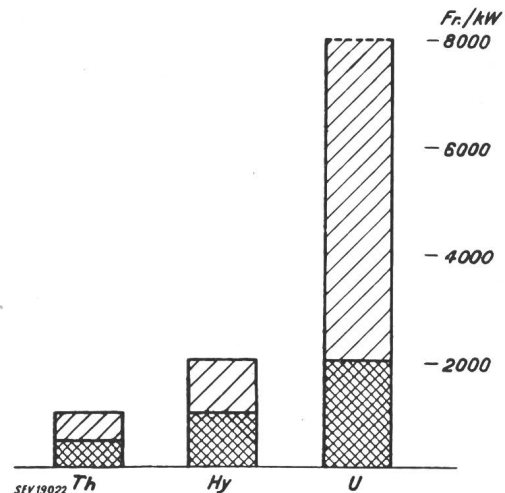


Fig. 3 Vergleich der Anlagekosten bezogen auf die installierte Leistung  
Th Thermisches Kraftwerk; Hy Hydraulisches Kraftwerk; U Uran-Kraftwerk

Wissenschaft nichts mehr absolut unmöglich wäre. Das früher für unteilbar gehaltene Atom ist im Jahre 1919 gespalten worden, 1939 gelang die erste Uranspaltung, 1942 die erste Kettenreaktion und drei Jahre später explodierte die erste Atombombe. Man sucht nach weiteren energieabgebenden Kernreaktionen.

Obwohl die Forschungsmittel der Schweiz im Vergleich zu denjenigen der Großstaaten ausserordentlich bescheiden sind, dürfen wir nicht abseits stehen. Wir müssen die Entwicklung aufmerksam verfolgen und versuchen, auf irgend einem Gebiet der Kernphysik oder ihrer technischen Anwendungen irgend etwas besonderes zu leisten.

Adresse des Autors:

J. Lalive d'Epinay, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Bemerkung der Redaktion:

Ein ausführlicher Aufsatz über einen vor der Technischen Gesellschaft in Zürich und vor dem Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein gehaltenen Vortrag des Verfassers wird in der Schweizerischen Bauzeitung Bd. 70 (1952), Nr. 7, vom 16. 2. 1952 erscheinen.