

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 50 (1959)
Heft: 9

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 22.02.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Die Erzeugungskosten der Kernenergie

621.311.25.003.12

Die Höhe der Erzeugungskosten der elektrischen Energie in Kernkraftwerken steht zurzeit im Mittelpunkt der Erörterungen über die künftige Stellung dieser Kraftwerke in der Energiewirtschaft. Will man sich selbst ein Urteil bilden, so stösst man auf grosse Hindernisse. Diese liegen teils im kommerziellen Wettbewerb zwischen den USA und Grossbritannien, teils in der Geheimhaltung der amerikanischen Atomkommission, ferner im Mangel an ausreichendem Erfahrungsmaterial über die echten, nicht durch offene und versteckte Subventionen verfälschten Kosten und schliesslich auch in der unvollkommenen Kenntnis wichtiger technischer Faktoren. Eine weitere Schwierigkeit, die bei der Bestimmung der Erzeugungskosten der Kernenergie entsteht, liegt in dem Auftauchen von Kostenarten, die für die übrige Energiewirtschaft nicht charakteristisch sind. Andererseits führt auch die uneinheitliche Kapital- und Geldlage in den einzelnen Ländern zu einer unterschiedlichen Beurteilung.

So kommt es, dass die Angaben über die Gestehungskosten der kWh in Kernkraftwerken weit auseinander gehen. Mit der Aufgabe, die Kostenverhältnisse und die Kostenstruktur der Kernenergie soweit als möglich zu klären, befassen sich zwei kürzlich in Deutschland veröffentlichte Arbeiten, die wir nachstehend besprechen möchten.

Bei der ersten Studie handelt es sich um das von O. Löbl, Essen, verfasste Kapitel 5.1: «Erzeugungskosten des Atomstroms» aus Riezler-Walcher: Kerntechnik¹⁾. Wie der Autor in seiner Einführung bemerkt, ist eine Untersuchung über die Kosten der Kernenergie zu einem Zeitpunkt, in welchem praktische Erfahrungen noch völlig fehlen, keine leichte Aufgabe. Deshalb wird in der genannten Arbeit nur die augenblickliche Kostenlage oder die der allernächsten Zukunft in Betracht gezogen. Auf Voraussagen über die künftige Kostenentwicklung wird bewusst verzichtet, da nicht einmal die derzeitigen Kosten mit ausreichender Sicherheit bekannt sind.

Zunächst werden die *Kostenfaktoren* ausführlich behandelt, wobei die auf die Energieeinheit bezogenen Erzeugungskosten eines Kernkraftwerkes in feste Kosten und Netto**brennstoffkosten** (d. h. Bruttobrennstoffkosten abzüglich die Gutschrift für den Restwert der verbrauchten Brennstoffelemente) unterteilt werden. Die festen Kosten bestehen aus den Kapitalkosten der Anlage, dem Zinsverlust während der Umlaufzeit der Brennstoffelemente und

den Betriebskosten. Die Bruttobrennstoffkosten setzen sich aus den Urankosten, den Fabrikationskosten und den Transportkosten der Brennelemente während des ganzen Umlaufs, einschliesslich Versicherung und Verzollung, zusammen. Schliesslich wird die Gutschrift für den Restwert der verbrauchten Brennelemente aus dem Restwert des Urans, die Vergütung für das Plutonium und die Kosten für die Wiederaufbereitung gebildet.

Diese verschiedenen Kostenfaktoren werden eingehend untersucht und die Berechnungsgrundlagen sehr klar dargestellt. Es ist zu beachten, dass die Entwicklungskosten und die Kosten der Brennsätze in den Anlagekosten nicht inbegriffen sind. Zur Umrechnung der Anlagekosten auf gleiche Leistungen nimmt der Autor an, dass die spezifischen Kosten mit der dritten Wurzel der Leistung abnehmen, wenn es sich nicht um zu grosse Leistungsunterschiede handelt. Unter *Kapitaldienst* werden nicht nur die Annuitäten, also Zinsen und Abschreibungen, sondern alle kapitalabhängigen Kosten, also auch die Kosten für Versicherung, Steuern und die allgemeine Verwaltung verstanden. Bei Annahme einer Nutzungsdauer für die Abschreibungen von 14 bis 15 Jahren kommt O. Löbl für deutsche Verhältnisse auf einen jährlichen Kapitaldienst von 14 %.

Im weiteren wird die Bedeutung der *Benutzungsdauer* für die Kostenberechnung unterstrichen. O. Löbl legt dar, warum in Deutschland eine Benutzungsdauer der installierten Leistung von 6000 Stunden pro Jahr durchaus angemessen ist. Ein Wert von 7000 Stunden pro Jahr wäre zu hoch gegriffen, da zunächst die Wasser- und dann die Braunkohlenkraftwerke die Grundlast übernehmen müssen.

Infolge der hohen Kosten eines Brennsatzes und der langen Frist zwischen Kauf, Ausnutzung und Rücklieferung, sowie der Notwendigkeit, mehr als einen Brennsatz im Umlauf zu haben, entstehen sog. *Zinsverluste*. Die Berechnung dieser Zinsverluste je erzeugte Energieeinheit setzt die Kenntnis der Verweilzeit der Brennelemente im und ausserhalb des Reaktors voraus. Bei Bezug aus den USA wird z. B. mit einer Verweilzeit ausserhalb des Reaktors von etwa 16 Monaten gerechnet. Bei einem Druckwasserreaktor mit einer Vollastdauer der Brennstoffelemente von 8000 Stunden und einem Ausnutzungsfaktor von 65 % beträgt das gesamte «*Brennstoffinventar*» rund das Doppelte der im Reaktor befindlichen Menge. Der zu berücksichtigende Zinssatz hängt von den Bezugsbedingungen des Brennsatzes

¹⁾ Riezler W. und Walcher W.: Kerntechnik, Stuttgart, Teubner 1958; 8°, 1002 S., 453 Fig., 164 Tab.

ab. So kann man heute in den USA das Uran nicht kaufen, sondern nur leihen; dafür ist an die Atomic Energy Commission (AEC) ein Pachtzins zu entrichten, der 4 % beträgt und der für die ganze Leihzeit vom Versand der AEC bis zur Rücklieferung an diese gefordert wird. Für die Fabrikationskosten der Brennstoffelemente hingegen, die nicht an die AEC, sondern an die Herstellerfirma zu entrichten sind, ist im vorliegenden Falle der deutsche Zinssatz anzusetzen.

Die jährlichen Betriebskosten, welche die Ausgaben für das Betriebspersonal, für den laufenden Unterhalt sowie für die Reparaturen enthalten, setzt der Autor mit 5 % des Anlagekapitals ein. Als dann werden die Brennstoffkosten sowie die Gutschrift für den Restwert der verbrauchten Brennelemente auf Grund der zurzeit in den USA verfügbaren Angaben untersucht. Verschiedene Kostenanteile, z. B. für das Uran, für die Fabrikation der Brennelemente und für ihre Wiederaufbereitung sind je Masseneinheit Uran angegeben. Diese Kosten sind auf die erzeugte Energieeinheit umzurechnen, und dies geschieht über den Abbrand, d. h. die Wärmemenge, die je Masseneinheit Uran-Isotopen-Gemisch während der Brenndauer gewonnen wird, sowie über den Gesamtwirkungsgrad des Kernkraftwerkes. Beim Druckwasserreaktor kann dieser Wirkungsgrad im Bestfall etwa 28 % und beim Calder-

Hall-Reaktor infolge des etwas höheren Energiebedarfs des Kraftwerkse etwa 27 % erreichen.

Auf Grund dieser Betrachtungen über die Kostenverhältnisse in Kernkraftwerken werden daraufhin zwei Typen von Anlagen besprochen, die beim derzeitigen Stand der Technik für die Erzeugung von Kernenergie in Frage kommen. Es handelt sich um das Yankee-Kraftwerk, eine Anlage, die mit einem Druckwasserreaktor arbeitet und in den USA von Westinghouse in Zusammenarbeit mit Stone & Webster hergestellt wird, sowie um eine britische Anlage nach dem Calder-Hall-Typ. Die für diese beiden Kraftwerke in früheren Veröffentlichungen bekanntgegebenen Energiekosten werden analysiert, ihre Voraussetzungen ermittelt und deren Berechnung untersucht.

Tabelle I enthält die von O. Löbl nach dem besprochenen Schema für deutsche Verhältnisse neu berechneten Erzeugungskosten des Yankee-Kraftwerkes und der britischen Anlage nach dem Calder-Hall-Typ.

In einem Bericht der OECE sind seinerzeit für die Yankee-Anlage Erzeugungskosten von 4,82 DPf. je kWh und für die britische Anlage solche von 4,14 DPf. je kWh genannt worden. Die vom Verfasser berechneten Kosten liegen also wesentlich höher. Er kommt zum Schluss, dass von einer Wett-

Energieerzeugungskosten für zwei typische Kernkraftwerke nach O. Löbl

Tabelle I

		Yankee-Anlage	Anlage nach dem Calder Hall-Typ
Elektrische Nettoleistung	MW	134	150
Spezifische Anlagekosten (ohne Entwicklungskosten, ohne Bauzinsen, ohne Brennstoff)	DPf./kWh	1785.—	1660.—
Bauzinsen	DPf./kWh	268.—	249.—
Spezifische Bruttokosten eines Brennsatzes	DPf./kWh	388.—	430.—
Brennstoff (Art und Menge)	t	25 t anger. U	250 t nat. metall. U
U ²³⁵ -Konzentration	%	2,6	0,714
U ²³⁵ -Gewicht	kg	650	1760
Abbrand	MWd/t	7300	2750
Spaltfaktor	%	30,6	42,0
Vollastdauer	h bzw. a	8500 h = 0,97 a	27 100 h = 3,10 a
Jährliche Benutzungsdauer bzw. Ausnutzungsfaktor	h/a bzw. %	6000 h/a ≈ 68,5%	6000 h/a ≈ 68,5%
Verweilzeit im Reaktor	a	1,42	4,52
Gesamtwirkungsgrad	%	26,0	25,0
Brennstoffinventar als Vielfaches der Brennstoffmenge im Reaktor	—	2,0	1,3
Jährlicher Kapitaldienst (Zinsen, Abschreibung, Steuer, Versicherung, Allg. Verwaltung)	%	14	14
Zinsfuß für den Brennsatz	%	7	7
Jährliche Betriebskosten in Prozenten der Anlagekosten	%	5	5
<hr/>			
Kapitalkosten (einschl. Bauzinsen)	DPf./kWh	4,79	4,45
Zinsverlust	DPf./kWh	0,45	0,33
Betriebskosten	DPf./kWh	1,49	1,33
Feste Kosten	DPf./kWh	6,73	6,16
Urankosten der Brennelemente	DPf./kWh	2,88	1,05
Fabrikationskosten der Brennelemente	DPf./kWh	1,50	0,43
Transportkosten der Brennelemente einschl. Rücktransport, Versicherung und Zölle	DPf./kWh	0,18	0,11
Brutto-Brennstoffkosten	DPf./kWh	4,56	1,59
Restwert des Urans	DPf./kWh	— 1,93	—
Vergütung für Plutonium	DPf./kWh	— 0,46	— 0,55
Wiederaufbereitungskosten	DPf./kWh	+ 0,19*)	+ 0,18*)
Gutschrift	DPf./kWh	— 2,20	— 0,37
<hr/>			
Erzeugungskosten	DPf./kWh	9,09	7,38

*) Subventionswert, nur als Erinnerungsposten.

Energieerzeugungskosten von drei 100-MW-Kernkraftwerken nach K. Gronheid

Tabelle II

Nutzleistung	MW	100	100	100
Reaktortype		Druckwasser-R. leichtes Wasser	Siedewasser-R. schweres Wasser	gasgek. Reaktor Kohlendioxyd
Kühlmittel				
Spez. Anlagekosten des Werkes	DM/kW	1000	850	1500
Spez. Anlagekosten des kerntechnischen Teiles	DM/kW	600	510	900
Spez. Anlagekosten des konventionellen Teiles	DM/kW	400	340	600
Wärmeleistung des Reaktors N	MW	400	370	500
Gesamtwirkungsgrad	%	25	27	20
Anreicherung	%	2,2	—	—
Zinsfuss	%	10	10	10
Abschreibungszeit	a	10	10	10
Abschreibungszeit	a	15	15	15
Kapitalsteuern	%	2,4	2,4	2,4
Uraneinsatz	t	23	52	140
Gesamtbedarf an Uran	t	47	106	180
Kosten des gesamten Uranmaterials	10 ⁶ DM	82,3	17,8	30,2
Herstellungskosten*)	10 ⁶ DM	14,4	27,0	6,0
Mietsatz für Uran	%	4	4	4
Kosten des schweren Wassers	10 ⁶ DM	—	15,6	—
Personalbestand (Anzahl)		80	80	95
Mittlere jährliche Personalkosten	DM/Pers./a	9500	9500	9000
Instandhaltungskosten	DM/kW/a	25	20	30
Sonstige Kosten (einschl. Versicherungen)	DM/kW/a	12	18	13
Fertigungskosten eines Reaktorkernes	10 ⁶ DM	13,8	26,0	21,0
Kosten des erzielbaren Abbrandes des Kernes	10 ⁶ DM	10,1	33,9	72,4
Transportkosten des bestrahlten Kernes	10 ⁶ DM	1,66	2,79	6,05
Wiederaufbereitungskosten des bestrahlten Kernes	10 ⁶ DM	3,45	6,24	16,08
Erzielbarer Abbrand	MWd/t	6000	4000	3000
Mischpreis des U ²³⁵	DM/g	79,0	24,0	24,0
Spaltungsrate des U ²³⁵		0,82	0,85	0,9
Konversionsfaktor des ausgebrannten Elementes		0,8	0,95	0,8
Plutoniumpreis	DM/g	84	84	84
<i>Leistungsabhängige Jahreskosten:</i>				
Kapitalkosten des Kraftwerkes	DM/kW/a	180	153	270
Kapitalkosten des Spaltstoffes	DM/kW/a	47,3	34,1	18,1
Kapitalkosten des schweren Wassers	DM/kW/a	—	15,6	—
Personalkosten	DM/kW/a	7,6	7,6	8,6
Instandhaltungskosten	DM/kW/a	25,0	20,0	30,0
Sonstige feste Kosten	DM/kW/a	12,0	18,0	13,0
<i>Leistungsabhängige Jahreskosten insgesamt</i>				
Anteil der leistungsabhängigen Kosten an den Energieselbstkosten bei einer jährlichen Benutzungsdauer von 7000 h . .	DPf./kWh	271,9	248,3	339,7
<i>Arbeitsabhängige Kosten:</i>				
Fertigungskosten des Reaktorkernes	DPf./kWh	1,667	1,929	0,948
Kosten des Abbrandes	DPf./kWh	1,234	0,360	0,514
Transportkosten	DPf./kWh	0,200	0,200	0,300
Wiederaufbereitungskosten	DPf./kWh	0,417	0,463	0,758
<i>Arbeitsabhängige Kosten insgesamt</i>				
Plutoniumrückvergütung	DPf./kWh	3,518	2,952	2,520
DPf./kWh	1,050	1,196	1,440	
<i>Energieselbstkosten des Atomkraftwerkes</i> bei einer jährlichen Benutzungsdauer von 7000 h	DPf./kWh	6,368	5,256	5,980

*) Bezieht sich auf das im Reaktor eingesetzte Material.

bewerbsfähigkeit der Kernkraftwerke mit Kohlenkraftwerken in Westdeutschland vorläufig noch nicht gesprochen werden kann. Diese Schlussfolgerung bezieht sich aber nur auf die derzeitige Kostenlage. Da schon diese voller Ungewissheiten (Höhe des Abbrandes, Lebensdauer des Reaktors, offene und versteckte Subventionen) ist, hat es nach O. Löbl wenig Sinn, die künftigen Kosten voraussehen zu wollen. Ferner erstrecken sich die Überlegungen des Verfassers ausschliesslich auf Typen, die nach dem augenblicklichen Stand der Technik für grosse Leistungen in Betracht kommen. Es ist durchaus möglich, dass andere noch in der Entwicklung be-

findliche oder jetzt noch unbekannte Typen besser abschneiden werden. Schliesslich sei nochmals betont, dass die ermittelten Gestehungskosten nur für Deutschland und Länder mit ähnlichen Geld- und Kapitalverhältnissen gelten.

Die zweite Arbeit²⁾ wurde vom Energiewirtschaftlichen Institut der Universität Köln als Dissertation veröffentlicht. Nach einer Einleitung über die Atomenergie als neue Energiequelle und einer sehr übersichtlichen Darstellung der physikalischen und technischen Probleme, der verschiedenen Bauarten

²⁾ Konstanze Gronheid: Die Kostenstruktur von Atomkraftwerken, München, Oldenbourg 1958; 8°, 105 S., 20 Fig.

von Kernkraftwerken sowie der verschiedenen Spaltstoffzyklen und der Probleme der Spaltstofflagerhaltung geht die Autorin auf die Problematik der Kostenstruktur von Kernkraftwerken näher ein. Zuerst werden die Erzeugungsanlagen von Kernenergie kostenmäßig analysiert und die Kraftwerke in Teilsysteme zerlegt. Eine solche Systematik wird später, wenn einmal genügend Angaben über die Kosten der Teilsysteme vorliegen, eine sehr wertvolle Auswertung ermöglichen, da sie den Zusammenhang zwischen der technischen Auslegung und den Anlagekosten wiedergibt und Wege zur Kostensenkung aufzeigt. In der vorliegenden Dissertation wird jedoch die Berechnung der Kosten in einfacherer Weise vorgenommen.

Zunächst werden die Anlagekosten und der Kapitaldienst von Kernkraftwerken untersucht. Nach einigen Betrachtungen über die Struktur der Anlagekosten und deren Aufteilung auf den kerntechnischen und den konventionellen Teil, sowie auf die bau-, maschinen- und elektrotechnischen Teile werden die Faktoren besprochen, die die Anlagekosten beeinflussen. *Konstanze Gronheid* untersucht insbesondere die Auswirkung der Größendegression sowie die technischen Faktoren, die den Gesamtwirkungsgrad eines Kernkraftwerkes bestimmen. So wird gezeigt, dass eine Verbesserung des Wirkungsgrades von 25 auf 35 % eine Senkung der spezifischen Anlagekosten um 21 % mit sich bringen würde.

Für die Berechnung des *Kapitaldienstes* von Kernkraftwerken unterscheidet die Autorin zwischen den Kapitalkosten der Kraftwerksanlage und jenen des Spaltstoffs. Als jährliche Tilgungsbeträge werden für den kerntechnischen Teil 14,9 % (8%ige Verzinsung und 10jährige Tilgung) und für den konventionellen Teil 11,7 % (8%ige Verzinsung und 15jährige Tilgung) angenommen. Wenn man überschlagsmäßig den Anteil des kerntechnischen Teiles des Kraftwerkes auf 60 % ansetzt, so ergibt sich ein mittlerer jährlicher Tilgungsbetrag von 13,6 %. Zählt man noch Steuern und Versicherungen hinzu, dann erreichen die Kapitalkosten für deutsche Verhältnisse rund 16 %, ein Wert, der etwas höher als der von *O. Löbl* errechnete Satz von 14 % liegt.

Bei der Kostenkalkulation des Spaltstoffs geht *Konstanze Gronheid* anders als *O. Löbl* vor. Sie stellt

fest, dass die Kosten des Spaltstoffs ein Mittelding zwischen Anlagekosten und Betriebskosten darstellen. Es erscheint ihr deshalb zweckmäßig, die Kosten des benötigten Uranmaterials, ebenso die Kosten der auf Lager gehaltenen bzw. auf dem Transport befindlichen *neuen* Spaltstoffelemente als Anlagekosten zu betrachten. Hingegen zählen nach ihrer Ansicht die Kosten der Herstellung derjenigen Spaltstoffelemente, die innerhalb des Betriebsjahres in den Reaktor eingesetzt werden, nach Massgabe des erfolgten Abbrandes der Elemente zu den Betriebskosten. Der Abbrand selbst, die Transportkosten verbrauchter Elemente und die Kosten der Wiederaufbereitung sind ebenfalls Betriebskosten.

Alsdann wird die Struktur der *Betriebskosten* untersucht. Diese sind in Personalkosten, Instandhaltungskosten, Spaltstoffkosten und sonstige Kosten aufgeteilt. Es wird angenommen, dass bei grossen Kernkraftwerken in den nächsten 10 bis 15 Jahren ein spezifischer Personalstand von weniger als einer Person je MW elektrische Leistung erreicht wird. Dabei ist das Personalkostenniveau höher als bei konventionellen Kraftwerken, und für deutsche Verhältnisse dürften die mittleren jährlichen Personalkosten in der Grössenordnung von 10 000 DM pro Person liegen.

Für Reparatur und Instandhaltungskosten wird mit einem Satz von 2 % der Anlagekosten gerechnet. Es ist der Autorin beizupflichten, wenn sie sagt, dass unter den Betriebskosten die Spaltstoffkosten die wichtigsten und zugleich im jetzigen Zeitpunkt der Atomtechnik die am schwierigsten ermittelbaren Kosten sind. Insbesondere bereiten die Kosten der chemischen Wiederaufbereitung grosse Schwierigkeiten, da über diesen Kostenfaktor wenig bekannt und sehr wenig veröffentlicht ist. Auf Grund der ihr seinerzeit (1957) zur Verfügung stehenden Angaben kommt die Autorin zum Schluss, dass bei Spaltstoffkosten von z. B. 1,5 DPf./kWh die Wiederaufbereitungskosten um 0,5 DPf./kWh liegen dürfen.

Unter *sonstige Kosten* versteht *Konstanze Gronheid* die Kosten für Betriebsstoffe und Hilfsmaterial, Wasser, Putz- und Schmiermittel, Lagerhaltung usw.; wassergekühlte und -moderierte Reaktoren brauchen Chemikalien zur ständigen Aufbereitung des Wassers im Primärkreislauf; der radioaktive

Prozentuale Aufgliederung der Energieerzeugungskosten von drei 100-MW-Atomkraftwerken für 7000 h/a nach K. Gronheid

Tabelle III

Nutzleistung	MW	100	100	100
Reaktortyp		Druckwasser-Reaktor %	Siedewasser-Reaktor %	gasgekühlter Reaktor %
Kapitalkosten des Werkes		40,5	41,5	64,6
Kapitalkosten des Spaltstoffs	10,7	9,1	4,0	4,3
Kapitalkosten des schweren Wassers	—	—	—	—
Personalkosten	1,7	2,1	2,2	—
Instandhaltungskosten	5,6	5,3	7,3	—
Sonstige feste Kosten	2,7	4,9	3,2	—
Fertigungskosten des Reaktorkernes	26,3	36,6	16,1	—
Kosten des Abbrandes (unter Berücksichtigung der Pu-Rückvergüting)	2,8	— 16,0	— 15,5	—
Transportkosten der bestrahlten Elemente	3,1	3,8	5,1	—
Wiederaufbereitungskosten	6,6	8,7	12,7	—
Stromerzeugungskosten	100,0	100,0	100,0	—

Abfall muss in Absetzbecken gesammelt und schliesslich beseitigt werden. Zu den sonstigen Betriebskosten zählen auch die Kosten von Leistungen Dritter sowie die Versicherungskosten.

In einem weiteren Abschnitt sind die wichtigsten Komponenten der Energieerzeugungskosten sehr übersichtlich zusammengestellt; ferner werden vier Beispiele für die Ermittlung der Selbstkosten der in Kernkraftwerken erzeugten Energie durchgerechnet. Die errechneten Kosten dürften für Anlagen zutreffen, die im Zeitraum 1960...1965 in Betrieb gesetzt werden.

In Tabelle II wird die Berechnung für 3 Typen von Kernkraftwerken mit einer elektrischen Nutzleistung von 100 MW wiedergegeben.

Die Erzeugungskosten liegen etwas tiefer als die von O. Löbl für ähnliche Kraftwerke errechneten Werte. Zum Teil hängt dies mit der Annahme einer längeren Benutzungsdauer (7000 Stunden anstatt 6000 Stunden pro Jahr) zusammen. Sehr aufschlussreich ist die prozentuale Aufgliederung der Erzeugungskosten (Tab. III).

Beim Druckwasser- und Siedewasserreaktor sind ca. 40 % der Erzeugungskosten Kapitalkosten der Kraftwerkseinheit. Unter Berücksichtigung der Kapitalkosten des Spaltstoffes kommt man auf einen Kostenanteil von ca. 50 %. Die Herstellungskosten der Spaltstoffelemente und ihre Wiederaufbereitungskosten betragen ca. 30 bis 45 % der gesamten Erzeugungskosten.

In einem letzten Abschnitt werden die Energieerzeugungskosten, wie sie etwa in zehn Jahren in Deutschland erwartet werden können, abzuschätzen versucht. Für den Zeitraum 1965 bis 1970 ergeben sich nach diesen Schätzungen Kosten von 4,35 DPf./kWh ohne Plutoniumrückvergütung und rund 3,8 DPf./kWh mit Plutoniumrückvergütung.

Wenn auch die von O. Löbl und Konstanze Gronheid errechneten Kosten nur für deutsche Verhältnisse gültig sind und auf Grundlagen beruhen, die einer stetigen Anpassung an die neuesten Erkenntnisse bedürfen, so ist doch das Studium beider Arbeiten sehr zu empfehlen. Sie bilden einen wertvollen Beitrag zur Abklärung der Kostenstruktur der Kernenergie und zur Systematik der Selbstkostenrechnung bei Kernkraftwerken.

R. Saudan

schaftsverbandes statt. Über das definitive Programm, das eine Reihe aktueller wasserwirtschaftlicher Vorträge und interessante Kraftwerkbesichtigungen vorsieht, gibt das Sekretariat VSE gerne Auskunft. Die Anmeldungen sind bis zum 9. Mai 1959 an den Österreichischen Wasserwirtschaftsverband, Wien I, Graben 17, erbeten.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Zahlen aus der schweizerischen Wirtschaft

(Auszüge aus «Die Volkswirtschaft» und aus «Monatsbericht Schweizerische Nationalbank»)

Nr.		Februar	
		1958	1959
1.	Import (Januar-Februar)	578,6 (1193,3)	564,9 (1153,5)
	Export (Januar-Februar)	514,4 (1002,8)	551,5 (1039,2)
2.	Arbeitsmarkt: Zahl der Stellen-suchenden	6 638	6 109
3.	Lebenskostenindex*) Aug. 1939 { Grosshandelsindex*)} = 100 { Detailpreise*): (Landesmittel) (August 1939 = 100)	180,5 219,1	180,9 212,5
	Elektrische Beleuchtungs- energie Rp./kWh	33 (92)	33 (92)
	Elektr. Kochenergie Rp./kWh	6,6 (102)	6,6 (102)
	Gas Rp./m ³	29 (121)	30 (125)
	Gaskoks Fr./100 kg	21,21 (276)	19,67 (256)
4.	Zahl der Wohnungen in den zum Bau bewilligten Gebäuden in 42 Städten	828	1 435
5.	(Januar-Februar)	(1 582)	(3 159)
6.	Offizieller Diskontsatz . . . %	2,5	2,5/2,0
	Nationalbank (Ultimo)		
	Notenumlauf 10 ⁶ Fr.	5 497,9	5 650,7
	Täglich fällige Verbind- lichkeiten 10 ⁶ Fr.	2 514,1	3 317,1
	Goldbestand und Gold- devisen 10 ⁶ Fr.	8 004,5	9 067,0
	Deckung des Notenumlaufes und der täglich fälligen Ver- bindlichkeiten durch Gold %	92,96	96,19
7.	Börsenindex	am 25. Febr.	am 20. Febr.
	Obligationen	95	101
	Aktien	383	464
	Industriekästen	518	606
8.	Zahl der Konkurse	46	39
	(Januar-Februar)	(85)	(73)
	Zahl der Nachlassverträge . . .	12	9
	(Januar-Februar)	(29)	(32)
9.	Fremdenverkehr		Januar
	Bettenbesetzung in % nach den vorhandenen Betten . . .	1958	1959
		21,9	23,0
10.	Betriebseinnahmen der SBB allein		Januar
	Verkehrseinnahmen aus Personen- und Güterverkehr	10 ⁶ Fr.	1958
			1959
		59,0 (836,1)	57,2
	Betriebsertrag	65,1 (914,8)	63,6

*) Entsprechend der Revision der Landesindexermittlung durch das Volkswirtschaftsdepartement ist die Basis Juni 1914 = 100 fallen gelassen und durch die Basis August 1939 = 100 ersetzt worden.

Kongresse und Tagungen

Tagung des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes

Vom 26. bis 28. Mai 1959 findet in Salzburg die diesjährige Wasserwirtschaftstagung des Österreichischen Wasserwirt-

**Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie
durch die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung**

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Erzeugung der Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte. Nicht inbegriffen ist also die Erzeugung der bahn- und industrieigenen Kraftwerke für den eigenen Bedarf.

Monat	Energieerzeugung und Bezug												Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung				
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59		1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	
	in Millionen kWh												%	in Millionen kWh				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober ...	1035	1355	4	1	23	52	165	21	1227	1429	+16,5	2167	3094	-202	-32	112	235	
November ..	907	1176	23	2	17	23	250	74	1197	1275	+ 6,5	1895	2844	-272	-250	78	124	
Dezember ..	854	1151	31	2	18	21	344	147	1247	1321	+ 5,9	1520	2398	-375	-446	86	125	
Januar	870	1192	31	2	21	26	345	99	1267	1319	+ 4,1	1158	1943	-362	-455	89	128	
Februar ...	978	1114	6	1	27	24	114	99	1125	1238	+10,0	974	1368	-184	-575	83	135	
März	1168		2		23		56		1249			522		-452		81		
April	1054		4		21		69		1148			327		-195		75		
Mai	1322		1		67		12		1402			1043		+ 716		258		
Juni	1387		1		48		35		1471			1693		+ 650		338		
Juli	1482		1		50		53		1586			2505		+ 812		402		
August	1451		1		50		39		1541			3073		+ 568		406		
September ..	1443		0		50		11		1504			3126 ⁴⁾		+ 53		380		
Jahr	13951		105		415		1493		15964							2388		
Okt.-Februar	4644	5988	95	8	106	146	1218	440	6063	6582	+ 8,6			-1395	-1758	448	747	

Monat	Verteilung der Inlandabgabe												Inlandabgabe inklusive Verluste					
	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft		Industrie		Chemische metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel ¹⁾		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicher-pumpen ²⁾		ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr ³⁾ %		mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59
	in Millionen kWh																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober ...	523	567	218	215	169	168	14	27	55	59	136	158	1099	1153	+ 4,9	1115	1194	
November ..	540	576	217	203	153	157	4	10	65	68	140	137	1110	1137	+ 2,4	1119	1151	
Dezember ..	582	607	209	203	144	165	3	6	73	67	150	148	1151	1186	+ 3,0	1161	1196	
Januar	586	609	214	202	138	157	3	6	81	72	156	145	1164	1183	+ 1,6	1178	1191	
Februar ...	512	544	190	196	131	150	5	8	69	68	135	137 ⁽¹²⁾ ⁽³⁾	1025	1092	+ 6,5	1042	1103	
März	570		208		170		6		76		138		1160				1168	
April	506		195		182		9		55		126		1060				1073	
Mai	484		191		180		60		55		174		1044				1144	
Juni	463		193		169		84		56		168		1017				1133	
Juli	468		194		180		99		59		184		1057				1184	
August	473		191		175		88		52		156		1029				1135	
September ..	495		205		168		51		51		154		1062				1124	
Jahr	6202		2425		1959		426		747		1817 ⁽¹⁷²⁾		12978				13576	
Okt.-Februar	2743	2903	1048	1019	735	797	29	57	343	334	717 ⁽³⁷⁾	725 ⁽²⁷⁾	5549	5751	+ 3,6	5615	5835	

¹⁾ Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.

²⁾ Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.

³⁾ Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.

⁴⁾ Speichervermögen Ende September 1958: 3220 Millionen kWh.

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft

Die nachstehenden Angaben beziehen sich sowohl auf die Erzeugung der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung wie der bahn- und industrieigenen Kraftwerke.

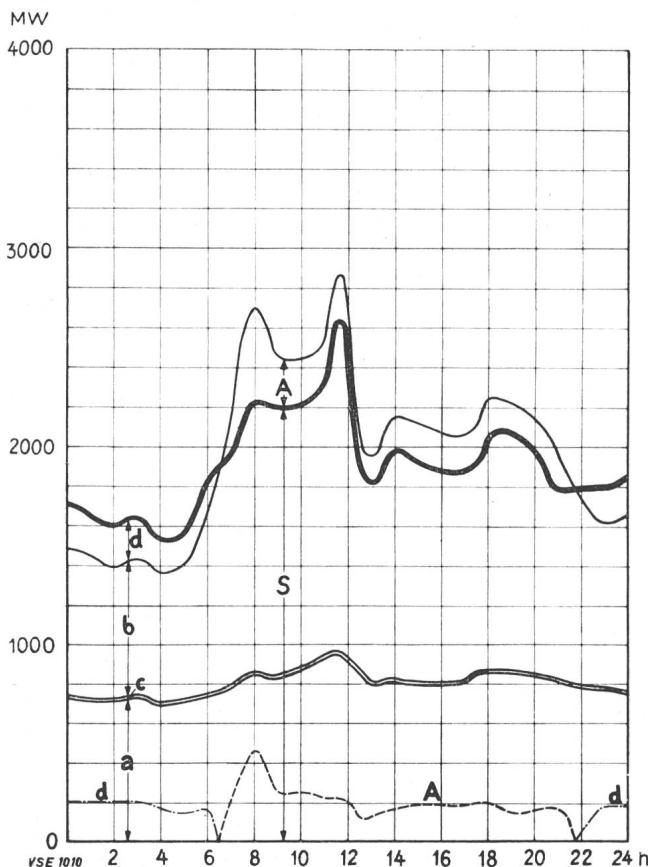
Monat	Energieerzeugung und Einfuhr									Speicherung				Energieausfuhr		Gesamter Landesverbrauch		
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Einfuhr		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende	Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung							
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59		1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	
in Millionen kWh										% in Millionen kWh								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober ...	1264	1639	11	7	165	21	1440	1667	+15,8	2332	3331	— 223	— 34	112	238	1328	1429	
November ..	1064	1377	31	9	256	75	1351	1461	+ 8,1	2039	3063	— 293	— 268	78	128	1273	1333	
Dezember ..	980	1324	38	10	356	149	1374	1483	+ 7,9	1639	2579	— 400	— 484	86	132	1288	1351	
Januar	982	1353	40	11	358	99	1380	1463	+ 6,0	1256	2080	— 383	— 499	89	135	1291	1328	
Februar ...	1099	1250	14	11	123	101	1236	1362	+10,2	1063	1463	— 193	— 617	83	143	1153	1219	
März	1307		10		60		1377			580		— 483		87		1290		
April	1222		10		73		1305			355		— 225		88		1217		
Mai	1647		5		12		1664			1125		+ 770		295		1369		
Juni	1725		4		35		1764			1850		+ 725		393		1371		
Juli	1835		5		53		1893			2734		+ 884		460		1433		
August	1808		3		39		1850			3311		+ 577		464		1386		
September ..	1770		4		11		1785			3365 ²⁾		+ 54		423		1362		
Jahr	16703		175		1541		18419							2658		15761		
Okt.-Februar	5389	6943	134	48	1258	445	6781	7436	+ 9,7			-1492	-1902	448	776	6333	6660	

Monat	Verteilung des gesamten Landesverbrauches														Landesverbrauch ohne Elektrokessel und Speicher-pumpen	Veränderung gegen Vorjahr	
	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektro-kessel ¹⁾		Bahnen		Verluste		Verbrauch der Speicher-pumpen				
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	
in Millionen kWh														%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	532	580	239	241	277	285	17	30	107	114	151	164	5	15	1306	1384	+ 6,0
November ..	549	588	236	228	223	238	6	15	105	109	148	151	6	4	1261	1314	+ 4,2
Dezember ..	592	620	225	227	189	210	4	8	112	118	158	163	8	5	1276	1338	+ 4,9
Januar	596	622	233	228	174	187	5	8	112	120	160	160	11	3	1275	1317	+ 3,3
Februar ...	520	556	211	218	165	174	9	10	100	108	135	150	13	3	1131	1206	+ 6,6
März	581		232		203		8		112		152		2		1280		
April	515		218		223		13		105		138		5		1199		
Mai	493		215		295		69		102		152		43		1257		
Juni	473		214		299		91		104		155		35		1245		
Juli	480		216		310		107		112		177		31		1295		
August	485		211		305		97		110		158		20		1269		
September ..	506		224		291		59		108		162		12		1291		
Jahr	6322		2674		2954		485		1289		1846		191		15085		
Okt.-Februar	2789	2966	1144	1142	1028	1094	41	71	536	569	752	788	43	30	6249	6559	+ 5,0

¹⁾ Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.

²⁾ Speichervermögen Ende September 1958: 3463 Millionen kWh.

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz



1. Verfügbar Leistung, Mittwoch, den 18. Februar 1959	MW
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse, Tagesmittel	800
Saison speicherwerke, 95 % der Ausbauleistung	2650
Thermische Werke, installierte Leistung	160
Einfuhrüberschuss zur Zeit der Höchstleistung —	—
Total verfügbar	3610

2. Aufgetretene Höchstleistungen, Mittwoch, den 18. Februar 1959

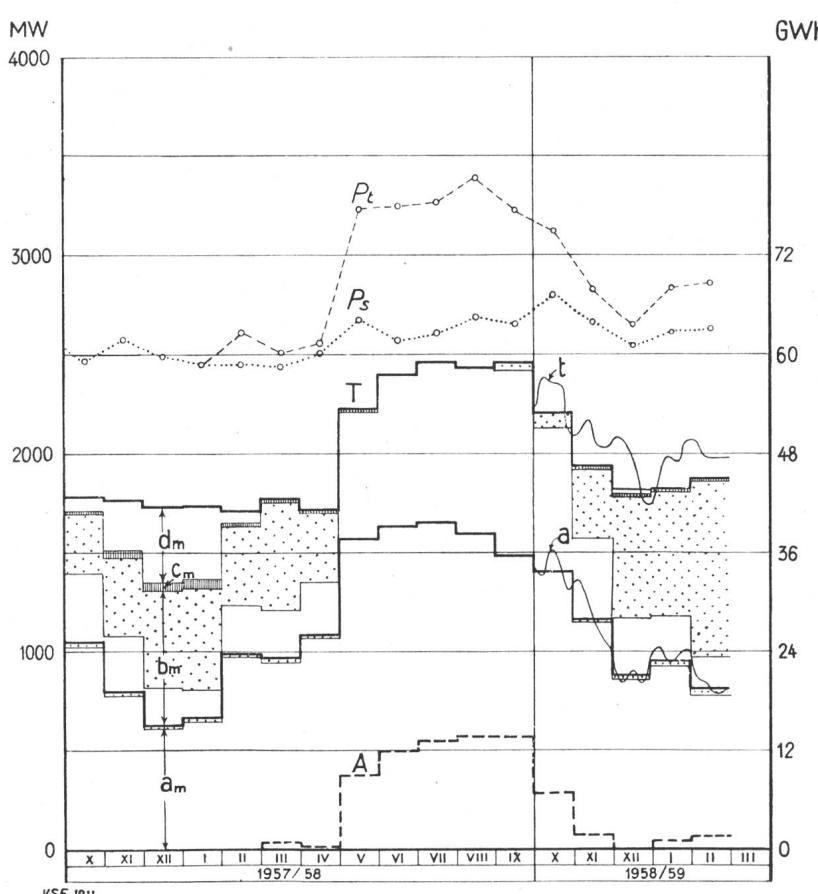
Gesamtverbrauch	2860
Landesverbrauch	2630
Ausfuhrüberschuss	470

3. Belastungsdiagramm, Mittwoch, den 18. Februar 1959 (siehe nebenstehende Figur)

- a Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher)
- b Saison speicherwerke
- c Thermische Werke
- d Einfuhrüberschuss
- S + A Gesamtbelastung
- S Landesverbrauch
- A Ausfuhrüberschuss

4. Energieerzeugung und -verwendung

	Mittwoch 18. Feb.	Samstag 21. Feb.	Sonntag 22. Feb.
	GWh (Millionen kWh)		
Laufwerke	19,1	19,0	18,0
Saison speicherwerke	28,0	23,9	14,9
Thermische Werke	0,4	0,3	0,1
Einfuhrüberschuss	—	—	—
Gesamt abgabe	47,5	43,2	33,0
Landesverbrauch	46,0	41,6	32,7
Ausfuhrüberschuss	1,5	1,6	0,3



1. Erzeugung an Mittwochen

- a Laufwerke
- t Gesamterzeugung und Einfuhrüberschuss

2. Mittlere tägliche Erzeugung in den einzelnen Monaten

- a_m Laufwerke, wovon punktierter Teil aus Saison speicherwasser
- b_m Speicherwerke, wovon punktierter Teil aus Saison speicherwasser
- c_m Thermische Erzeugung
- d_m Einfuhrüberschuss

3. Mittlerer täglicher Verbrauch in den einzelnen Monaten

- T Gesamtverbrauch
- A Ausfuhrüberschuss
- T-A Landesverbrauch

4. Höchstleistungen am dritten Mittwoch jedes Monates

- P_s Landesverbrauch
- P_f Gesamtbelastung

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1,
Postadresse: Postfach Zürich 23, Telefon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.
Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.