

# Kostenvergleich von nuklearer und konventioneller Energieerzeugung

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83 (1965)**

Heft 24

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68186>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Im Zusammenhang mit dem Beschluss der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK), ein Atomkraftwerk von 300 MW elektrischer Leistung in der Beznaun aufzustellen, interessiert die Frage, inwiefern nuklear erzeugte Energie gegenüber hydraulisch oder thermisch erzeugter konkurrenzfähig sei. Ihre Beantwortung ist von allgemeiner Bedeutung, da die Elektrizitätswerke verpflichtet sind, den Bedarf an elektrischer Energie auch in Zukunft mit Sicherheit und zu möglichst günstigen Preisen zu decken. Nun ist aber zu bedenken, dass es schwierig ist, die Kostenelemente auf eine vergleichbare Grundlage zu bringen, weil auf dem Gebiete der Atomenergieerzeugung noch alles in Entwicklung steht und sich dementsprechend die kostenbestimmenden Faktoren stark verändern. Schon der Umstand, dass von den 95 Kernkraftwerken, die anfangs 1965 auf der ganzen Welt in Betrieb oder in Bau standen oder deren Bau endgültig beschlossen war, zwei Drittel Versuchs- und Prototypanlagen sind, wie auch die grossen Forschungs- und Entwicklungsprogramme zeigen eindrücklich, dass auf diesem Gebiet alles stark im Fluss ist. Trotzdem ist es notwendig, sich über den heutigen Stand Rechenschaft zu geben, um für die weittragenden Entschlüsse eine möglichst zuverlässige Grundlage zu erhalten. Um dieser Notwendigkeit zu entsprechen, hat Dr.-Ing. R. Guck, Karlsruhe, am Kolloquium vom 10. Mai 1963 im Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung in Würenlingen über seine diesbezüglichen Studien berichtet.<sup>1)</sup>

Die Kostenfaktoren der Stromerzeugung werden zweckmässigerweise in feste Kosten (Anlagekosten, Kapitaldienst, Bedienung und Unterhalt) und in bewegliche, das heisst von der Stromerzeugung abhängige Kosten (Brennstoff- und Betriebsmittelkosten) unterteilt.

Obwohl die Kostenstruktur für konventionelle und nukleare Kraftwerke grundsätzlich gleich ist, ergeben die verschiedenen Faktoren unterschiedliche Anteile je nach der Benützungsdauer. Für Kraftwerke im Bereich von 10 bis 500 MW gilt eine Kostenaufteilung nach Tabelle 1.

Mit zunehmender Kraftwerkgrösse ergeben sich sowohl beim Atomkraftwerk als auch bei Dampfkraftwerken sinkende Erzeugungskosten pro kWh. Die Abnahme ist bei jenen grösser als bei diesen; somit kann der Fall der Kostengleichheit eintreten. Es sind auch Betriebsbereiche denkbar, bei denen der Atomstrom preislich günstiger zu liegen kommt, als die in konventionellen Kraftwerken erzeugte Energie.

<sup>1)</sup> Die überarbeitete Niederschrift findet sich in «Neue Technik» 6 (1964) Nr. B 3, S. 118—128

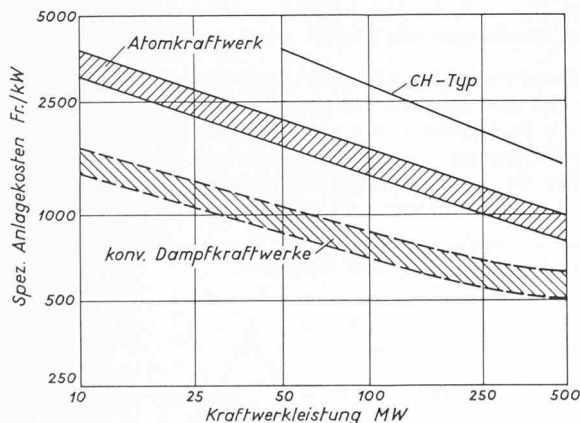


Bild 1. Anlagekosten von Atomkraftwerken und konventionellen Dampfkraftwerken in Abhängigkeit von der Kraftwerkleistung

Tabelle 1. Kostenaufteilung in Prozenten der Jahreskosten

Kraftwerkart <sup>1)</sup>	A	K	A	K
Jährl. Vollbetriebsstd.	7000	7000	3500	3500
Kapitalkosten	52	28	62	43
Brennstoffkosten	34	56	22	40
Bedienung u. Unterhalt	14	16	16	17

<sup>1)</sup> A = Atomkraftwerk K = konventionelles Kraftwerk

Bild 1 zeigt den Verlauf der spezifischen Anlagekosten  $k$  in Abhängigkeit von der Kraftwerksleistung  $P$ . Bei den Atomkraftwerken ist zu bemerken, dass nur im Kraftwerkbetrieb erprobte Reaktoren in den Vergleich einbezogen werden dürfen. Es handelt sich vornehmlich um leichtwassermoderierte Siedewasser- und Druckwasserreaktoren. Die Natur-Uran-Reaktoren vom Typ Calder Hall (CH-Typ) bilden eine Kostenklasse, die wesentlich höher liegt. Die spezifischen Anlagekosten  $k$  sind definiert als der Quotient aus den totalen Anlagekosten  $K$  und der Nettoleistung des Kraftwerkes  $P$ .

Das «Wachstumsgesetz» für Kraftwerke zeigt, dass die Investitionsaufwendungen für Atomkraftwerke etwa dem Gesetz  $K \sim P^{0,65}$  folgen, während für konventionelle Kraftwerke gilt:  $K \sim P^{0,7}$ . Damit ergeben sich die spezifischen Anlagekosten  $k = K/P$  für Atomkraftwerke zu  $k \sim P^{-0,35}$  und für konventionelle Dampfkraftwerke zu  $k \sim P^{-0,3}$ . Die Kosten beziehen sich dabei immer auf die schlüsselfertig erstellte Anlage einschliesslich aller Nebenkosten.

Die Kapitalkosten beeinflussen die Erzeugungskosten, besonders bei Atomkraftwerken, am stärksten. Die Abschreibungsdauer wird für beide Kraftwerkstypen gleich, zu 20 Jahren, angenommen. Der fortschreitenden Kostenexpansion wird dadurch Rechnung getragen, dass keine Habenzinsen für die jährlich zurückbezahlten Beträge angenommen werden. Tabelle 2 orientiert über die Kostensätze für den Kapitaldienst.

Für Bedienung und Unterhalt sind nur die Zahlen für konventionelle Kraftwerke bekannt. Man rechnet für den Unterhalt mit einem jährlichen Aufwand von 1,5 bis 2% des investierten Kapitals.

Der Personalbedarf liegt bei konventionellen Kraftwerken bei 1 Mann/MW, unter Annahme einer Anlagengrösse von mindestens 150 MW; für Atomkraftwerke rechnet man mit weniger, dafür qualifizierterem Personal (etwa 2/3 des Personalbestandes eines konventionellen Kraftwerkes). Die Kostensätze sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Für den nachfolgenden Vergleich wurde der Brennstoffpreis zu 9 Fr./10<sup>6</sup> kcal angenommen, was ungefähr dem Ölpreis in der Nordschweiz franko Kraftwerk entspricht. Für die Atomkraftwerke werden die Kosten für nukleare Brennstoffe aus angereichertem Uran berücksichtigt. Die entsprechenden Kosten enthalten diejenigen für Uran, für die Fabrikation der Stäbe, die Plutoniumrückvergütung, die Wiederaufbereitung, sowie für die Verluste durch Abbrand.

Bild 2 zeigt die Energiegestehungskosten für A-Werke und K-Werke nach den obigen Angaben in Abhängigkeit von der Kraftwerksnettoleistung. Es lassen sich für allgemeine Betrachtungen nur die Grenzen angeben, innerhalb welcher sich die Energiekosten bewegen. Um genauere Zahlen zu erhalten, müsste ein konkretes Beispiel betrachtet werden. Für schweizerische Verhältnisse zeigt sich, dass im heutigen Zeitpunkt Atomkraftwerke der Grösse 300 MW die optimale Lösung darstellen.

Die amerikanische Industrie ist heute in der Lage, Anlagen bis zu 1000 MW (elektrisch) schlüsselfertig zu offerieren. General Electric gibt für eine 280-MW-Anlage folgende Zahlen an:

Tabelle 2. Kapitaldienst in Prozenten der Anlagekosten

	A-Werk	K-Werk
Mittelwert der Kosten der Finanzierung	4,2	4,2
Abschreibung über 20 Jahre	5,0	5,0
Steuern	1,0	1,0
Versicherung	1,0	0,5
Total	11,2	10,7

Tabelle 3. Personalkosten in Prozenten der Anlagekosten

Inst. Leistung	A-Werk	K-Werk
10 MW	3,00	5,5
150 MW	2,75	4,7
500 MW	2,50	4,0

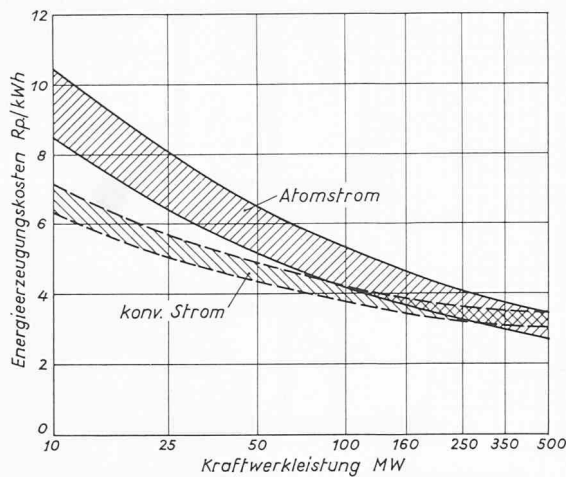


Bild 2. Energiegestehungskosten von Atomkraftwerken und konventionellen Dampfkraftwerken für eine jährliche Benutzungsdauer der Kraftwerksleistung von 7000 h (Lastfaktor 0,8) in Abhängigkeit von der Kraftwerksleistung

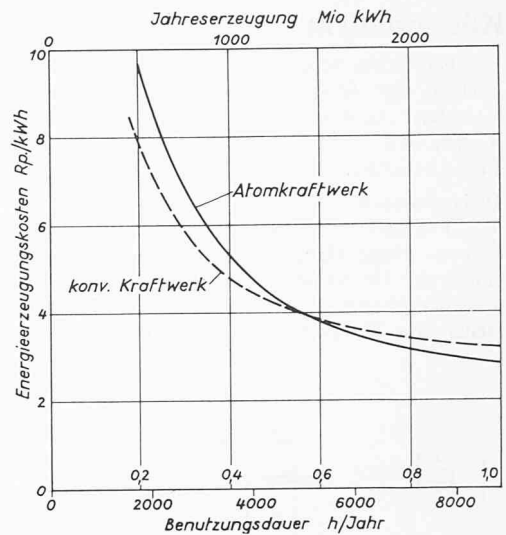


Bild 3. Energieerzeugungskosten von zwei Kraftwerken von 280 MW in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer

Installierte Leistung	294 MW
Nettoleistung	280 MW
Vertragspreis für alle materiellen Kosten ausschl. Haupttransformator	215 Mio Fr.
30% Zuschlag für Bauland, Bauzinsen, Bauleitung, Inbetriebsetzung usw.	64,5 Mio Fr.
spezifische Anlagekosten	1000 Fr./kW

Die spezifischen Brennstoffkosten mit Plutoniumvergiftung werden zu 1,04 Rp./kWh angegeben, ohne Plutoniumvergiftung kann mit 1,2 Rp./kWh gerechnet werden.

Im Vergleich dazu liegen die Anlagekosten bei einem konventionellen Dampfkraftwerk bei etwa 600 Fr./kW, und es ergeben sich die Brennstoffkosten unter Annahme eines Wärmepreises von 9,00 Fr./10<sup>6</sup> kcal und einer jährlichen Vollbetriebsstundenzahl von 7000 zu 2,07 Rp./kWh. In Tabelle 4 sind die Energiegestehungskosten für beide Kraftwerkarten in Abhängigkeit von den jährlichen Betriebsstundenzahlen angegeben, die aufgrund der eben genannten spezifischen Anlage- und Brennstoffkosten ermittelt wurden.

Bild 3 entspricht der Tabelle 4 und zeigt, dass bei 5000 Betriebsstunden pro Jahr die Stromerzeugungskosten gleich sind.

Die Lagerhaltungskosten lohnen ebenfalls einen Vergleich, da schon Prof. Hochstrasser<sup>1)</sup> anführte, dass wegen des grossen Energieinhaltes der Kernbrennstoffe eine Lagerung des Bedarfes für mehrere Jahre leicht zu bewerkstelligen ist; der Brennstoffbedarf thermischer Kraftwerke braucht jedoch enorme Installationen, um die Versorgung auch nur für einige Monate sicherzustellen. Als Vergleichsgrundlage sei der Jahresverbrauch pro MW (elektrisch) an Öl und Uran angenommen. Dieser beträgt für

Öl	
spez. Netto-Wärmeverbrauch	2500 kcal/kWh
Wärmekosten	9,00 Fr./10 <sup>6</sup> kcal
Heizwert	10000 kcal/kg
spez. Gewicht	0,95 kg/dm <sup>3</sup>
Jahresverbrauch $M_o = 2,19 \cdot 10^6$ kg/MWj = $2,3 \cdot 10^3$ m <sup>3</sup> /MWj	
Kosten $K_o = M_o \cdot 90$ Fr./t = $197 \cdot 10^3$ Fr./MWj	

Tabelle 4.

Jährliche Betriebsstundenzahl h	1750	3500	5250	7000	8760
A-Stromkosten Rp./kWh	9,63	5,36	3,94	3,23	2,82
K-Stromkosten Rp./kWh	7,83	4,86	3,87	3,37	3,11

<sup>1)</sup> Prof. Dr. U. Hochstrasser, Bern: Die Atomenergie in der Energiewirtschaft der Zukunft. «Wirtschaftspolitische Mitteilungen», Jg. XVIII, Sept. 1962.

### Uran

Jahresverbrauch:

$$M_a = \frac{1,22 \cdot 10^6}{B} \text{ kg/MWj}$$

Hierin bedeutet  $B$  den Abbrand [MWD/t]. Es wurde mit einem Gesamtwirkungsgrad von 0,3 gerechnet. Dieses Uran kostet bei einem Preis von  $k$  Fr./kg:

$$K_A = 1,22 \cdot 10^6 \frac{k}{B} \text{ Fr./MWj}$$

Für die Lagerung wird angenommen, dass das Öl in Tanks gelagert werde, die 63 Fr./m<sup>3</sup> kosten, entsprechend 60 Fr./t Öl. Die nuklearen Brennstoffe sollen in einstöckigen, vollklimatisierten Lagerhallen aufbewahrt werden, wobei sich die Kosten auf 60 Fr./t Brennstoff belaufen.

Für das betrachtete 280-MW-Kraftwerk ergeben sich bei Berücksichtigung von Verzinsung, Versicherung und Abschreibung für Brennstoffe und Lagereinrichtung für Öl bei 5000 Betriebsstunden pro Jahr 0,4 Rp./kWh zusätzliche Belastung, für das Atomkraftwerk bei einem Abbrand  $B = 16500$  MWD/tU und einem Preis von 1400 Fr./kgU eine Mehrbelastung von 0,1 Rp./kWh.

## Eidg. Patentschriftensammlung der SBZ

DK 347.77:608.3

Seit Inkrafttreten des Schweizerischen Patentgesetzes im Jahre 1888 stellt das Eidg. Amt für geistiges Eigentum die neuerschienenen Patentschriften der Redaktion der Schweiz. Bauzeitung zu. Deren Gründer, Ing. August Waldner, hatte sich auf dem Boden der G.E.P., zusammen mit Ing. Emil Blum und Ing. Gustave Naville um das Zustandekommen unserer Patentgesetzgebung grosses Verdienst erworben, worüber Näheres im Nachruf auf Ing. E. Blum in SBZ Band 93, S. 242, 11. Mai 1929 zu lesen ist. Die bis heute auf rd. 387000 Nummern angewachsene Sammlung ist im Patentanwaltsbüro E. Blum & Co. in Zürich untergebracht, und zwar chronologisch wie auch nach Gruppen und Untergruppen geordnet, wodurch das Aufsuchen beliebiger Patentschriften sehr erleichtert wird. Die Sammlung wird im Bibliothekraum der Firma übersichtlich aufbewahrt und steht den Mitgliedern der G.E.P. und des S.I.A. sowie den Studierenden der ETH und weiteren Interessenten während der Bürostunden (07.30 bis 11.00 und 13.00 bis 17.00, Samstag geschlossen) jederzeit zu freier Benutzung zur Verfügung. Seit Anfang 1962 liegen dort auch die Auslegeschriften auf. Die Firma stellt den Besuchern ihre eigene Bibliothek in entgegenkommender Weise ebenfalls zur Verfügung. Auf diese Gelegenheit zum Studium der Patentliteratur seien alle Interessenten deshalb aufmerksam gemacht, weil das Arbeiten durch die getroffene sachgemässe Sortierung, im Gegensatz zu andern Bibliotheken, hier besonders erleichtert wird.

Die neue Adresse des Patentanwaltsbüros E. Blum & Co. lautet: 8008 Zürich, Kirchenweg 5 (der Kirchenweg beginnt Mühlebachstrasse 85 und endet Zollikerstrasse 45), Telefon 051 475454.