

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 60 (1969)
Heft: 11

Artikel: Ausbaumöglichkeiten für Pumpspeicherwerke in der Schweiz
Autor: Ganglbauer, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916149>

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: 14.05.2025

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

Ausbaumöglichkeiten für Pumpspeicherwerke in der Schweiz

Von A. Ganglbauer, Allschwil
2816 - 2817

621.2214

Durch den Vergleich der Kosten der Energieerzeugung für verschiedene Kraftwerktypen wird das Einsatzgebiet der Pumpspeicherwerke definiert.

Eine Untersuchung über den zukünftigen Einsatz dieser Energieerzeugungsanlagen, die sich nur auf den Inlandbedarf beschränkt, ergibt eine zögernde Entwicklung. Ein Vergleich aber mit dem Ausbau der Atomenergie in den Nachbarländern zeigt die günstige internationale Lage der Schweiz als Spitzenenergieerzeuger. Durch zielbewusste Planung könnte man diese Vorrangstellung auch in Zukunft erhalten.

Le domaine d'application des centrales d'accumulation par pompage est défini par la comparaison des frais de production d'énergie électrique des divers types de centrales.

Une enquête sur le développement de ces installations génératrices d'énergie, dont la puissance se limite aux besoins du pays, indique une évolution hésitante. Une comparaison avec l'étranger illustre par contre la situation privilégiée de la Suisse au point de vue de la production d'énergie de pointe. Une planification judicieuse lui permettra de maintenir à l'avenir sa primauté.

1. Einleitung

Der ständig ansteigende Bedarf an elektrischer Energie konnte bisher in der Schweiz durch den Ausbau von Wasserkraftanlagen gedeckt werden. Es ist nun die Entwicklung in dieser Hinsicht so weit fortgeschritten, dass in wenigen Jahren kaum mehr ein wirtschaftlicher Ausbau von hydraulischer Energie in der bisher üblichen Form erfolgen kann. Daher hat die nukleare Energieerzeugung in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen, und man ist auch in der Schweiz dazu übergegangen, solche Werke zu bauen.

Um die Kapitalanlage und die Durchschnittskosten von Atomkraftwerken leichter überblicken zu können, wurden in Tabelle I die Kosten verschiedener Energieerzeugungsanlagen

Energieerzeugungskosten verschiedener Kraftwerktypen

Tabelle I

	Mittlere Anlagekosten Fr./kW	Feste Jahreskosten Fr./kW·Jahr	Brennstoff- kosten Rp./kWh	Kosten der kWh in Rp. bei			
				Jahresbenutzungsstunden			
				3000	6000	7500	8760
Laufkraftwerke	3200	256		8,52	4,26	3,42	2,92
Speicherkraftwerke	1800	135		4,50			
Thermische Kraftwerke	750	80	1,8	4,46	3,13	2,86	2,71
Atomkraftwerke derzeit	1100	132	0,9	5,30	3,10	2,66	2,40
Atomkraftwerke in Zukunft	640	75	0,5	3,0	1,75	1,50	1,36
Gasturbinen-Jet	340	40,5	5,0	6,35			
Gasturbinen 50 MW	550	66	3,0	5,20			
Pumpspeicherwerke	350... 600	35... 60					

zusammengestellt. Es zeigt sich, dass Atomkraftwerke nur dann besonders billige Energie liefern können, wenn sie eine hohe Jahresbenutzungszahl erreichen. Da aber das Angebot und die Nachfrage an elektrischer Energie ständig variieren, muss man versuchen, die Atomkraftwerke von den dauernden Laständerungen im Netz zu entlasten. Dies lässt sich ermöglichen:

a) Durch eine einer gleichmässigen Belastung entsprechenden Tarifpolitik, d. h. mit einer organisatorischen Massnahme mit beschränkten Möglichkeiten;

b) Durch Pumpspeicherung, als einer technisch-wirtschaftlichen Lösung;

c) Durch Spitzenkraftwerke.

Es sind also die Pumpspeicheranlagen, die eine bessere wirtschaftliche Ausnutzung der Atomkraftwerke ermöglichen können.

2. Theoretische Grundlagen für die Planung von Pumpspeicheranlagen

Die Energieerzeugungskosten lassen sich für thermische und nukleare Kraftwerke nach der Formel:

$$\bar{A}_a = \frac{k_a}{n_a} + \bar{B}_a \quad (1)$$

ermitteln.

Ähnlich gilt auch für die Energieerzeugungskosten von Pumpspeicheranlagen:

$$\bar{A}_p = \frac{k_p}{n_p} + \frac{\bar{B}_p}{\eta} \quad (2)$$

Darin bedeuten

$\bar{A}$ mittlere Energieerzeugungskosten in Rp./kWh

k feste spez. Jahreskosten in Rp./kW · Jahr

n Turbinen-Jahresbenutzungszahl

η Gesamt-Umsetzungswirkungsgrad der Pumpspeicheranlage

$\bar{B}$ mittlere Brennstoffkosten in Rp./kWh

$\bar{B}_p$ mittlerer Pumpenenergieeinkaufspreis in Rp./kWh

Der Index a gilt für Atomkraftwerke und der Index p für Pumpspeicheranlagen.

Um eine bessere Übersicht über die Energiekosten der verschiedenen Kraftwerktypen zu erhalten und um insbesondere die Stellung der Pumpspeicherwerke deutlich zu erkennen, bedient man sich einer graphischen Darstellung gemäss Fig. 1. Benutzt man dabei für die Abszisse, welche die Jahresbetriebsstunden angibt, den reziproken Maßstab, können sämtliche hyperbelförmigen Kurven als Gerade dargestellt werden. Diese Methode hat überdies noch den Vorteil, dass der Schnittpunkt der Geraden mit der Linie «unendlich» die Brennstoffkosten (bzw. die Einkaufskosten der Pumpenergie unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades) angibt. Deutlich lässt sich aus dieser Darstellung das Einsatzgebiet der einzelnen Kraftwerktypen entnehmen.

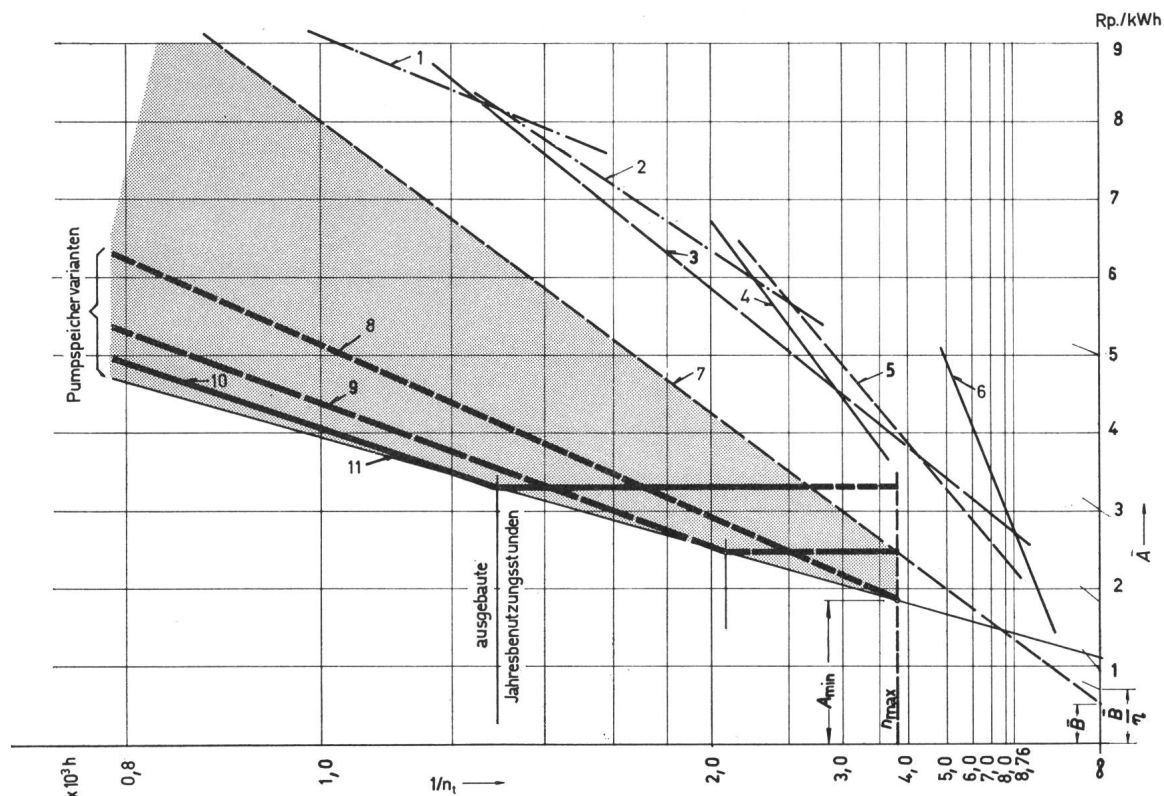


Fig. 1

Fig. 1 Energieerzeugungskosten verschiedener Kraftwerktypen

- | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 Jet-Gasturbinen | 3 thermische Kraftwerke | 5 Atomkraftwerke (heute) | 7 Atomkraftwerke in Zukunft |
| 2 Gasturbinen (50 MW) | 4 Speicherkraftwerke | 6 Laufkraftwerke | |

Verschiedene Möglichkeiten für die Auslegung eines Pumpspeicherwerkes:

$$\delta \text{ Extremfall} \quad \bar{A}_{\min} = \frac{k_p}{n_{\max}} + \frac{\bar{B}_p}{\eta} \quad \text{nach Gl. (6)}$$

9 Variante mit einer Turbinen-Jahresbenützungszahl von $n_p = n_{\max} \cdot \frac{k_p}{k_a - B \left(\frac{1}{n} - 1 \right) n_{\max}}$ nach Gl. (3)

10 Allgemeiner Fall laut Gl. (2) und Gl. (8) n_t Turbinen-Jahresbenützungsstunden; A Energiepreis in Rp./kWh

Wie die Linie für die zukünftige Erzeugung der Atomkraftwerke zeigt (Fig. 1), wird deren Einsatz wirtschaftlicher werden als alle bisher üblichen Energieerzeugungsmethoden, mit Ausnahme der Pumpspeicherwerke, die, da ihre Erzeugung vom Energieeinkaufspreis abhängig ist, sich an die Atomenergieerzeugung anpassen können.

Damit die Energieerzeugungskosten der Pumpspeicher geringer sind als die der zukünftigen Atomkraftwerke, muss die aus Gl. (1) und (2) errechnete Bedingung:

$$\frac{k_a}{n_a} + \bar{B}_a \geq \frac{k_p}{n_p} + \frac{\bar{B}_p}{n} \quad (3)$$

erfüllt sein und somit, wenn $n_a = n_p$, dürfen die spezifischen festen Jahreskosten der Pumpspeicherwerke nur höchstens einen Wert von

$$k_p \leq k_a - n \left(\frac{\bar{B}_p}{n} - \bar{B}_a \right) \quad (4)$$

erreichen.

Die spez. Jahreskosten sind also von den Jahresbenutzungsstunden abhängig.

Da Pumpspeicherwerke in Schwachlastzeiten die Überschussenergie der Atomkraftwerke verwerten sollen, ist es berechtigt, als Einkaufspreis der Pumpenergie nur die Brennstoffkosten zu berechnen. Dies sollte auch dann der Fall sein, wenn Atomkraftwerke und Pumpspeichieranlagen nicht demselben Eigentümer gehören. Bei Untersuchungen wird deshalb

oft der Einkaufspreis der Pumpenergie gleich dem Brennstoffpreis gesetzt, wobei etwaige Übertragungsverluste im Gesamt-Umsetzungswirkungsgrad zu berücksichtigen sind.

Der Jahresbenutzungsstundenzahl von Pumpspeicheranlagen sind gewisse Grenzen gesetzt. Die obere Grenze kann ermittelt werden, indem man die Energieerzeugungskosten eines Atomkraftwerkes mit den Erzeugungskosten einer kombinierten Anlage, bestehend aus Atomkraftwerk und Pumpspeicherwerk, vergleicht.

Dabei ergibt sich, dass die Benutzungsstundenzahl des Pumpspeicherwerkes nicht grösser werden darf als:

$$n_0 = \frac{k_a - k_p}{\bar{B} \left(\frac{1}{n} - 1 \right)} \quad \text{für } \bar{B}_p = \bar{B}_a = \bar{B} \quad (5)$$

Aus betrieblichen Gründen kann dieser Wert nie grösser werden als:

$$n_{\max} = \frac{8760}{\frac{1}{n} + 1} \quad (6)$$

Für die untere Grenze der Jahresbenutzungsstunden sind die maximalen Energieerzeugungskosten $\bar{A}_{\max}$ massgebend. Es ergibt sich hierfür der Wert:

$$n_u = \frac{k_p}{\left(\bar{A}_{\max} - \frac{\bar{B}_p}{n}\right)} \quad (7)$$

Die für die Dimensionierung der Pumpspeichieranlage massgebende Jahresbenutzungsstundenzahl muss zwischen n_0 und n_u liegen und wird unter Berücksichtigung der im Abschnitt 4 erwähnten Zahlen festgelegt.

Ergibt sich nun im Laufe der Jahre, dass das Pumpspeicherwerk für eine grössere Benutzungsstundenzahl einzusetzen ist, als seiner konstruktiven Auslegung entspricht, so ist die Verkaufsspanne nicht mehr nach Gl. (2) zu bestimmen, sondern es gilt:

$$\Delta \bar{A} = \left(\bar{A} - \frac{\bar{B}}{\eta} \right) = \frac{K_p}{A a} = \text{konst.} \quad (8)$$

worin

K_p die totalen festen Jahreskosten der Anlage;

a die Anzahl der Beckenfüllungen pro Jahr;

A das Energiespeichervolumen des Beckens in kWh bedeuten.

Die Energieerzeugungskosten bleiben also für einen Betrieb mit grösserer Jahresbenutzungsstundenzahl als der Dimensionierung entspricht, abgesehen von geringfügigen Änderungen des Gesamtwirkungsgrades, konstant.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird die zukünftige Atomenergieerzeugung wirtschaftlicher als fast alle anderen Energieerzeugungsarten. Deshalb wurde sie für die Überlegungen als Vergleichsbasis gewählt. Dies sollte aber nicht zu der Schlussfolgerung führen, dass Pumpspeichieranlagen erst gebaut werden können, wenn die Grossatomkraftwerke schon in Betrieb sind.

Beachtet man, dass der Einkaufspreis der Pumpenergie

$$\bar{B}_p = \left(\bar{A} - \frac{k_p}{n_p} \right) \eta \quad (9)$$

beträgt, und berücksichtigt man, dass oberhalb einer gewissen Jahresbenutzungsstundenzahl die Energieerzeugung der thermischen oder nuklearen Kraftwerke billiger ist als die Pumpspeicherenergieerzeugung, so ergibt sich eine Kurve gemäss Fig. 2. Der Betrieb von Pumpspeicherwerken ist also auch dann wirtschaftlich, wenn der Pumpenergieeinkaufspreis höher liegt als die Brennstoffkosten zukünftiger Atomkraftwerke.

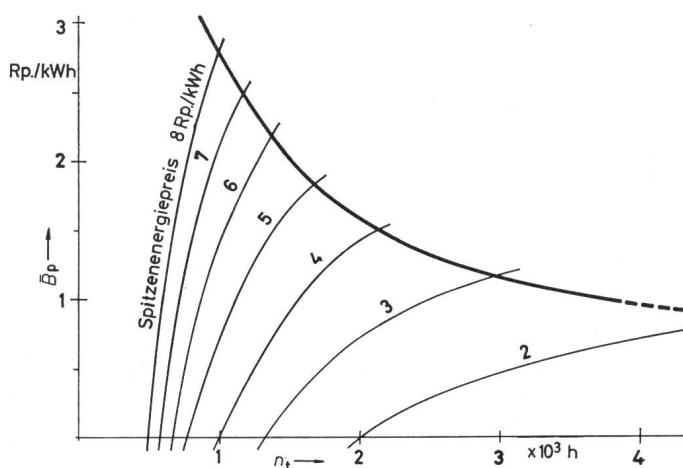


Fig. 2

Einkaufspreis der Pumpenergie

in Abhängigkeit von der Jahresbenutzungsstundenzahl, unter Berücksichtigung des Verkaufspreises der Spitzenenergie und der Kosten der Energieerzeugung anderer Kraftwerktypen.

$\bar{B}_p$ mittlerer Pumpstromeinkaufspreis in Rp./kWh

n_t Turbinen-Jahresbenutzungsstunden

3. Technische Auslegung von Pumpspeichieranlagen

Da das Schweizer Netz über wesentlich mehr installierte Leistung verfügt, als zur Deckung der Tagesspitzen benötigt wird, muss die Bemessung von Pumpspeichieranlagen in den beiden kommenden Jahrzehnten unter Berücksichtigung der aus dem Netz aufgenommenen Pumparbeit erfolgen.

Die bisher angestellten theoretischen Überlegungen, die sich auf die Jahresbenutzungsstunden der Turbinen bezogen haben, müssen für den Pumpbetrieb und die dabei aufgenommene Arbeit umgerechnet werden. Man wird deshalb die Anlagen so entwerfen, dass die elektrischen Maschinen sowohl beim Turbinenbetrieb als auch beim Pumpbetrieb vollständig ausgelastet sind.

Die zur Verfügung stehende Pumparbeit erlaubt grundsätzlich den Entwurf von zwei Pumpspeichieranlagentypen:

a) Bei Tagesausgleich wird mit dem Energieüberschuss der Nachtstunden das Oberbecken gefüllt. Während der Spitzenzeiten der Last im Laufe des Tages wird dann das Becken wieder entleert. Am Wochenende liegen aber die Lastspitzen wesentlich niedriger als werktags, so dass eine Abgabe von Pumpspeicherspitzenenergie Samstag-Sonntag nicht gegeben ist. Im günstigsten Falle kann aus diesem Grunde der Pumpzyklus nur 253 mal pro Jahr wiederholt werden.

b) Die am Wochenende zur Verfügung stehende Pumparbeit und Pumpleistung ist wesentlich höher als an Werktagen. Da aber pro Jahr, unter Berücksichtigung der Feiertage, nur maximal 56 mal der Pumpzyklus wiederholt werden kann, ist die Anzahl der Beckenfüllungen pro Jahr geringer.

Vergleicht man für beide Pumpspeichertypen die in Gl. (8) erwähnte Verkaufsspanne, so benötigt die Wochenspeicherung eine um rund 50 % grössere Verkaufsspanne als der Tagesausgleich, wenn bei gleichem Energiespeichervolumen mit einem künstlich erbauten und gedichteten Oberwasserbecken gerechnet wird.

Hat man die Jahresbenutzungsstundenzahl festgelegt, so entspricht z. B. einer Turbinenbenutzungsstundenzahl von 1050 h/Jahr bei voller Ausnützung des elektrischen Antriebes eine Pumpbenutzungszeit von rd. 1400 h/Jahr. Das erfordert, unter Berücksichtigung der Anzahl der jährlichen Pumpzyklen, dass je nach Pumpspeichertyp das Oberwasserbecken bei Tagesspeicherung in rd. 5,5 h, bei Wochenspeicherung in rd. 25 h gefüllt wird.

Da das für den Pumpbetrieb zur Verfügung stehende Wasservolumen und Nutzgefälle für die zu projektierende Anlage gegeben sind, lässt sich daraus die zu installierende Pumpleistung ermitteln.

4. Das Pumpenergieangebot im Inland

Unter der Voraussetzung, dass die Kurven des täglichen Energiebedarfes, die derzeit das Schweizer Netz charakterisieren, auch in Zukunft ähnlich verlaufen, lässt sich die Jahresbenutzungsstundenzahl des Pumpenergieangebotes n für die kommenden Jahre ermitteln. Diese rechnet sich nach der Formel:

$$n = \frac{A}{P} \quad (10)$$

als Quotient aus verfügbarer Pumparbeit A durch Pumpleistung P . Wie Tabelle II zeigt, ist dieser Wert verhältnismässig klein.

Die Jahresbenutzungsstunden für verfügbare Pumpenergie liegen somit viele Jahre für den Inlandsbedarf unter der wirtschaftlichen Jahresbenutzungsdauer. Das bedeutet, dass es in den nächsten Jahren zunächst nicht möglich sein wird, die

Tabelle II

Landeslastspitze MW	Jahresbenützungsstunden für Pumpenergie	
	Tagesspeicher	Wochenspeicher
5 300		110
6 100		140
6 900		180
7 900		250
9 000	100	350
10 300	140	490
11 800	220	640
13 500	490	770
15 800	800	1 210

Netzbelastungen durch den Einsatz von Pumpspeicheranlagen völlig auszugleichen.

In Abhängigkeit von der als wirtschaftlich vertretbaren Pumpenjahresbenützungsstundenzahl wird entsprechend der maximalen Landeslastspitze mit dem Ausbau von Pumpspeicherleistungen für den Inlandsbedarf gemäss Tabelle III zu rechnen sein.

Pumpspeicherleistungen für den Inlandsbedarf

Tabelle III

Max. Landes- lastspitze MW	Pumpspeicherleistung in MW bei einer wirtschaftlichen Jahresbenützungsstundenzahl von					
	1000	1200	1400	1000	1200	1400
	bei Wochenspeicherung			bei Tagesspeicherung		
9 000	0					
10 300	270	140	0			
11 800	620	460	310			
13 500	1 030	860	690	110		
15 800	1 700	1 480	740	700	520	220

Der grosse Anteil der Speicherenergie, der für die Energieversorgung des Landes zur Verfügung steht, verzögert den Einsatz von Pumpspeicherwerken. Erst in ungefähr 10 Jahren wird dieser für das Inland aktuell.

5. Das Pumpenergieangebot der Nachbarländer

Für die Zusammenarbeit auf dem internationalen Markt für elektrische Energie sind tarifpolitische Überlegungen von grossem Einfluss. Obwohl noch kein umfangreiches Studium der energiewirtschaftlichen Lage der einzelnen Nachbarländer in bezug auf die Schweiz vorliegt, können auf Grund der Belastungskurven Rückschlüsse gezogen werden, welche Nachbarländer eventuell an einem Spitzenenergieimport interessiert wären.

In den letzten Jahren wurde für einen Winterwerktag der Quotient von maximaler zu minimaler Tageslast veröffentlicht (Tabelle IV)¹⁾.

Quotienten von maximaler zu minimaler Tageslast
verschiedener Länder

Tabelle IV

Tag	18. Dez. 63	20. Jan. 65	19. Jan. 66	18. Jan. 67
Schweiz	1,8	1,9	1,8	1,8
Österreich	1,35	1,35	1,35	1,4
Italien	1,7	1,7	1,8	1,75
Deutschland	2,1	2,1	2,1	2,0
Frankreich	1,65	1,7	1,6	1,6

Der hohe Koeffizient der täglichen Laständerungen in Deutschland weist darauf hin, dass dieses Land Spitzenenergie benötigt.

Ein weiterer Anhaltspunkt, mit welchen Staaten bei einem zukünftigen Pumpenergieimport—Spitzenenergieexport zusammengearbeitet werden könnte, ergibt sich aus dem für die kommenden Jahre geschätzten Anteil der Atomenergie an der Gesamtenergieerzeugung einzelner Nachbarländer (Tabelle V)²⁾.

Zukünftige Entwicklung der Atomenergieerzeugung

Tabelle V

Land	Geschätzter Anteil an Atomenergie		
	1975	Jahr 1980	1980 ¹⁾
Schweiz	9...13 %	19...27 %	
Österreich	4 %	12...19 %	
Italien	9...15 %	16...24 %	12 000 MW
Deutschland	6...10 %	23 %	25 000 MW
Frankreich			17 000 MW

¹⁾ Schätzung der Atomwirtschaft Nr. 7/1968.

Viele dieser Länder besitzen einen geringeren prozentuellen Anteil der Speicherenergie an der Landesenergieversorgung als die Schweiz. Auf Grund dieser Zahlen ist zu erwarten, dass schon verschiedene Nachbarstaaten in kurzer Zeit Pumpspeicheranlagen benötigen werden. Es muss sich deshalb in nächster Zeit entscheiden, ob die Schweiz, die derzeit Spitzenenergie exportiert, sich diesen Exportmarkt durch den Ausbau von Pumpspeicherwerken erhalten will oder aber, durch den steigenden Inlandsbedarf, ihre Vorrangstellung als Spitzenenergieexporteur langsam aufgibt.

6. Richtlinien für die Projektierung

Aus denen im Abschnitt 2 erwähnten Formeln ergibt sich, dass die spez. festen Jahreskosten einen grossen Einfluss auf die wirtschaftliche Auslegung von Pumpspeicherwerken besitzen. Der projektierende Ingenieur kann somit zwei Möglichkeiten in Betracht ziehen, um eine wirtschaftlich günstige Anlage zu entwerfen:

a) Man kann die Anlagekosten verringern, die in einem engen Zusammenhang mit den Jahreskosten stehen. Dies erreicht man durch Verwendung von grossen Maschineneinheiten, Pumpturbinen, geringen baulichen Aufwand, kurze Leitungen und ein kleines Oberwasserbecken, welches durch die Nutzung grosser Gefällsunterschiede möglich wird. Ausserdem kann man Teile schon bestehender Wasserkraftanlagen, z. B. Staubecken, Triebwasserleitungen usw., zur Pumpspeicherung benutzen.

b) Durch Einleitung von natürlichen Zuflüssen in die Triebwasserleitung kann die Energieproduktion der Anlage erhöht werden. Daraus ergeben sich kombinierte Wasserkraft- und Pumpspeicheranlagen, welche eventuell den Ausbau von bisher als unwirtschaftlich geltenden Wasserkraftprojekten ermöglichen können. Bei solchen Anlagen kann die in Gl. (6) erwähnte maximale Jahresbetriebsstundenzahl überschritten werden.

Über die zeitliche Planung des Einsatzes der Pumpspeichertypen geben die Tabellen II und III Auskunft. Auf Grund dessen kommen die wirtschaftlich weniger günstigen Pumpspeicherwerke für Wochenausgleich zuerst zum Einsatz. Hier bietet sich, bedingt durch die hohe Anzahl von Speicherwerken, in der Schweiz folgender Ausweg an:

Die Saisonspeicher sind mit Ausnahme weniger Wochen (zwischen Ende September und Anfang Oktober) nicht gänzlich gefüllt. Diese leerstehenden Speicherräume der Spitzenkraftwerke können für Pumpspeicherzwecke verwendet werden. Da für das bestehende Verbundnetz die zusätzliche elektrische Be-

¹⁾ Siehe Bull. SEV 59(1968)11, S. 501.

²⁾ Siehe ÖZE 21/6.

lastung durch Wochenausgleich gering ist, kann sich die Projektierung, mit verhältnismässig geringem Ausbau des Netzes, auf den Umbau bestehender Speichieranlagen für Wochenausgleich konzentrieren.

Bei Tagesausgleich werden die Übertragungsleitungen, durch das Liefern der Pumpspeicherproduktion in Spitzenzeiten wesentlich stärker beansprucht. Dieser Übertragungsverluste wegen sind jene Projekte, die in der Nähe von Atomkraftwerken oder der Verbraucherschwerpunkte liegen, besonders für Tagesausgleich geeignet.

7. Entwicklungsmöglichkeiten

Vermutlich wird der Verbundbetrieb der sehr grossen Einheitsleistungen zukünftiger Atomkraftwerke, ähnlich wie in den USA auch in Europa, den intensiven Ausbau eines internationalen Hochspannungsnetzes nach sich ziehen. Damit

wäre die Schweiz, die schon heute über eine beträchtliche Produktion an Spitzenenergie verfügt, besonders geeignet, ihre geographischen, topographischen und technischen Möglichkeiten einzusetzen, um durch den Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken die Erzeugung von Spitzenenergie für den gesamten mitteleuropäischen Raum zu übernehmen.

Wenn man bedenkt, dass sich derzeit Atomkraftwerke mit einer totalen Leistung von 3078 MW in Deutschland, 4407 MW in Frankreich und 1292 MW in Italien im Bau oder definitiver Planung befinden und dieser Ausbau den Einsatz von Pumpspeichieranlagen erfordert, so wird eine generelle Erfassung und der zweckmässige Einsatz dieser Anlagen genauso nötig werden wie für die Wasserkraftanlagen.

Adresse des Autors:

Dr.-Ing. Alfred Ganglbauer, Steinbühlweg 13, 4123 Allschwil.

Mitteilungen des Eidg. Starkstrominspektorates —

Communications de l'Inspection fédérale des installations à courant fort

Farbkennzeichnung des Nulleiters in elektrischen Hausinstallationen

Auf Grund der Mitteilung «Farbkennzeichnung des Nulleiters in elektrischen Hausinstallationen» im Bulletin des SEV

Tabelle über Farbkennzeichnung der Leiter

Tabelle I

	Innerhalb von Objekten ⁷³	In Apparate- ¹⁰⁴ , Anschluss- ¹⁰³ und Verlängerungsschnüren ¹⁰² und anderen ortsveränderlichen Leitungen ⁹²	
		mit einem Polleiter PN und PNE	mit mehreren Polleitern
Für Polleiter	beliebig, ausgenommen: gelb/grün und gelb/rot	beliebig, ausgenommen: gelb, hellblau, gelb/grün und gelb/rot	
Für Nulleiter und Mittelleiter		gelb oder hellblau	
Für Schutzleiter	gelb/grün (wenn alle Leiter gleichfarbig sind, genügt die Kennzeichnung an den Enden und Verbindungsstellen)	gelb/grün	

Nr. 19 vom 14. 9. 1968 dürfen auf Zusehen hin in Objekten und ortsveränderlichen Leitungen die Nulleiter hellblau gefärbt werden. Inzwischen hat es sich als notwendig erwiesen, die Farbkennzeichnung der erwähnten Installationsteile noch näher zu umschreiben. In der nachstehenden Tabelle sind die zulässigen Farben der verschiedenen Leiterarten aufgeführt. Die Möglichkeit, für Nulleiter die hellblaue Farbe anstelle der gelben zu verwenden, gilt bis zum 1. April 1974. Sollten schon vorher eindeutige internationale Beschlüsse vorliegen, würde das Fachkollegium 200 des CES «Hausinstallation» eine entsprechende Anpassung der Hausinstallationsvorschriften vorbereiten.

Die hochgestellten Zahlen der Tab. I verweisen auf die Begriffsbestimmungen in den Hausinstallationsvorschriften (HV) und deren Beispiele und Erläuterungen.

Die in dieser Tabelle enthaltenen Erleichterungen gelten jedoch nicht für Sicherungsverteiltafeln, welche im Zuge einer Installation liegen, hingegen gelten sie für Verteil- und Schaltanlagen, welche zu einem Energieverbraucher (z. B. Werkzeugmaschine, Klimaanlage) gehören.

In ortsfesten Leitungen ist der Nulleiter nach wie vor nach Ziff. 41 214 der HV, d. h. *gelb*, zu kennzeichnen.

Nackte Schutzleiter brauchen nicht gekennzeichnet zu werden (HV Ziff. 41 214.4). Die Anschlussklemmen für Schutzleiter sind mit dem Symbol $\frac{\perp}{\text{—}}$ oder mit den Farben gelb/grün zu kennzeichnen (HV Ziff. 32 800.4). Die Zugehörigkeit der übrigen Klemmen muss ebenfalls eindeutig ersichtlich sein, insbesondere bei einer allfälligen Nulleiterklemme, z. B. durch gelbe oder hellblaue Färbung der Klemme oder des objektintern angeschlossenen Leiters, oder durch Kennzeichnung mit dem Buchstaben «N».