

Elektrizität aus Wasserkraft

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Pestalozzi-Kalender**

Band (Jahr): **50 (1957)**

Heft [2]: **Schüler**

PDF erstellt am: **20.07.2024**

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.



1: Hochdruck-Kraftwerk mit Freiluftanlage; 2: Höchstspannungsfernleitungen; 5: Unterwerk; 6: Hochspannungsleitung; 7: Transformatorstation; 8: Niederspannungsleitung

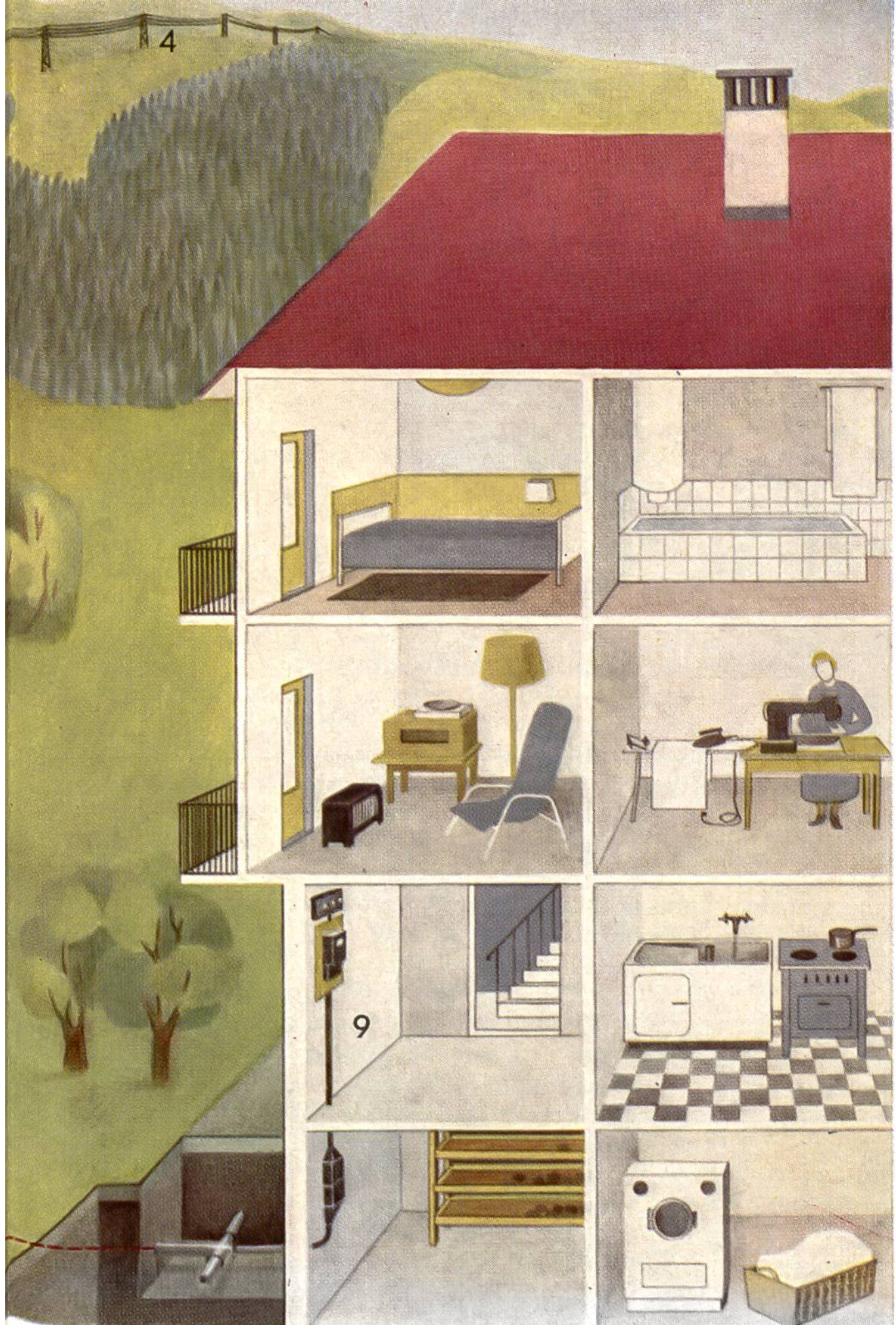
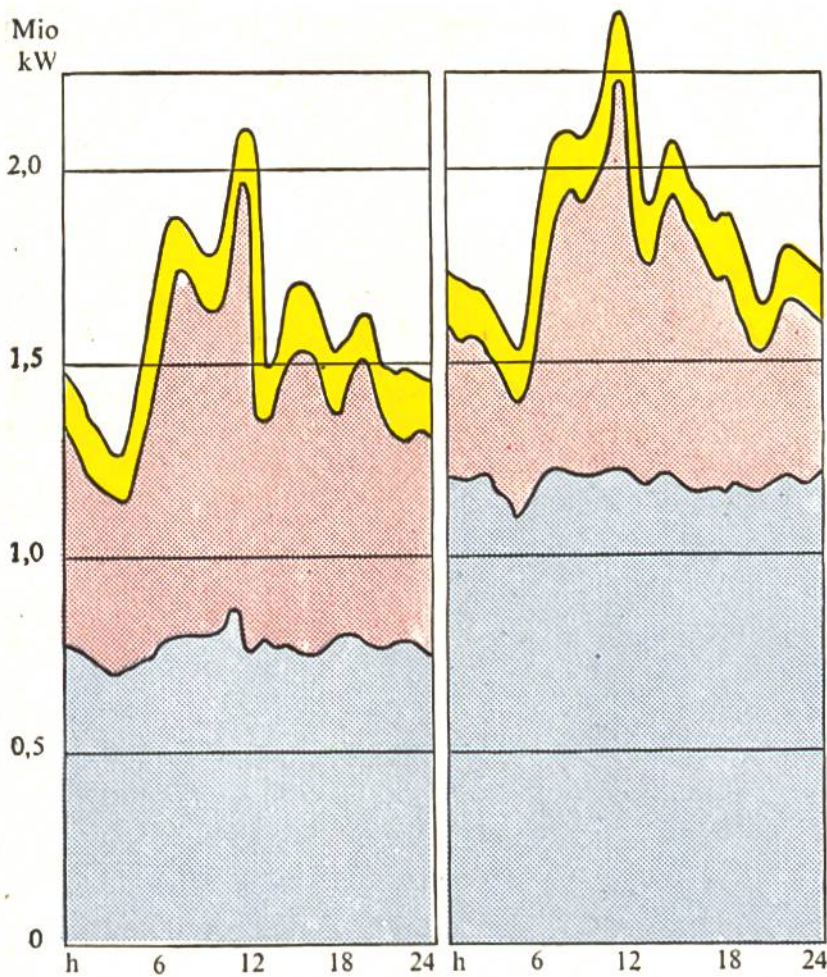


Fig. 3: Freiluft-Transformatoren- und -Schaltstation; 4: Hochspannungs-
 transformatorstation; 8: Niederspannungsleitungen; 9: Wohnhaus.



Tagesverlauf der Energieerzeugung in der Schweiz, mit Anteil der Laufwerke (Flusswerke), Speicherwerke sowie der thermischen Werke (Gasturbinen, Dieselmotoren usw.) und des Bezuges von Bahn- und Industriewerken.

Verlauf der Energieerzeugung am 16. März (links) und 15. Juni (rechts) 1955 (je Mittwoch)

- Laufwerke
- Speicherwerke
- Thermische Erzeugung, Bezug von Bahn- und Industriewerken.

Mit der Wasserführung des Rheins bei Rheinfelden verglichen, ergibt sich folgendes Bild:

Mittwoch

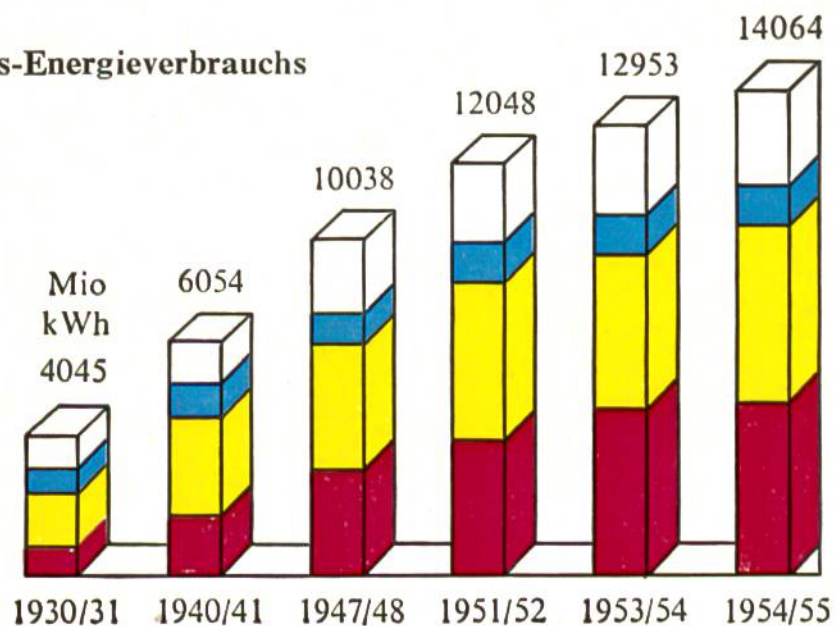
16. März 15. Juni 55

Wasserführung des Rheins bei Rheinfelden in m ³ Sek.	828	1790
Laufwerke in Mio kWh	18,9	28,5
Speicherwerke in Mio kWh	16,6	13,2
Thermische Werke, Bezug v. Bahn- u. Industriewerken in Mio kWh	0,7	2,7
Total Energieerzeugung	36,2	44,4

Die Entwicklung des Jahres-Energieverbrauchs

(in Mio kWh) in der Schweiz in der Zeitspanne von 1930/31 bis 1954/55.

Der Energieverbrauch nimmt ständig zu. Die Zunahme betrug im Jahre 1954/55 (1. Okt. bis 30. Sept.) 890 Mio kWh oder 7,3%. Vom Verbrauch entfielen auf Haushalt und Gewerbe ■ 45%, auf die Industrie ■ 44,3% und auf die Bahnen ■ 10,7%.



ELEKTRIZITÄT AUS WASSERKRAFT

Entstehung und Fortleitung ab Kraftwerk über Fernleitung – Unterwerk – Hochspannungsleitung – Transformatorstation – Niederspannungsleitung – Hauseinführung zum Energieverbraucher

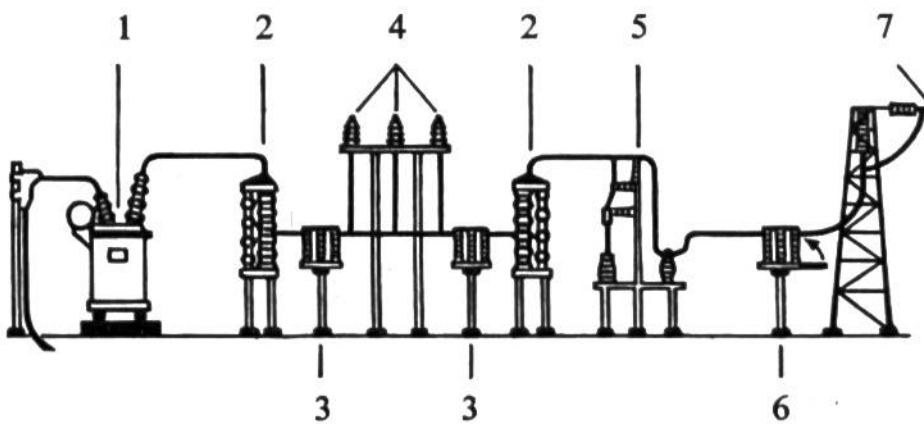
Die Elektrizität ist diejenige Energie, mit der wir im Alltag am allermeisten in Berührung kommen. In unserem Lande gibt es kaum einen Menschen, der mit ihr nicht irgendwie in Verbindung steht. «Weisse Kohle» wird die Energie «Elektrizität» auch genannt, und dies mit Recht. Denn die Schweiz besitzt keine nennenswerten Bodenschätze, sie gehört deshalb in dieser Beziehung zu den armen Ländern. Dass unsere Wirtschaft und unsere hervorragenden Industrien trotz dieser Armut einen so hohen Stand erreicht haben und sich immer noch weiter entwickeln, verdanken wir nicht zuletzt eben unserer «weissen Kohle», der Elektrizität.

Wenn wir auf hoch gelegenen Alpweiden unsere munteren Bächlein zu Tale hüpfen sehen und uns an ihrem frischen, lebhaften Geplauder erfreuen, so stellen wir uns nicht ohne weiteres vor, dass sie alle einer wichtigen Aufgabe entgegensehen: Vereinigt und zweckmässig geleitet, stellen sie unsere Energieversorgung in Industrie, Gewerbe, Verkehr, Handel und Haushalt sicher. Früher, vor nicht viel mehr als 50 Jahren, wurde die Kraft des fließenden Wassers auf andere Weise genutzt: Man leitete dieses über ein grosses, aus Holz angefertigtes Wasserrad, um so eine Mühle, Säge oder Schmiede in Gang zu halten.

Montieren wir einmal an einem solchen Bächlein ein kleines Wasserrad – und wir sehen, dass schon bei nur mässigem Gefälle – also nicht einmal steilem Boden – das Wasserlein eine ganz respektable Kraft hat! Das ist nun eigentlich das Grundprinzip unserer «weissen Kohle»: Die nutzbare Kraft des Wassers wächst im Verhältnis zum Gefälle, nimmt also mit grösserer Fallhöhe zu. Darum müssen die vielen kleinen Bächlein zusammengefasst und in Stauseebecken geleitet werden. Aus diesen Stauseen und Ausgleichsbecken werden sie dann je nach Bedarf in Rohrleitungen geführt und den Hochdruck-Speicherwerken und Hochdruck-Laufwerken mit ihren Wasserturbinen und Generatoren zugeleitet. Dort erfolgt ihre geheimnisvolle und doch so eindeutige Umwandlung in elektrische Energie.

Bewundernswerter Erfinder- und Unternehmergeist hat es möglich gemacht, dass durch das auf die Turbinenschaufeln auftreffende Wasser im direkt gekuppelten Generator elektrische Energie erzeugt wird. Der Generator ist in modernen Kraftwerken

unterhalb des Maschinensaalbodens eingebaut und besteht aus dem sich drehenden Polrad – oder Rotor genannt – und dem mit feststehenden Wicklungen versehenen Stator. Also aus einem beweglichen und einem festen Teil. Das Polrad mit den aufgesetzten Elektromagneten dreht sich und erzeugt in den Wicklungen des Stators den elektrischen Strom. In diesem Generator wird die Elektrizität mit einer Spannung von meist 6000 bis 15000 Volt erzeugt. Aus technischen Gründen und wirtschaftlichen Erwägungen muss diese Spannung für die Übertragung auf grosse Strecken erhöht werden. Die Transformatoren- und Schaltanlage wird im Gebäude selbst oder, was in modernen Anlagen der Fall ist, im Freien erstellt und vom Schaltraum – auch Kommandoraum genannt – des Kraftwerkes ferngesteuert.



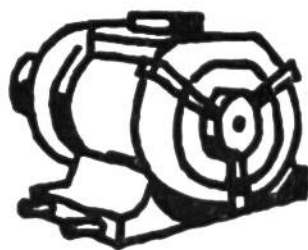
Aufbau einer Freiluftanlage. 1 Transformator. 2 Ölarme Schalter. 3 Trenner. 4 Sammelschiene dreiphasig. 5 Messwandler. 6 Trenner mit Erdmesser für die Erdung der Hochspannungsleitung. 7 Hochspannungsleitung.

Die Übertragung geht so vor sich, dass die vom Generator erzeugte Energie mit 6000 Volt durch den Transformator (Trafo) in der Freiluftanlage auf eine Hochspannung von 50 000 oder 150 000, ja bis 220 000 Volt hinauftransformiert wird. Als wichtigstes Glied für störungsfreien Betrieb befindet sich nach dem Transformator ein Schalter, der die Abschaltung innert kürzester Zeit (bis $\frac{1}{100}$ Sekunde) vornimmt. Dann folgt ein Trenner, mit welchem eine Verbindung noch zusätzlich unterbrochen werden kann. Der Strom fliesst vom Trenner zur Sammelschiene, auf welche alle Generatoren eines Werkes geschaltet werden können. Nochmals folgen ein Trenner und ein Schalter. Weil die elektrische Energie auch gemessen werden muss, werden nun noch Strom- und Spannungswandler angeschlossen, welche die zu hohe Betriebsspannung auf eine niedrige Meßspannung zurückführen. Dann erst führt der Strom nochmals durch einen Trenner zum Freileitungsmast, und von hier fliesst er über die Hoch- oder Höchstspannungsfernleitung über Berg und Tal mit einer Spannung von 50 000 oder 150 000 oder 220 000 Volt in die Nähe von grossen Verbrauchsgebieten (Städte, Industrien).

Hier im *Unterwerk* – auch Schalt- und Transformatorenstation genannt – und meist im Freien (z. B. Mettlen im Kanton Luzern, Laufenburg am Rhein, Riddes im Wallis) wird die für näher gelegene Energieversorgungsgebiete bestimmte ankommende Spannung auf eine Mittelspannung von meistens 50 000 Volt heruntertransformiert. Dann gehen Leitungen zu einem Unterwerk in unmittelbarer Nähe des Versorgungsgebietes. Hier erfolgt nochmals die Heruntertransformierung auf meist 6000–16 000 Volt. Diese Leitungen führen – in Städten gewöhnlich in Bodenkabel, auf dem Land in Freileitungen – zu kleinen Verbrauchergebieten mit kleinen Transformatorenstationen. Dort wird die Spannung auf die übliche Gebrauchsspannung von 220 und 380 Volt heruntertransformiert. Diese kleinsten Transformatoren sind entweder in alleinstehenden Häuschen oder in Gebäuden, eventuell auch unter dem Boden eingebaut. Erst hier gehen Bodenkabel oder Drahtleitungen weg, führen ins Haus zur Anschlußsicherung, anschliessend zum Zähler mit den Sicherungen und endlich in die Wohnung, in Küche, Bad, Zimmer, zu den Energieverbrauchern. Wir sehen, welche umfangreichen Bauten, kostspieligen Maschinen, Schaltanlagen und Fernleitungen erforderlich sind, bis die Energie verbraucht werden kann.

Was ist eine Kilowattstunde, und was leistet sie?

Eine Kilowattstunde ist eine bestimmte Menge Arbeit oder Arbeitsvermögen (Energie).



Zum Beispiel:

die Arbeit, die notwendig ist, um einen Menschen bis zum Gipfel des Montblanc (4810 m ü. Meer) zu heben.

$$1 \text{ kWh} = 367\,200 \text{ mkg}$$

$$= 1 \text{ kW} \times 3\,600 \text{ Sek.}$$

$$1 \text{ kW} = 102 \text{ mkg/Sek.}$$



oder

der Energieinhalt (Wärmegehalt) von ca. 100 g Holzkohle

$$1 \text{ kWh} = 864 \text{ WE.}$$

$$0,00115 \text{ kWh} = 1 \text{ WE}$$

$$= 423 \text{ mkg}$$



oder die Lichtausbeute von etwa 3 Liter Petroleum. $1 \text{ kWh} = 689\,000 \text{ Lumenstunden}$ (Einheit der Lichtmenge, Lmh).
 $1 \text{ Lmh} = 1 \text{ Lm} \times 1 \text{ h}$.

Wenn wir untersuchen wollen, wie es sich mit Arbeit, Energie und Leistung verhält, müssen wir unterscheiden zwischen *Leistung* = kW, die Stärke ist, und *Kilowattstunde*, die mit kWh bezeichnet *Arbeit* ist. Eine kWh bedeutet also, dass die Leistung von 1 kW eine Stunde benützt worden ist. Ein Beispiel: Für 1 kWh Energieverbrauch, also Arbeit, können 25 Glühlampen zu 40 Watt (1000 Watt oder 1 kW) eine Stunde lang «brennen».

Entwicklung des Rohenergie-Bedarfs der Schweiz

Es ist das Bestreben jedes Landes, den Energiebedarf aus seinen eigenen Rohstoffen zu decken. Unser Land besitzt weder Ölquellen noch nennenswerte Kohlevorkommen. Jede nicht ausgenützte Wasserkraft ist ein brachliegender, nicht verwerteter Rohstoff. Jede Kilowattstunde, die erzeugt und verbraucht wird, ersetzt den Import einer entsprechenden Menge Kohle oder Öl. Wir sind als rohstoffarmes Land darauf angewiesen, unseren einzigen Rohstoff, die Wasserkraft, nach Möglichkeit zu nutzen. Unsere gesamte schweizerische Energieversorgung stützt sich demnach auf die Wasserkraft, das Brennholz und die importierten festen und flüssigen Brennstoffe. Wie sich die Energiebedarfsdeckung in den letzten 40 Jahren für Licht-, Kraft-, Wärme-, Kälteerzeugung, für Treibstoff der Kraftfahrzeuge usw. entwickelt hat, zeigt folgende Tabelle:

	1913	1938	1942	1954
Rohenergie-Bedarf in Milliarden kWh.....	27,7	30,8	22,8	60,0
davon in %:				
Kohle	82	60	34	37
inländ. Kohle und Torf ..	—	—	5	—
Öl	2	13	—	32
Holz	10	9	13	9
Elektrizität.....	6	18	22	22
Mangel	—	—	26	—

Aus dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, dass der Rohenergiebedarf unseres Landes sich seit 1938 bis 1954 verdoppelt hat. Im Jahre 1938 mussten 73% und im Jahre 1954 noch 69% des Energiebedarfs aus festen und flüssigen ausländischen Brennstoffen gedeckt werden; der Rest wurde von unserer Wasserkraft und dem eigenen Brennholz übernommen.

Im Jahre 1955 erzeugten unsere Wasserkraftwerke 15 381 Milliarden Kilowattstunden. Müsste diese Elektrizitätsmenge mit Kohle erzeugt werden, so wären rund 6,5 Millionen Tonnen Kohle erforderlich. Das ergäbe einen Kohlenzug mit Eisenbahnwagen von je 20 Tonnen, der von Zürich bis an den Persischen Meerbusen reichen würde.

Die vorwärtsschreitende Mechanisierung und Automatisierung wie die rasche Bevölkerungszunahme erfordern immer mehr Energie.

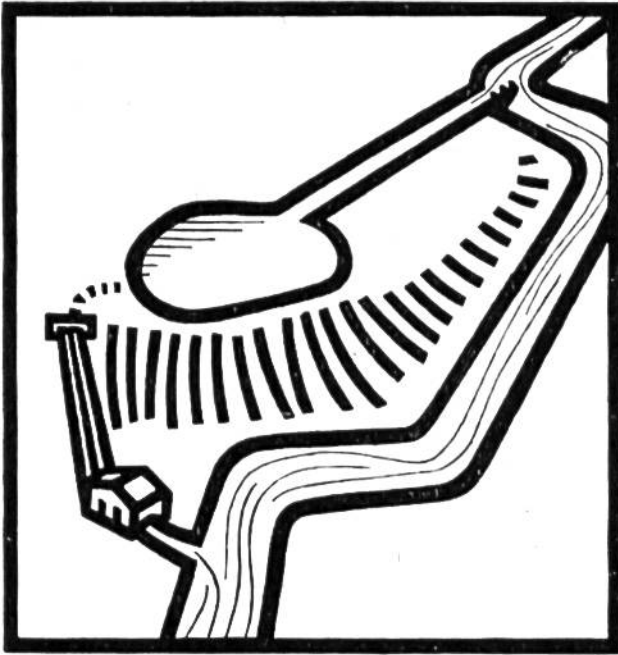
Es muss unser Ziel sein, durch raschen Ausbau der landeseigenen Energiequellen – der ewigen Wasserkraft – unsere Unabhängigkeit von teurem Importgut zu wahren. Es fehlt uns an Energie, weil die Laufwerke im Winter oft zu wenig Wasser haben und die Überwassermengen im Sommer noch ungenügend für die trockene, kalte Jahreszeit gespeichert werden können. Also müssen noch mehr zusätzliche Speicherwerke gebaut werden.

Die Elektrizitätswerke wenden grosse Summen auf, um das Landschaftsbild schön zu erhalten und alle Bauwunden nach Möglichkeit zu beheben. So wurden beim kürzlich in Betrieb genommenen Rheinauwerk von den rund 90 Millionen Franken betragenden Baukosten rund 16 Millionen Franken allein für den Natur- und Landschaftsschutz aufgewendet.

Die Schweiz ist nicht «Weltmeister» im Energieverbrauch. Mit 2640 kWh (im Jahre 1954/55) pro Kopf der Bevölkerung steht sie aber in den vordersten Rängen aller Länder der Erde. Unser Land hat das Fehlen der Rohstoffe durch die Qualität der Industrieerzeugnisse, durch Fleiss und Arbeit wettgemacht.

Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft hat mit ihrem nie erlahmenden Unternehmungsgeist unserem an Bodenschätzen armen Lande ermöglicht, eine moderne Industriegewirtschaft mit hochentwickelten Arbeitskräften aufzubauen, und damit unzähligen Bürgern Arbeit und Brot verschafft. Denn von einer guten Ordnung in unserem Wirtschaftsleben und dem damit verbundenen gleichmässigen Beschäftigungsgrad hängt ja weitgehend das Wohlergehen jedes Einzelnen und damit die Existenz unseres Landes ab.

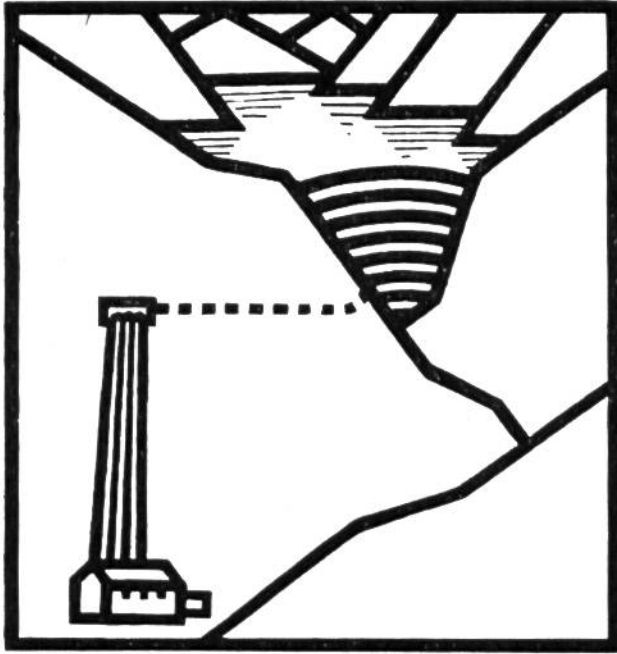
Elwi



Hochdruck-Laufwerke mit oder ohne Tages-, oder Wochen- oder Monatsspeicher sind jene Wasserkraftwerke, bei denen das zufließende Wasser laufend genutzt wird und der Überschuss über mehrere Stunden, einen oder mehrere Tage in einem Ausgleichsbecken aufgespeichert wird. Damit wird das Wasser in dieser Zeitspanne während Stunden geringerer Beanspruchung bzw. Leistungsabgabe auf stärker belastete Stunden oder Tage, zum Bei-

spiel Werkstage, aufgespeichert. Diese Werke bilden also eine Reserve für die zeitweise Übernahme grösserer Leistungsanforderungen von kurzer Dauer. – Laufwerke an Gebirgsflüssen nützen grosses Gefälle bei kleineren Wassermengen aus. Solche Hochdruck-Laufwerke mit oder ohne Ausgleichsbecken sind zum Beispiel:

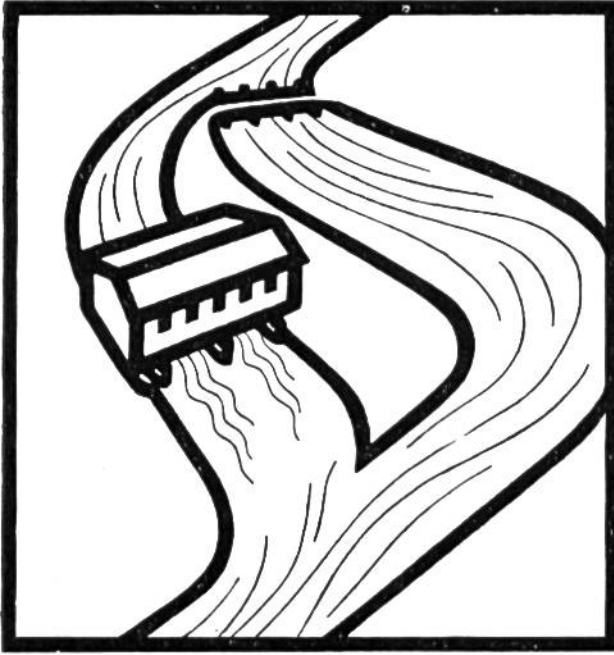
Name des Werkes und Gewässer	Totale Turbinenleistung PS	Mittl. Erzeugung ab Generator in Mio kWh		
		Winter	Sommer	i. Jahr
Albula: Albula.....	35 320	62,7	91,0	153,7
Amsteg: Reuss-, Felli-, Etzli- und Kärstelenbach	90 000	95,0	212,0	307,0
Arniberg: Intschialp, Leutschach-, Arnibach und Quellen	9 200	7,2	23,0	30,2
Broc: La Jogne	30 000	21,7	33,1	54,8
Chur Sand Plessur III: Plessur	12 000	14,5	29,8	44,3
Erstfeld – Ripshausen: Bockibach ...	2 000	2,7	6,2	8,9
Heidsee: Heidsee, Heidbach	9 600	7,0	20,0	27,0
Kandergrund: Kander	20 000	19,5	43,9	63,4
Kubel: Sitter, Urnäsch	15 400	11,7	15,7	27,4
Mörel: Rhone, Binna	75 400	80,0	170,0	250,0
Obermatt: Erlenbach, Engelberger-Aa	19 300	20,6	47,4	68,0
Piottino: Ticino	66 000	125,0	145,0	270,0
Waldhalde: Sihl	3 300	6,5	6,6	13,1
Wassen: Gotthardreuss, Göschenerreuss, Meienreuss, Rohrbach	73 200	56,0	178,5	234,5



Hochdruck-Speicherwerke erzeugen gleichwie Hochdruck-Laufwerke mit grossem Gefälle und kleiner Wassermenge grosse Energiemengen. Diese Speicherwerke verfügen über Stauseen, welche die grossen Wassermengen der Schnee- und Gletscherschmelze und der Niederschläge im Frühling, Sommer und Herbst speichern. Im Winter ist nur geringer Zufluss. Sie decken den Elektrizitätsverbrauch, welcher von den Laufwerken nicht aufgebracht werden

kann, und übernehmen die Spitzenleistungen. Speicherwerke sind besonders für die Elektrizitätsversorgung im Winter von grösster Bedeutung. Speicherseen haben auch einen nicht zu unterschätzenden Wert als Hochwasserschutz. Sie halten Hochwasseranfälle zurück und schützen damit tiefer liegende Flussstrecken vor Überschwemmungen und Uferschäden. Sie tragen dazu bei, die Wasserführung der Mittellandflüsse auszugleichen (Sommer-Winter), und verbessern damit auch unterhalb Basel in Niederwasserperioden die Verhältnisse für die Rheinschifffahrt. Solche Hochdruck-Speicherwerke sind zum Beispiel:

Name der Seen und Flussgebiet	Energieinhalt Mio kWh	See- fläche in ha	Bauzeit
Klöntalersee: Klön/Löntschi/Linth	35,0	327	1905/08
Wägitalersee: Wägitaleraa/Zürichsee	133,0	415	1921/25
Barberine: Barberine/Trient/Rhone	113,8	132	1921/25
Grimsensee: Unteraar/Totensee/Aare	250,0	263	1928/32
Lungernsee: Lauibach/Melchaa/Aa-Reuss	20,0	201	1921/33
Sihlsee: Sihl/Zürichsee-Limmat	92,0	1095	1932/37
Bannalpsee: Secklisbach/Engelbergeraas/Reuss	3,1	15	1935/37
Berninasee: Lago Bianco/Poschiavino/Adda ..	57,7	145	1926/45
Lago di Lucendro: Gotthardreuss (Ticino) ...	83,5	54	1942/47
Lago Ritom: Foss – Ticino, vergrössert.....	143,4	149	1916/53
Marmorera: Julia/Fallerbach/Rhein	108,0	138	1949/55
Sambuco: Maggia/Lago Maggiore-Ticino	154,3	112	1951/55
Grand Dixence (1. Phase) Dixence/Rhone	193,8	200	1951/57
Mauvoisin: Drance de Bagnes/Rhone.....	585,3	208	1951/59
Albigna (Bergell): Albigna/Maira-Adda	181,0	100	1955/61
Göscheneralp: Göschener-, Voralper-, Furka- Reuss	185,3	132	1955/61



Als *Niederdruck-Laufwerke* bezeichnet man Wasserkraftwerke, die ohne besondere Stauseen in den Flusslauf gebaut werden und einen Teil des fließenden Wassers ableiten und mit wenig Gefälle, aber grosser Wassermenge Elektrizität erzeugen. Die grössten Niederdruck-Laufwerke befinden sich im Mittelland, an der Aare, der Limmat, dem Rhein und der Rhone. Die Laufwerke übernehmen mit ihrer Leistung die Grundlast unseres Energiebedarfs.

Solche Werke sind zum Beispiel:

Name des Werkes und Gewässer	Totale Turbinenleistung PS	Mittl. Erzeugung ab Generator in Mio kWh		
		Winter	Sommer	i. Jahr
Bannwil: Aare	10 500	30,3	30,8	61,1
Beznau: Aare	27 300	70,0	74,0	144,0
Felsenau (Bern): Aare	13 250	26,1	33,0	59,1
Gösgen: Aare	82 000	120,0	158,0	278,0
Hagneck: Aare	17 200	29,4	47,3	76,7
Klingnau: Aare	58 500	98,0	132,0	230,0
Rupperswil-Auenstein: Aare	46 500	93,0	122,0	215,0
Wildegg-Brugg: Aare	62 000	130,0	170,0	300,0
Wettingen: Limmat	34 500	58,0	82,0	140,0
Letten: Limmat	5 100	12,0	14,5	26,5
Dietikon: Limmat	4 000	8,8	10,3	19,1
Birsfelden (Grenzkraftwerk, mit Beteiligung Schweiz-Deutschland): Rhein	120 000	191,0	250,0	441,0
Eglisau (Grenzkraftwerk): Rhein	46 200	107,0	126,0	233,0
Laufenburg (Grenzkraftwerk): Rhein	125 000	260,0	270,0	530,0
Rekingen (Grenzkraftwerk): Rhein ..	53 000	91,0	131,0	222,0
Rheinau (Grenzkraftwerk): Rhein ..	56 000	97,0	118,0	215,0
Rheinfelden (Grenzkraftwerk): Rhein	34 100	80,0	83,5	163,5
Ryburg-Schwörstadt(Grenzkraftwerk) Rhein	158 000	309,0	423,0	732,0
Chancy-Pougny: Rhone (Grenzkraftwerk)	53 000	75,0	120,0	195,0
Lavey: Rhone	112 000	130,0	270,0	400,0
Verbois: Rhone	126 000	180,0	250,0	430,0