Das Schachtwandverfahren

Autor(en): **Bächtold, Jakob**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **86 (1968)**

Heft 3

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-69967

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bei der Diskussion über die Werkstoffwahl für Hochdruck-Speisewassererhitzer wurden die Vorteile der in den USA weitgehend eingeführten Nickel-Kupfer-Legierung 400 und der Kohlenstoffstähle erörtert. Interesse bestand für kupferreiche Legierungen anstelle von Kohlenstoffstahl, besonders bei überkritischen Anlagen. Dabei wurde auf die Vorzüge von nichtrostendem Stahl und Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen höheren Nickelgehaltes in Hinblick auf Verarbeitbarkeit, mechanische Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit hingewiesen.

Das Schachtwandverfahren

Von **J. Bächtold**, dipl. Ing., Bern

Je höher die Baulandpreise steigen, umsomehr ist man versucht, in die Höhe zu bauen. Wo die Bauwerke durch Bauordnungen nach oben begrenzt werden, geht man in die Tiefe. Drei, vier und mehr Stockwerke unter der Erde sind keine Seltenheit mehr. Die Sicherung tiefer Baugruben ist daher heute zu einer bedeutenden Aufgabe des projektierenden Ingenieurs geworden. Für die Wahl einer Baumethode der Baugrubenumschliessung dürfen bei der immer dichteren Besiedlung des Landes und zunehmender Strapazierung der Nerven der Bevölkerung nicht nur Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen wegleitend sein, sondern es muss auch noch die Forderung erfüllt werden, möglichst wenig Baulärm zu erzeugen. Damit scheiden Ausführungsarten, die Rammarbeiten bedingen, sehr oft aus, oder ist es ratsam, solche nicht vorzusehen, um keine Konflikte mit der Nachbarschaft zu riskieren. Überhaupt gebietet die Rücksichtnahme auf die Umgebung, Staub, Rauch, Lärm, ja sogar ausgesprochen unästhetische Anblicke einer Baustelle zu vermeiden.

Glücklicherweise sind in den letzten Jahren Bauverfahren entwickelt worden, die es gestatten, Baugrubenumschliessungen sozusagen ohne Lärm und Rauch herzustellen. Zu diesen zählen z. B. die Schlitzwand und die Pfahlwand. Vor dem Aushub der Baugrube wird im Schlitz oder aus Ortspfählen eine Umfassungswand betoniert, in deren Schutz der Aushub getätigt und das Traggerippe des Gebäudes erstellt werden kann. Nach ähnlichen Gesichtspunkten haben wir im Verlaufe von etwa 25 Jahren ein Konstruktionsprinzip entwickelt, mit dessen Hilfe beliebig hohe Erdwände gestützt werden können. Wir nennen es das «*Schachtwandprinzip*». Es besteht darin, dass zuerst um eine Baugrube herum in Abständen von 6 bis 8 m Eisenbetonschächte abgeteuft werden, zwischen welche dann im Verlaufe des Aushubes in mehr oder wenigen hohen Abschnitten (je nach Standfestigkeit des Erdreiches) von oben nach unten fortschreitend eine Eisenbetonwand gespannt wird (Bild 1).

Im Jahre 1940 stellte sich für die Fundation der Pfeiler des Schützenmattviaduktes in der Zufahrt zum Bahnhof Bern die Aufgabe, bis auf den Felsen nahezu 30 m tiefe Schächte durch zum Teil schlechtes, wasserdurchsetztes Material abzuteufen. Statt mit Vertikaleinbau oder mit Spundwänden zu arbeiten, entschlossen wir uns, mit dem Aushub ringweise eine Umfassungswand gegen das Erdreich zu betonieren. Die Ringe wurden je nach der Standfestigkeit des Erdmaterials 50 cm bis 1,50 m hoch gewählt. Nach Fertigstellung des Aushubes stand so für den Bremspfeiler ein vollständig spriessfreier Schacht von 3x13 m Querschnitt und 28 m Tiefe zur Verfügung, bereit zur Aufnahme des Eisenbetonschaftes.

Nach dem gleichen Prinzip haben wir später die Staumauer in der Mattenalp am Fusse des Gauligletschers in den gewaltigen Schuttkegel der rechten Talflanke hinein verlängert, in dem wir Schacht an Schacht erstellten, bis ein genügend langer Sickerweg erreicht war (Bild 2, S. 46).

Nach weiteren Erfahrungen mit diesem Schachtprinzip gingen wir dazu über, Wände als Stützmauern oder Baugrubenabschlüsse zu konstruieren, wobei die Schächte, in bestimmten Abständen angeordnet, als stützende Elemente für die dazwischengespannte, verhältnismässig dünne Wand dienen. Der Querschnitt der Schächte wird so gross gewählt, dass darin gut gearbeitet werden kann. Sie wirken entweder als unten eingespannte Konsolen oder als vertikale, zweifach oder mehrfach gestützte Träger.

Stützmauer an der Grossen Schanze für den Bahnhof Bern (Bild 3)

Vor Beginn des Abtrages des Moräne- und Molasse-Materials zur Gewinnung des zusätzlichen Raumes für die Bahnhoferweiterung wurde vor den Gebäuden des Obergerichtes, der Generaldirektion SBB und der Universität auf eine Länge von nahezu 300 m in Abständen von 6 bis 7 m Schächte nach dem vorbeschriebenen Verfahren erstellt. Sukzessive mit dem grossen Abtrag erfolgte

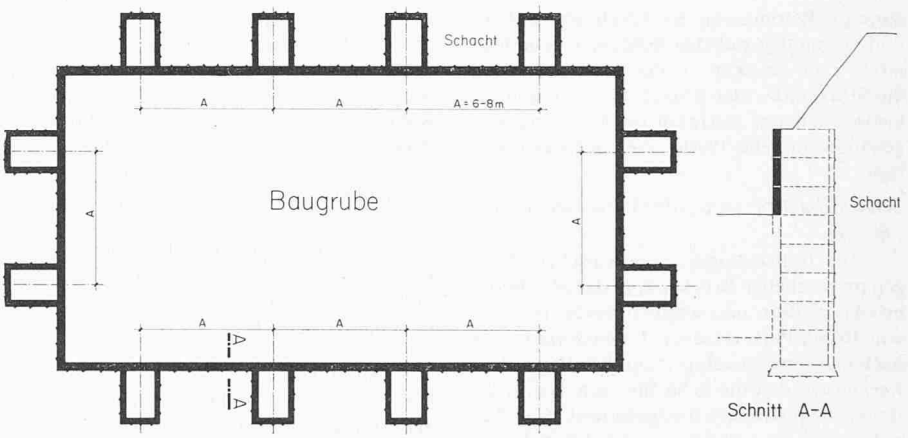

Bild 1. Prinzip des Schachtwandverfahrens, Grundriss und Schnitt 1:400

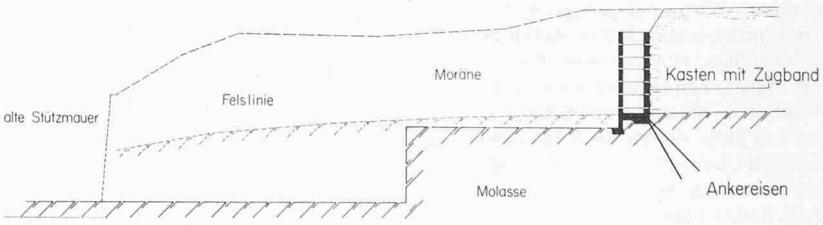

Bild 3. Stützmauer Grosse Schanze, Bahnhof Bern. Schnitt 1:800

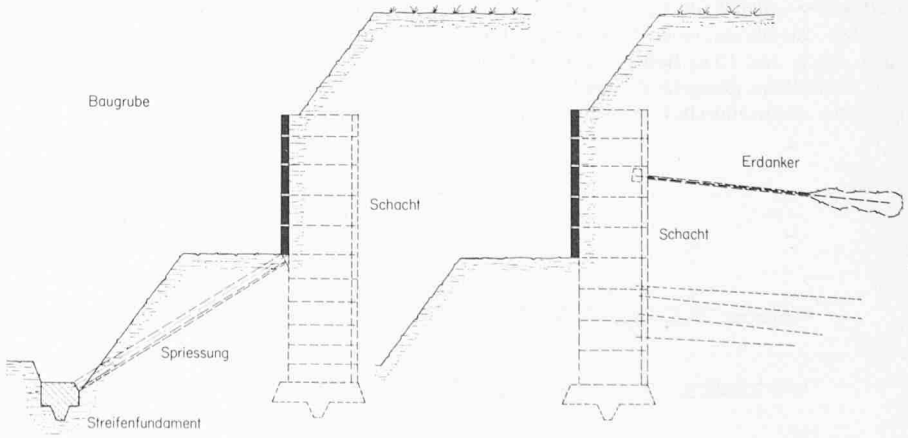

Bild 4. Schachtwand für die Garage an der Monbijoubrücke in Bern, Schnitte 1:400

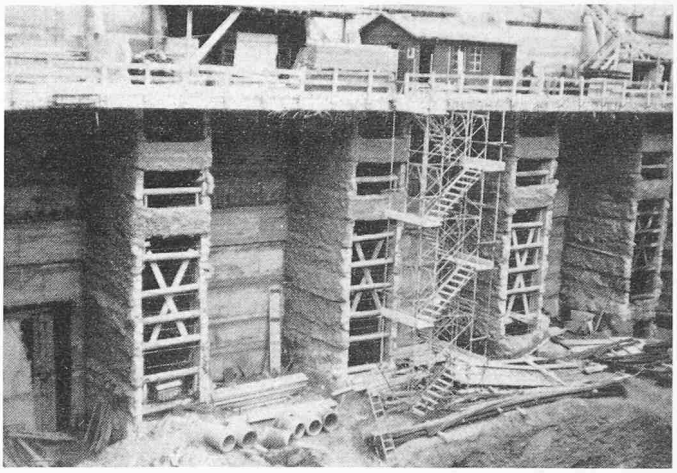

Bild 6. Baugrube an der Aeschenvorstadt

Links:

Bild 2. Schachtwand als Verlängerung der Staumauer in der rechten Talflanke der Mattenalp (Grimselwerk)

dann die Betonierung der Abschlusswand vor und verbunden mit den Schächten. Die letzteren, rückverankert in der Molasse, bilden die Stützpunkte der ganzen Mauer gegen die Grosse Schanze sowie für das Parkterrassengebäude und die Platte über der Perronanlage.

Schachtwand für unterirdische Garage in Bern (Bild 4)

Die fünfstöckigen, unterirdischen Garagen im westlichen Brückenkopf der Monbijoubrücke in Bern und westlich davon im alten von Büren-Park erhielten Umfassungswände nach unserem Schachtprinzip. Bei diesen Bauwerken wurden die Schächte zum Teil in die Baugrube provisorisch abgespriesst, zum Teil mit Erdankern zurückverankert. Die Schachtwand bildet die Umfassungsmauer des Gebäudes, und es gelang, diese von Anfang an ohne besondere Abdichtung genügend dicht zu erstellen. Eine besondere Schwierigkeit bot das zum Teil rollige, kohäsionslose Kiesmaterial, das einige Zementinjektionen nötig machte. Nach dem Aushub einer Schicht sogar von nur 1 m Höhe musste die freistehende Erdwand verschiedentlich mit Zementmörtel abgespritzt werden, damit sie bis zum Betonieren der Schacht- oder Zwischenwand stehen blieb.

Strassenunterführung unter der Bahnlinie Rotkreuz–Küssnacht am Rigi (Bild 5)

Die Erstellung einer Strassenunterführung durch den 10 m hohen Bahndamm in sehr schlechtem Baugelände stellte ein interessantes bautechnisches Problem dar. Aus der engen Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Unternehmung, die sich schon früher in der gleichen Kombination beim Kraftwerkbau im Oberhasli bei der bereits erwähnten Staumauer Mattenalp bewährt hatte, ergab sich eine Lösung mit Schachtwänden. In einem ersten Arbeitsgang entstand links und rechts der zukünftigen Unterführung unmittelbar unter dem Bahngleis je ein Durchgang als geschlossener Eisenbetonkasten. Diese dienten als Auflager für die Notbrücke und auch noch als Arbeitsraum für die Abteufung der Schächte.

Das Damm-Material ist ziemlich kohärent und bot daher keine besonderen Schwierigkeiten. Hingegen ist der Untergrund sehr schlecht, und man musste beim Aushub des untern Teils der Baugrube sehr vorsichtig vorgehen, um ein Ausweichen der Unterlage des Dammes oder gar einen Grundbruch zu vermeiden. Die letzte Aushubetappe erfolgte in kürzeren Abschnitten, die sofort durch eine Eisenbetongrundplatte belastet und geschützt wurden. Selbstverständlich wurde das Verhalten des Dammes, der seit seiner Erstellung immer wieder Setzungen aufwies, ständig kontrolliert. Wir waren uns bewusst, dass eine Störung des labilen Zustandes durch die Veränderung des Dammgewichtes erhebliche Bewegungen zur Folge haben konnte. Durch äusserste Vorsicht im Bauvorgang und in der Wasserhaltung gelang es, Setzungen in zulässigen Grenzen zu halten, und die sehr subtile Arbeit konnte ohne grössere Überraschungen durchgeführt werden.

Baugrubenumschliessung mit Schachtwand ohne Spriessung und Rückverankerung (Bilder 6 und 7)

An der Aeschenvorstadt in Basel stellte sich die Aufgabe, eine grosse Baugrube von 50x70 m Grundfläche und 20 m Tiefe ohne Verwendung von Spriessungen oder Rückverankerungen herzustellen. Vergleichsrechnungen mit verschiedenen Baumethoden führten zum Ergebnis, dass die Schachtwand die gestellten Forderungen am besten und am wirtschaftlichsten erfüllen konnte. Auf drei Seiten der Baugrube liessen sich die Schächte in normaler Ausführung ausserhalb der Umfassungswand erstellen. Längs der vierten Seite verläuft die Abschlusswand unmittelbar an der Grundstückgrenze, sodass ausserhalb kein Platz für die Schächte blieb. Da der Nachbar nicht dafür zu haben war, auf seinem Grundstück, selbst unter einer gewissen Tiefe, Schächte zu dulden – auch nicht mit der Auflage, dass diese später wenn nötig entfernt würden – waren wir gezwungen, eine ungewöhnliche Lösung zu wählen. Die Schächte wurden auf dieser Seite aus Fertigelementen (leicht zu entfernen) auf der Innenseite der Umfassungsmauer erstellt und später sukzessive mit dem Hochführen der Stockwerke abgebrochen.

Die städtischen Behörden duldeten in den angrenzenden Strassen keine Rückverankerungen, und Spriessungen innerhalb der Baugrube kamen bei den grossen Abmessungen nicht in Frage. Daher musste eine ungewöhnliche Lösung gesucht werden. Nach teil-

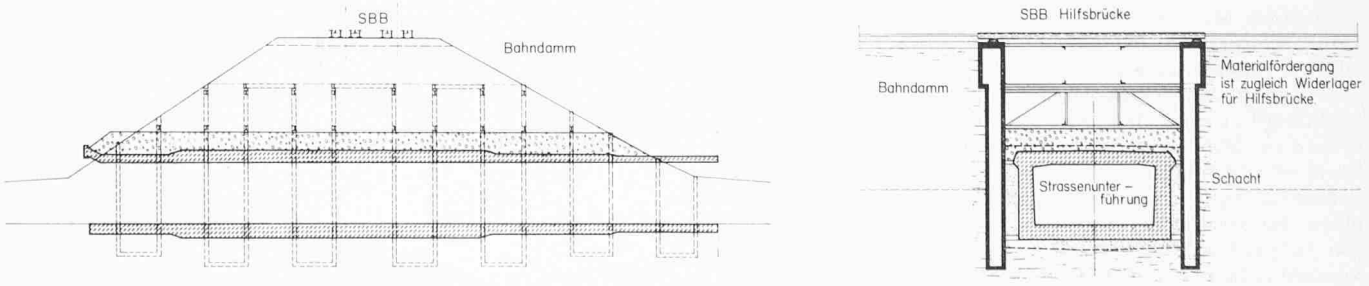

Bild 5. Strassenunterführung unter der SBB-Strecke Rothkreuz—Küssnacht a. R. Schnitte 1:600

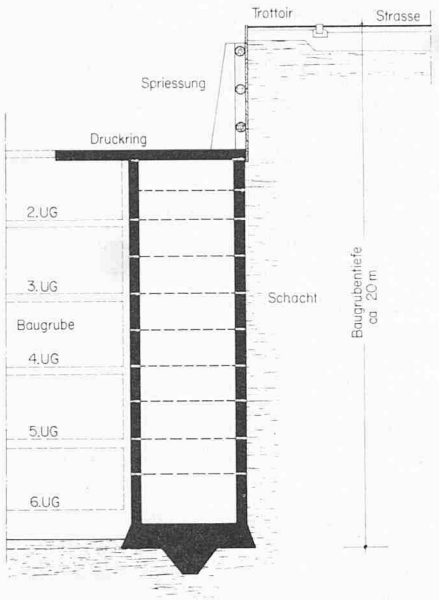

Bild 7. Schachtwand Aeschenvorstadt in Basel, Schnitt 1:300

weisem Aushub der Baugrube liessen wir einen ringförmigen Teil der Decke über zweitem Untergeschoss betonieren, sodass sich sämtliche Schächte der Umfassungsmauern auf diesem Druckring abstützen konnten. Erst jetzt wurde die Baugrube vollends abgeteuft und das Gebäude darin erstellt.

Schlussbemerkungen:

Das Schachtwandverfahren, wie es vorstehend an verschiedenen Beispielen erläutert wurde, ist sehr anpassungsfähig. Die Schächte haben eine grosse Biegungssteifigkeit, sodass sie unten eingespannt oder in beliebiger Höhe gestützt werden können. Diese Baumethode hat sich verschiedentlich allen andern als wirtschaftlich überlegen erwiesen. Voraussetzung ist allerdings, dass alle ihre Vorteile ausgenützt werden. Zu diesen ist die innige Verbindung der anbetonierten Wände mit dem Erdreich und der dreiseitige Erddruck auf die Schächte zu zählen. Ferner kann der Umstand ausgenützt werden, dass die Kohäsion des Bodens kurzfristig nicht gestört wird und daher in Rechnung gestellt werden kann. Beim Abteufen der Schächte wird der Baugrund restlos aufgeschlossen, sodass erdbaumechanische Untersuchungen zuverlässige Unterlagen für die Stabilitätsberechnung ergeben. Die Schächte können soweit nötig für die Entwässerung des Erdreiches für Lichtschächte, Notausgänge usw. benützt werden.

Es versteht sich von selbst, dass der Ingenieur während der Abteufung der Schächte fortwährend Beobachtungen anstellen, mit der Unternehmung die Aushub- und Betonieretappen festlegen und die spätere Stützung der Schachtwand sorgfältig studieren muss. Selbstverständlich kommt dabei der Erfahrung grosse Bedeutung zu. Die Baumethode ist für den Ingenieur nicht gerade bequem, sondern erfordert laufend Kontrollen, Anpassungen und Rückschlüsse. Dafür bietet sie die Möglichkeit, unter Umständen bedeutende wirtschaftliche Vorteile bei grosser Unfallsicherheit und unter Vermeidung von Baulärm zu erzielen.

Adresse des Verfassers: *Jakob Bächtold*, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro Bächtold, Robert&Co., Schosshaldenstrasse 32, 3006 Bern.

Vom Atomkraftwerk Mühleberg

DK 621:039

Die Sicherheitshülle für den Reaktor Mühleberg besteht aus einem birnenförmigen Stahlblechgefäss von rund 32 m Höhe und maximal rund 18 m Durchmesser, worin der Reaktor und die wesentlichen nuklearen Hilfsanlagen untergebracht sind, sowie aus dem torusförmigen «Pressure Suppression System». Das Gesamtgewicht aller dieser Stahlblechkonstruktionen, welche wegen der grossen Dimensionen beinahe komplett auf Platz zusammengebaut werden müssen, beläuft sich auf rund 1100 t. Der Auftrag wurde von General Electric Technical Services Co., Baden, an ein Konsortium erteilt, bestehend aus den Firmen Gebrüder Sulzer AG, Wartmann & Cie. AG, Brugg, und Giovanola Frères SA, Monthey, unter Federführung von Sulzer. Diese Firma wird ebenfalls die Ingenieurarbeiten und die Montageleitung übernehmen. Das Reaktorgefäss wurde ebenfalls Gebrüder Sulzer in Auftrag gegeben, die mit der Firma Rotterdamsche Droogdok Maatschappij zusammenarbeitet. Es wird in zwei Hälften fabriziert, welche infolge der Transportverhältnisse in der Schweiz erst auf dem Bauplatz zusammengeschweisst werden; die Dimensionen betragen rund 19 m in der Höhe und rund 4,2 m im Durchmesser und das Totalgewicht 265 t. Die beiden Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer bestellte Brown Boveri & Cie. AG, Baden, bei Gebrüder Sulzer AG. Es handelt sich um kombinierte Einheiten, welche als horizontale Gefässe von rund 12 m Länge und 4 m im Durchmesser neben den beiden Turbo-Generatoren im Maschinenhaus des Atomkraftwerkes Mühleberg untergebracht werden und die die Betriebsverhältnisse und Wirtschaftlichkeit des Atomkraftwerkes verbessern.

Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz 1966/67

DK 620.9

Obwohl die Wasserführung des Rheins in Rheinfelden weniger reichlich war als im hydrographischen Jahre 1965/66 — sie betrug im Winter nur 114 (Vorjahr 140) %, im Sommer 110 (121) % des langjährigen Durchschnittswertes —, war die Produktionsmöglichkeit der Wasserkraftwerke annähernd ebenso gut wie im Vorjahr. Die tatsächliche Erzeugung der Wasserkraftwerke konnte gesteigert werden, und zwar im Winter um 691 GWh[1]) auf 12400 (11709) GWh, also um 6 %, und im Sommer um 1595 GWh auf 17330 (15735) GWh, also um 10 %. Bemerkenswert ist, dass sich der Schwerpunkt der Erzeugung der Wasserkraftwerke immer mehr in die Hochalpen verschiebt. Hiefür sind die Abflussmengen des Rheins in Rheinfelden aber nicht mehr repräsentativ.

Der Landesverbrauch ohne die von den Wasserverhältnissen abhängige fakultative Abgabe an Elektrokessel mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage und ohne den Verbrauch der Elektrizitätswerke für Speicherpumpen erreichte im Winterhalbjahr 12036 (11622) GWh, stieg also gegenüber dem Vorjahr um 3,6 (2,9) %, im Sommerhalbjahr 11551 (11069) GWh, also um 4,4 (1,9) %. Die drei wichtigsten Verbrauchergruppen, das heisst die Gruppe Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, die gesamte Industrie und die Bahnen weisen ähnliche Zuwachsraten auf, mit Ausnahme der Untergruppe allgemeine Industrie, deren Verbrauchszunahme im Winter 5,4 (3,0) %, im Sommer 8,1 (2,9) % betrug. Demgegenüber nahm der Verbrauch der Untergruppe elektrochemische, elektrometallurgische und elektrothermische Anwendungen im Winter nur wenig zu und dies nur dank guter Wasserführung, im Sommer ging er sogar etwas zurück. Es scheinen sich hier gewisse Verschiebungen in den Fabrikationsprogrammen und den Herstellungsverfahren abzuzeichnen.

Der Energieaustausch mit dem Ausland wurde dank günstiger hydrologischer Verhältnisse reger. Die Ausfuhren stiegen im Winter auf 2225 (1927) GWh, im Sommer auf 5422 (4314) GWh, im Jahr auf 7647 (6241) GWh. Die Einfuhren betrugen im Winter 1261 (1528) GWh, im Sommer 271 (276) GWh, im Jahr 1532 (1804) GWh. Hieraus ergeben sich Ausfuhrüberschüsse von 964 (399) GWh im Winter und 5151 (4038) GWh im Sommer, somit 6115 (4437) GWh im Jahr.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz im Jahre 1965/66 in GWh und Zunahmen gegenüber dem Vorjahr

	Umsatz 1966/67			Zunahme		
	Winter	Sommer	Jahr	Winter	Sommer	Jahr
Energiebeschaffung						
Wasserkraftwerke	12400	17330	29730	691	1591	2286
wovon aus Speichern	(4451)			(164)		
Therm. Kraftwerke	677	146	823	299	6	305
landeseig. Erzeugung	13077	17476	30553	990	1601	2591
Einfuhr	1261	271	1532	–267	–5	–272
Energieverwendung						
Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft	5580	4917	10497	169	226	395
Industrie	4320	4496	8816	165	166	331
wovon allg. Industrie	(2428)	(2323)	(4751)	(125)	(175)	(300)
spez. Anwendungen[1])	(1892)	(2173)	(4065)	(40)	(–9)	31
Bahnen	894	861	1755	22	36	58
Übertragungsverluste	1242	1277	2519	58	54	112
Landesverbrauch[2])	12036	11551	23587	414	482	896
Elektrokessel	34	232	266	3	11	14
Speicherpumpen	43	542	585	8	–5	3
ges. Landesverbrauch	12113	12325	24438	425	488	913
Ausfuhr	2225	5422	7647	298	1108	1406
Landesverbrauch und Ausfuhr	14338	17747	32085	723	1596	2319

[1]) 1 GWh = 1 Gigawattstunde = 10^6 kWh.

[1]) Elektrochemische, -metallurgische und -thermische Anwendungen.
[2]) Ohne Elektrokessel und Speicherpumpen.