Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 67 (1949)

Heft: 10

Artikel: Die Wasserkräfte des Maggiatales: Beschreibung des Konzessionsprojektes vom Januar 1949

Autor: Kaech, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84018

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: 15.07.2025

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

führt die sinngemäss vorausschauende Verschmelzung architektonischer und zum Ausbau gedachter Mittel bisweilen zu nur kleinen oder gar keinen Mehrspesen. Gleiche Bauelemente lassen sich je nach Geschick, Können und Erfindungsgabe zu einer ansprechenden oder einer nichtssagenden Architektur zusammenstellen. Ohne Mehrkosten kann z. B. die Treppe, über ihre sachliche Funktion hinweg, zu einer ausgesprochenen Bereicherung, ja zu einem der reizvollsten Effekte im Hausinneren werden. Es fällt wirklich nicht schwer, weitere Beispiele anzuführen, wie Raumform und -gruppierung, Lichteinfall, Durchblicke, Anordnung und Gestaltung der Hausbestandteile usw. Auch die eigentliche Konstruktion lässt sich zu ästhetischen Zwecken verwerten, wobei z. B. Sichtbeton, sichtbares oder nur geschlemmtes Mauerwerk, offene Balkendecken, Verschalungen weitere unzählige Möglichkeiten bieten.

So stark ist nun die auf diese Art erzielte Belebung, dass man sich ruhig mit einer durchwegs einfacheren Ausführung begnügen kann, ja dass man unter Umständen gar keine andere ertragen könnte. Wie in der bildenden Kunst bestimmte Gestaltungsmittel nicht miteinander harmonieren, wenn sie sich nicht direkt ausschliessen, so wenig verträgt sich eine prägnante Architektur mit einem reichen Ausbau, ohne in den meisten Fällen überladen und protzenhaft zu wirken. Auch ohne den Gedanken an Einsparung bleibt stets die Architektur das Primäre und der Ausbau hat gegebenenfalls zurückzutreten.

Es kann zwar vorkommen, dass typische Mittel des Innenausbaues, wie Schiebetüren oder Glaswände paradoxerweise auch zu Ersparnissen führen können, so insbesondere, wenn dadurch faktisch oder nur optisch grosszügige Raumgruppierungen ermöglicht werden, die ihrerseits die Reduktion der Raumabmessungen gestatten. Im allgemeinen erlaubt jedoch eine durchdachte Einteilung, ein ausgearbeiteter Grundriss und eine überlegte stilistische Haltung ohne weiteres eine einfache Ausführung und die Vermeidung allzu technisierter und daher kostspieliger Einzelheiten. Im Rahmen des Hausentwurfes lassen sich auch der Umfang der Installationen und damit die entsprechenden Gestehungskosten durch grössere Rücksichtnahme auf die technischen Voraussetzungen weitgehend reduzieren (z. B. Warmluftheizung statt Zentralheizung für eine entsprechend angepasste Hauseinteilung).

Auch eine Ueberprüfung der wirklichen Notwendigkeit von gewissen Einrichtungen, wie z. B. derjenigen eines zweiten Abortes, oder von gewissen Ausführungen, wie z. B. Hartstatt Weichholzböden in den Schlafzimmern, führt zu Einsparungen, ohne den Wohnwert eines Hauses wesentlich herabzusetzen. Je nach örtlicher Gegebenheit lassen sich noch weitere Vereinfachungen und Verbilligungen erzielen, indem auf vermeintlich unumgängliche Hausbestandteile verzichtet wird: z. B. lassen sich Hauseingang und Gartenausgang bei genügender Strassenentfernung kombinieren und dementsprechend Eingangshalle und Gartenzimmer.

Ebenso könnte in vielen Fällen zur Verwendung verbilligender Normelemente gegriffen werden. Selbstverständlich passen sie nicht zu jeder Inneneinrichtung, schränken aber anderseits in dieser Hinsicht die Wahl nicht dermassen ein, dass sich nicht doch eine befriedigende, entsprechend nüancierte Gesamthaltung finden liesse, in die sie harmonisch eingehen. Indem Normelemente als Massenartikel auf den Zuspruch einer weiten Kundschaft angewiesen sind, erwächst ihnen dadurch ganz von selbst eine gewisse Allgemeingültigkeit, die nur von Vorteil sein kann.

*

Ohne von der Forderung abzurücken, dass eine menschenwürdige Wohnstätte niemals den Charakter einer blossen Behausung tragen darf und infolgedessen den jeweiligen Ansprüchen an Solidität, Komfort und Schönheit gerecht werden soll, bleibt zusammenfassend zu sagen, dass der im allgemeinen ungebührlich verteuernde Innenausbau weitgehend vereinfacht und somit verbilligt werden kann und zwar nicht nur ohne Verlust an Wohnlichkeit, sondern im Gegenteil mit Gewinn an Lauterkeit und Intensität. Es kann also keinesfalls schaden, wenn die Berechtigung gewisser Erscheinungen im Ausbau, sowohl von seiten des Architekten, wie des Bauherren kritischer betrachtet werden und somit angesichts der allgemeinen Teuerung keine Spargelegenheit unberücksichtigt bleibt. Mit genügend Takt und Einfühlungsvermögen auf der einen und ausreichend gutem Willen und Unvoreingenommenheit auf der anderen Seite, wird die Auseinandersetzung über das heikle, zuweilen gefährliche Thema bestimmt zu einem erfreulichen Ergebnis führen.

Die zwei Beispiele von Bauten des Verfassers sollen nun zeigen, wie ernstgemeinte und konsequent angesetzte Bestrebungen in dieser Richtung durchaus von Erfolg gekrönt werden können. Von den skizzierten Ueberlegungen ausgehend, sind in beiden Fällen die angedeuteten Mittel und Wege zur Vereinfachung und Verbilligung des Innenausbaues so weit möglich angewendet und begangen worden. Im Zusammenhang mit parallelen Bemühungen auf dem Gebiet der allgemeinen Planung und der konstruktiven Ausbildung dürften für diese sicherlich nicht unwohnlichen Mittelstandwohnhäuser Gestehungskosten erzielt worden sein, die vielen ein eigenes Bauen und somit ein schöneres und selbständigeres Leben ermöglichen.

Die Wasserkräfte des Maggiatales

Beschreibung des Konzessionsprojektes vom Januar 1949

Nach Mitteilungen des Ingenieurbureau Dr. A. KAECH, Bern

DK 621.311.21 (494.55)

Vorbemerkung der Redaktion

Am 17. Februar 1949 hat das Konsortium Maggia-Wasserkräfte beim Staatsrat des Kantons Tessin das Gesuch eingereicht um die Erteilung der Konzession für die Ausnützung der Wasserkräfte der Maggia und ihrer Zuflüsse bis zum Langensee. Am Konsortium Maggia-Wasserkräfte sind beteiligt: Der Kanton Tessin, die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG., Baden, die Stadt Zürich, die Bernischen Kraftwerke AG., Beteiligungsgesellschaft, Bern, das Elektrizitätswerk Basel und die Aare-Tessin AG. für Elektrizität, Olten.

Das dem Gesuch zugrunde liegende Projekt ist im Auftrag des Staatsrates des Kantons Tessin vom Ingenieurbüro Dr. A. Kaech, Bern, aufgestellt worden.

I. Uebersicht

Alle früher von verschiedenen Seiten vorgelegten Projekte zur Ausnützung der Wasserkräfte der Maggia und auch die neuerlichen Studien des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft haben nur die Ausnützung des Gefälles der obern Maggiatäler bis nach Bignasco vorgesehen. Diese Projekte ergeben zu hohe Gestehungskosten der Energie.

Das vorliegende Projekt umfasst nun erstmals mit einer originellen Disposition die Ausnützung des ganzen Flusssystems von den Quellgebieten der Maggia und ihrer Zuflüsse bis zur Mündung in den Langensee.

Als Unterlage zur Untersuchung der vielen alten Gletschermulden im Gebirge zwischen Maggia- und Bedrettotal haben photogrammetrische Terrainaufnahmen und eine umfassende geologische Kartierung mit eingehenden örtlichen Erhebungen gedient. Die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht vorgenommene Prüfung der vielen in diesem Gebiet vorhandenen Gelegenheiten zur Anlage grosser und kleiner Wasserspeicher hat ergeben, dass drei Becken, nämlich bei Cavagnoli im obern Bavonatal und bei Sambuco und Naret im obern Lavizzaratal für den Anfang am günstigsten sind. Dabei hat sich auch gezeigt, dass es möglich ist, gegenüber frühern Vorschlägen diese Akkumulieranlagen einfacher und wirtschaftlicher zu gestalten. So können die Becken Naret und Cavagnoli zu einer einheitlichen Anlage zusammengefasst und so die Zahl der Kraftwerke verringert werden, weil der wirtschaftlichste Aufstau bei beiden Becken auf gleicher Höhe (bei 2305 m) liegt.

Das in den drei Becken aufgespeicherte Wasser lässt sich auch in recht einfacher Weise mit grossen Gefällskonzentrationen durch die unterhalb anschliessenden steilen Bergtäler, nämlich vom Sambucosee durch das Maggiatal und vom Zwillingssee Naret-Cavagnoli durch das Bavonatal bis nach Cavergno kurz oberhalb Bignasco leiten und dort in einer Gemeinschaftszentrale ausnützen. Das dort vereinigte Wasser der ganzen Akkumulieranlage kann dann nochmals, zusammen mit den Zuflüssen aus einem weitern Einzugsgebiet von

Tabelle 1. Hauptdaten der Speicher- und Ausgleichbecken

Etappe	Speicher- u. Ausgleichbecken	Speicher- u. Ausgleichbecken: Nutzinhalt Mio m³	Oberfläche km²	Stauziel m ü.M.	Staumauern: grösste Höhe m	Kronenlänge m	Kubatur m³
1	Sambuco	40,0	0,92	1438	100	250	425 000
	Palagnedra	5,5	0,29	490	75	160	60 000
2	Naret	27,0	0,65	2305	80 30	370 220	390 000
	Cavagnoli	25,5	0,44	2305	90	260	352 000
	Robiei	2,2	0,16	1920	30	250	50 009
3	Crosa	15,0	0,46	2160	60	200	40 000
	Zöt	5,0	0,21	1963	65	160	61 000

Tabelle 2. Hauptdaten der Kraftwerke

Etappe	Werk	Bruttogefälle m	Ausbauwassermenge m³/s	Ausbauleistung PS
1	Peccia	438	10,0	47 000
	Cavergno	475	12,3	64 000
	Verbano	297	44,0	130 000
2	Robiei-Kraftwerk	385	12,2	53 000
	Pumpwerk		5,3	34 000
	Bavona	920	12,5	128 000
	Cavergno	475	12,3	128 000
3	Zöt	240	3,0	9 000
	Cevio	365	10,0	40 000

über 500 km² mit einem Gefälle von rd. 300 m ausgenützt werden.

Die Niederschläge der Einzugsgebiete unterhalb Bignasco sind infolge ihrer nach Süden offenen Lage verhältnismässig sehr gross, insbesondere auch im Winter. Der jährliche Niederschlag in Brissago auf 219 m ü. M. beträgt über 2000 mm und die Ausnützung der Zuflüsse aus diesem Gebiet, besonders der Melezza, ist wertvoll für das ganze System. Günstig ist auch, dass sich im Centovalli in passender Höhe ein Sammel- und Ausgleichbecken mit einem Nutzinhalt von 5,5 Mio m³ in einer engen Felsschlucht bei Palagnedra erstellen lässt. Dieses ist nur 7 km von der Zentrale am Langensee entfernt, und es kann der rd. 24 km lange Wasserleitungsstollen zwischen der Zentrale Cavergno und dem Becken Palagnedra als Freilaufstollen ausgeführt werden. Die längste zu durchfahrende Strecke beträgt 7 km. Wegen des guten Gesteins — Granitgneis — und des genügend grossen Profils kann dieser Stollen mit modernen Tunnelmaschinen grosser Leistung — wie sie jetzt beim Bau des Kraftwerks Handeck II benützt werden — in einem Zeitraum von zwei Jahren erstellt werden.

Diese Kombination der Ausnützung der beiden Einzugsgebiete mit ihrem unterschiedlichen Abflusscharakter, dem hochalpinen und dem tiefer liegenden Gebiet mit südlichem Klima, wirkt sich sehr günstig aus. So zeigt sich, dass mit dem Kraftwerk Verbano die jährliche Energieproduktion der oberhalb gelegenen Werke um 80 % (im Winter um 50 %) erhöht werden kann. Die Anlagekosten werden hingegen durch dieses Werk nur um 25 % vergrössert. Die unterste Stufe ergibt daher eine starke Verbilligung der Energiegestehungskosten des Gesamtsystems und wird damit zum Grundstock der Gesamtdisposition. Mit dieser neuen Disposition werden die Energiedarbietung und die Energiepreise so günstig, dass der Ausbau der Maggiawasserkräfte der allgemeinen schweizerischen Energieversorgung dienen kann.

II. Beschreibung der Anlagen

a. Bauetappe 1: Sambuco-Peccia-Cavergno-Verbano

1. Kraftwerk Peccia

Im Val Lavizzara kann das Alptal knapp 1,5 km oberhalb des Dorfes Fusio in einer Schlucht durch eine Mauer bei Sambuco eingestaut werden. Das Dorf selbst wird vom Stau nicht berührt. Die geringsten Einheitskosten der Winterenergie ergeben sich mit einem Becken von 40 Mio m³ Inhalt. Das Stauziel liegt dabei auf 1438 m ü. M. und die maximale Absenkung auf 1366 m ü. M. Tabelle 1 zeigt die Hauptdaten der vorgesehenen Staumauer.

Zur Vergrösserung des natürlichen Einzugsgebietes wird der vom Campolungopass herkommende Seitenbach in einem 1,2 km langen Stollen dem See zugeleitet. Die Abflüsse weiterer Einzugsgebiete auf der rechten Talseite bei Mongo (Alpe di Rodi) und im obern Val Peccia bei Erta, können durch den Druckstollen dem Speicherbecken zugeführt werden. Das direkte und indirekte Einzugsgebiet des Speicherbeckens Sambuco betragen zusammen 57,4 km², ohne das Einzugsgebiet des oberhalb gelegenen Speichers Naret.

Das im Sambucobecken gespeicherte Wasser wird durch einen 5,5 km langen Druckstollen zum Wasserschloss und von dort durch einen Druckschacht zur unterirdisch angelegten Zentrale bei Piano di Peccia geleitet. Die Turbinenaxe kommt dort auf rd. 1000 m ü. M. zu liegen. Tabelle 2 gibt die Hauptdaten der einzelnen Kraftwerke. Der Unterwasserkanal von etwa 100 m Länge mündet in den Ausgleichweiher Peccia, wo sich die Wasserfassung des unterhalb liegenden Werkes befindet.

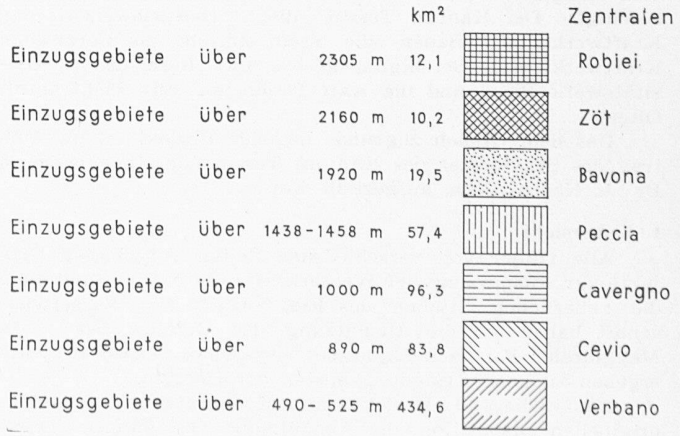
Es bleibt vorbehalten, das Speicherbecken Sambuco bis 60 Mio m³ Inhalt zu vergrössern; bei diesem Nutzinhalt kann es auch in Jahren geringen Abflusses durch natürliche Zuflüsse sicher noch gefüllt werden. Zupumpen wäre nicht wirtschaftlich.

2. Kraftwerk Cavergno bei Bignasco

In einem Ausgleichweiher bei Piano di Peccia von 200 000 m³ Nutzinhalt werden das Abwasser der Zentrale Peccia sowie die Abflüsse des Zwischeneinzugsgebietes im Val Peccia und die durch einen rd. 7,5 km langen Zuleitungsstollen gefassten Abflüsse der Täler Pertusio und Prato und das Zwischeneinzugsgebiet der Maggia auf der Alpe Areno gesammelt. Von hier fliesst das Wasser in einem rd. 6 km langen Druckstollen dem Wasserschloss und über einen Druckschacht der Zentrale Cavergno oberhalb Bignasco zu. Die Druckleitung mit dem Wasserschloss und die Zentrale mit dem Ablaufkanal werden von Anfang an so dimensio-

Tabelle 3. Nutzwassermengen der einzelnen Kraftwerke

Etappe	Werk	Einzugsgebiet km²	Winter Nov.-April Mio m³	Sommer Mai-Okt. Mio m³	Jahr Mio m³
1	Peccia	63,4	53,7	47,2	100,9
	Cavergno	136,4	73,5	124,3	197,8
	Verbano	712,8	290,1	547,3	837,4
2	Robiei	12,1	53,4	— 30,3	23,1
	Bavona	34,2	59,2	4,8	64,0
	Peccia	57,4	52,7	37,4	90,1
	Cavergno	211,5	138,9	152,4	291,8
	Verbano	713,9	345,2	518,4	863,6
3	Robiei	12,1	53,4	— 30,3	23,1
	Zöt	10,2	16,4	3,2	19,6
	Bavona	41,8	80,0	— 2,7	77,3
	Peccia	57,4	52,7	37,4	90,1
	Cavergno	215,5	159,0	139,4	298,4
	Cevio	83,8	20,3	90,5	110,8
	Verbano	713,9	362,5	522,6	885,1



Legende zu Bild 1. Gesamtes Einzugsgebiet der Maggia 927,2 km², davon werden im Vollausbau 713,9 km² oder 77 % ausgenützt

Bild 1. Wasserkräfte des Maggiatales Übersichtsplan

niert, dass auch die zusätzlichen Wassermengen der weitern Ausbauetappen verarbeitet werden können.

3. Kraftwerk Verbano

Ein Freilaufstollen von 2,5 km Länge etwa auf Kote 525 m leitet das Unterwasser der Zentrale Cavergno ins Bavonatal hinüber, wo es in einem 24,4 km langen Freilaufstollen dem Ausgleich- und Sammelbecken bei Palagnedra zufliesst. Unterwegs werden die Abflüsse der Täler Bosco, Campo, Vergeletto und Onsernone sowie diejenigen von drei kleineren Nebentälern gefasst. Bei der Brücke von Palagnedra kann mit einer verhältnismässig kleinen Mauer ein Ausgleichweiher von 5,5 Mio m³ Nutzinhalt erstellt werden. Der Stau reicht bis zur Landesgrenze bei Camedo. Von hier wird das Wasser in einem 7,0 km langen Druckstollen zur Zentrale Verbano geführt, die am Langensee zwischen Porto Ronco und Brissago zu liegen kommt; diese wird vollständig unterirdisch mit Druckschacht und einer Kaverne ausgeführt. Das Abwasser fliesst in einem 150 m langen Stollen in den Langensee. Die Zentrale wird für eine Wassermenge von 44 m³/s ausgebaut, was eine Leistung von rd. 130 000 PS ergibt.

b. Bauetappe 2: Naret - Cavagnoli - Robiei - Bavona - Cavergno

1. Kraft- und Pumpwerk Robiei

Wie bereits eingangs erwähnt, können in den hochgelegenen Gebieten des Maggiatales zwei weitere Speicherbecken erstellt werden, nämlich das Speicherbecken Naret im obern Val Lavizzara und das Speicherbecken Cavagnoli im obern Val Bavona. Es ist ein günstiger Zufall, dass bei beiden Becken der Grenzbereich des wirtschaftlichen Aufstaus gleich hoch liegt; dadurch ist es möglich, sie auf das gleiche Stauziel von 2305 m ü. M. aufzustauen und sie mittels eines 6 km langen Verbindungsstollens kommunizieren zu lassen, so dass sie in einer Zentrale ausgenützt werden können. Der Nutzinhalt des Naretbeckens von 26 Mio m³ kann durch Absenken des natürlichen Sees um 1 Mio m³ vergrössert werden. Für den Aufstau sind eine grössere und eine kleinere Mauer nötig (s. Tabelle 1), während beim Becken Cavagnoli eine Mauer genügt.

Das natürliche Einzugsgebiet der beiden Speicherbecken beträgt 9,0 km². Durch einen Stollen von 2 km Länge kann dem Speicherbecken Naret der Abfluss des Gebietes der Laiozza im obern Pecciatal von rd. 2 km² zugeleitet werden. Ferner ist es möglich, im östlichen Fenster des Verbindungsstollens Naret-Cavagnoli den Abfluss des nach dem Bedrettotal entwässernden Vallegia-Gletschers so zu fassen, dass er den Seen ebenfalls mit natürlichem Gefälle zufliesst. Das direkte und das indirekte Einzugsgebiet betragen damit zusammen 12,1 km². Die entsprechende Abflussmenge genügt damit noch nicht, um beide Becken mit zusammen 52,5 Mio m³ Inhalt zu füllen. Die fehlenden Wassermengen müssen aus tieferen Lagen hinaufgefördert werden.

Im Becken Cavagnoli, das sich etwa 10 m tiefer absenken lässt als das Becken Naret, wird das Speicherwasser gefasst und direkt über einen Druckschacht der Zentrale Robiei auf Kote 1900 m zugeleitet. Aehnlich wie beim Kraftwerk Handeck I können hier Druckstollen und Wasserschloss weggelassen werden. Die Kavernenzentrale Robiei kommt in einen Hügel am nordöstlichen Ende des Ausgleichbeckens Robiei zu liegen. Neben den beiden Turbinen werden in der Zentrale zwei Pumpengruppen (grösste Wassermenge 2 × 2,65 m³/s, Antriebsleistung 2 × 17 000 PS) installiert, welche zur restlichen Füllung der Speicher Cavagnoli-Naret dienen.

2. Kraftwerk Bavona

Dem Ausgleichbecken Robiei mit einem Nutzinhalt von 2,2 Mio m³ werden die Wassermengen des Resteinzugsgebie-

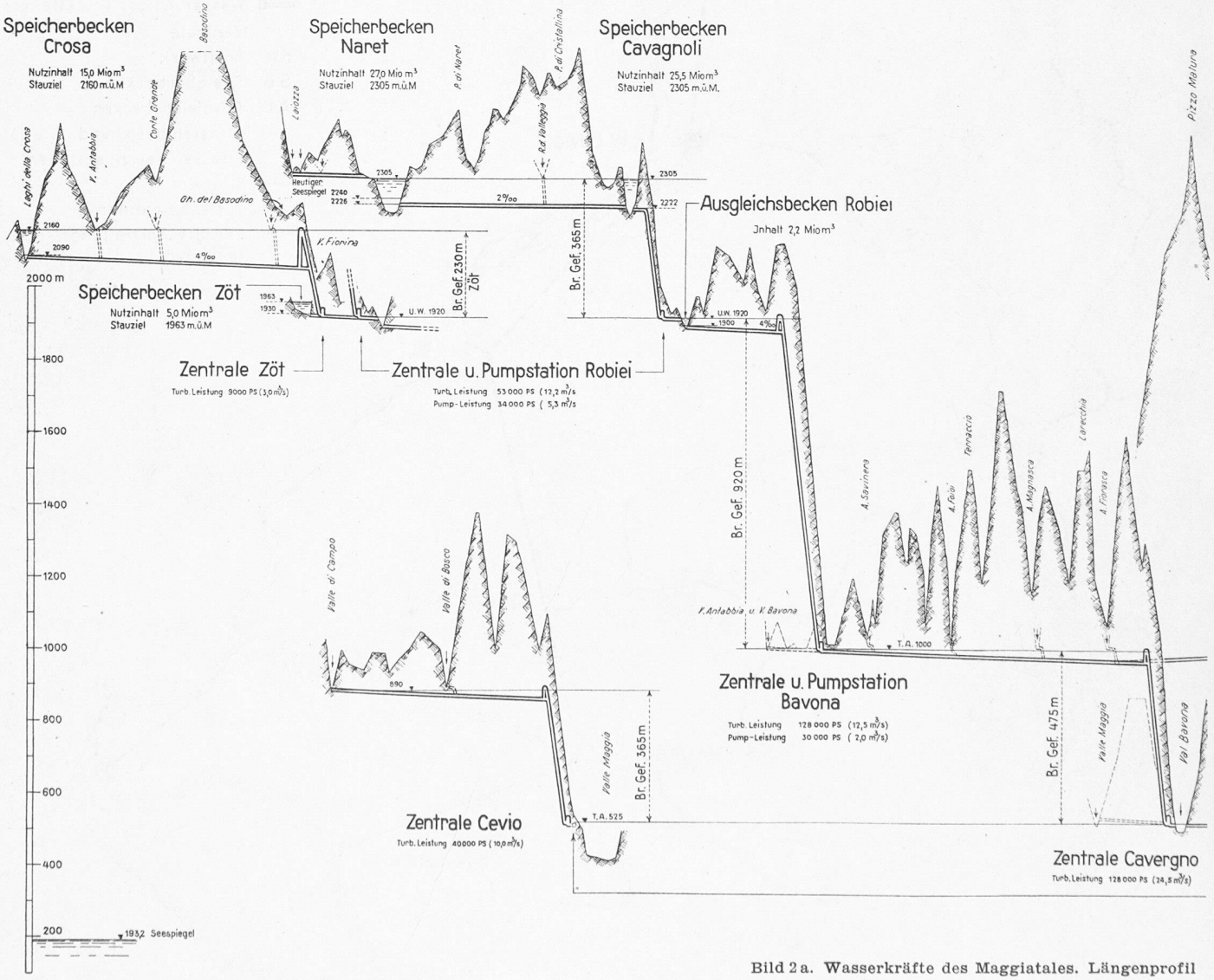


Bild 2a. Wasserkräfte des Maggiatales. Längenprofil

tes der Bavona sowie die Abflüsse des Basodino-Gletschers von der Alp Zöt her zugeleitet. Von dort führt ein 2,5 km langer Druckstollen nach einem Wasserschloss im Pizzo Pulpito und von hier ein Druckschacht nach der etwa auf Kote 1000 m gelegenen Kavernenzentrale Bavona. Da es unsicher ist, ob in extrem trockenen Jahren die Zuflüsse zum Becken Robiei genügen, um die Speicher Cavagnoli und Naret zu füllen und in Anbetracht der Möglichkeit späterer Erweiterungen der Akkumulieranlage, wird bei der Zentrale Bavona Vorsorge getroffen, dass später von hier aus dem Becken Robiei noch Wasser zugeführt werden kann.

3. Kraftwerk Cavergno, Vollausbau

Das Abwasser der Zentrale Bavona, sowie die auf etwas über 1000 m gefassten Abläufe der Einzugsgebiete des Val Antabbia und des Restgebietes des Val Bavona werden zusammen durch einen 7,8 km langen Druckstollen nach dem Wasserschloss des oben beschriebenen Kraftwerkes Cavergno bei Bignasco geleitet und dort in zwei weitern Maschinengruppen verarbeitet.

c. Bauetappe 3: Erweiterungen

Zu den vorbeschriebenen Anlagen sind später noch Ergänzungen vorgesehen; die wichtigsten sind folgende:

1. Kraftwerk Zöt

Die im obern Val Calneggia gelegenen beiden Laghi della Crosa haben einen natürlichen Seeinhalt von zusammen rd. 6 Mio m³. Durch den Aufstau des untern kleinern Sees von Kote 2116 m um 44 m, also um 5 m über das Niveau des obern Sees auf 2160 m ü. M., wird ein weiterer künstlicher Stauraum von rd. 9 Mio m³ gewonnen, so dass die beiden Seen zusammen einen Speicherinhalt von 15 Mio m³ erreichen. Diese Staumöglichkeit muss jedoch noch näher abgeklärt werden, da am östlichen Ende des kleinen Sees eine Schutthalde eingestaut wird, die möglicherweise eine tieferliegende Abflussrinne überdeckt. Ergibt die Untersuchung ein günstiges Resultat, so kann dieser See wie folgt an das Kraftwerksystem der Etappen 1 und 2 angeschlossen werden.

Mittels eines 7,5 km langen Stollens können die gespeicherten Wassermengen der Crosa-Seen nach dem Wasserschloss, Druckschacht und Kraftwerk bei der Alp Zöt geleitet werden. Unterwegs werden die obersten Einzugsgebiete des Val Antabbia und des Basodino gefasst. Damit wird das natürliche Einzugsgebiet von 4 km² um weitere 6,2 km² auf 10,2 km² vergrössert und genügt so, um die zur Seefüllung notwendigen Wassermengen aufzubringen. Das Wasser der Zentrale Zöt fliesst in den Verbindungsstollen Zöt-Robiei.

2. Vergrösserung der Speicherung im Bavonatal

Es ist möglich, weitere kleinere Becken für die Vergrösserung der Akkumulieranlage dem Kraftwerksystem anzugliedern, nämlich:

a. Das Speicherbecken Zöt: Mit einem Speicherinhalt von ca. 5 Mio m³ ist dieses Becken noch wirtschaftlich. Die geologischen Verhältnisse sind günstig.

b. Der Lago Bianco: Topographisch könnte hier mit tragbaren Baukosten ein Speicher von 10 Mio m³ erstellt werden. Es kann aber nur nach gründlichen Untersuchungen der Verhältnisse hinsichtlich Beckendichtigkeit entschieden werden, ob ein solcher Aufstau in Betracht gezogen werden kann.

c. Der Lago Sfundau könnte mit einem rd. 700 m langen Stollen in den Verbindungsstollen Naret-Cavagnoli entleert werden. Diese Arbeiten hängen davon ab, ob dieser See, der heute einen unterirdischen Abfluss aufweist, so gedichtet werden kann, dass ein genügend grosser Nutzinhalt erzeugt werden kann; zur Beurteilung dieses Umstandes sind noch weitergehende Untersuchungen nötig.

3. Laufwerke

Wie bereits früher dargelegt, eignen sich die untern Seitentäler der Maggia nicht zur Erstellung von Speicherwerken. Hingegen wird es möglich sein, hier Laufwerke zu erstellen. Das Laufwerk Cevio ist die günstigste dieser Anlagen. Weitere Laufwerke können aber auch in den Tälern Calneggia und Vergeletto erstellt und an den Freilaufstollen Cavergno-Palagnedra angeschlossen werden.

III. Nutzwassermengen und Energieproduktion

Die Nutzwassermengen wurden aus den Messergebnissen der nachstehenden Limnigraphenstationen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft ermittelt: Maggia-Brontallo 1929—47, Bavona-Bignasco 1929—47, Melezza-Camedo 1927—35. Die nicht ausnutzbaren Hochwasserspitzen wurden mittels Monatsdauerkurven bestimmt. Die Unterschiede bei den Abflüssen der höher und tiefer gelegenen Fassungsstellen gegenüber den Messtationen wurden in Abhängigkeit der mittleren Höhenlage der Einzugsgebiete und der Vergletscherung berücksichtigt. Damit ergaben sich die Nutzwassermengen gemäss Tabelle 3. Das Winterhalbjahr umfasst die Monate November bis April.

In Tabelle 4 sind die möglichen Energieproduktionen in den einzelnen Etappen zusammengefasst. Wie dort ersichtlich ist, beträgt das Verhältnis der Winter- zur Jahresproduktion

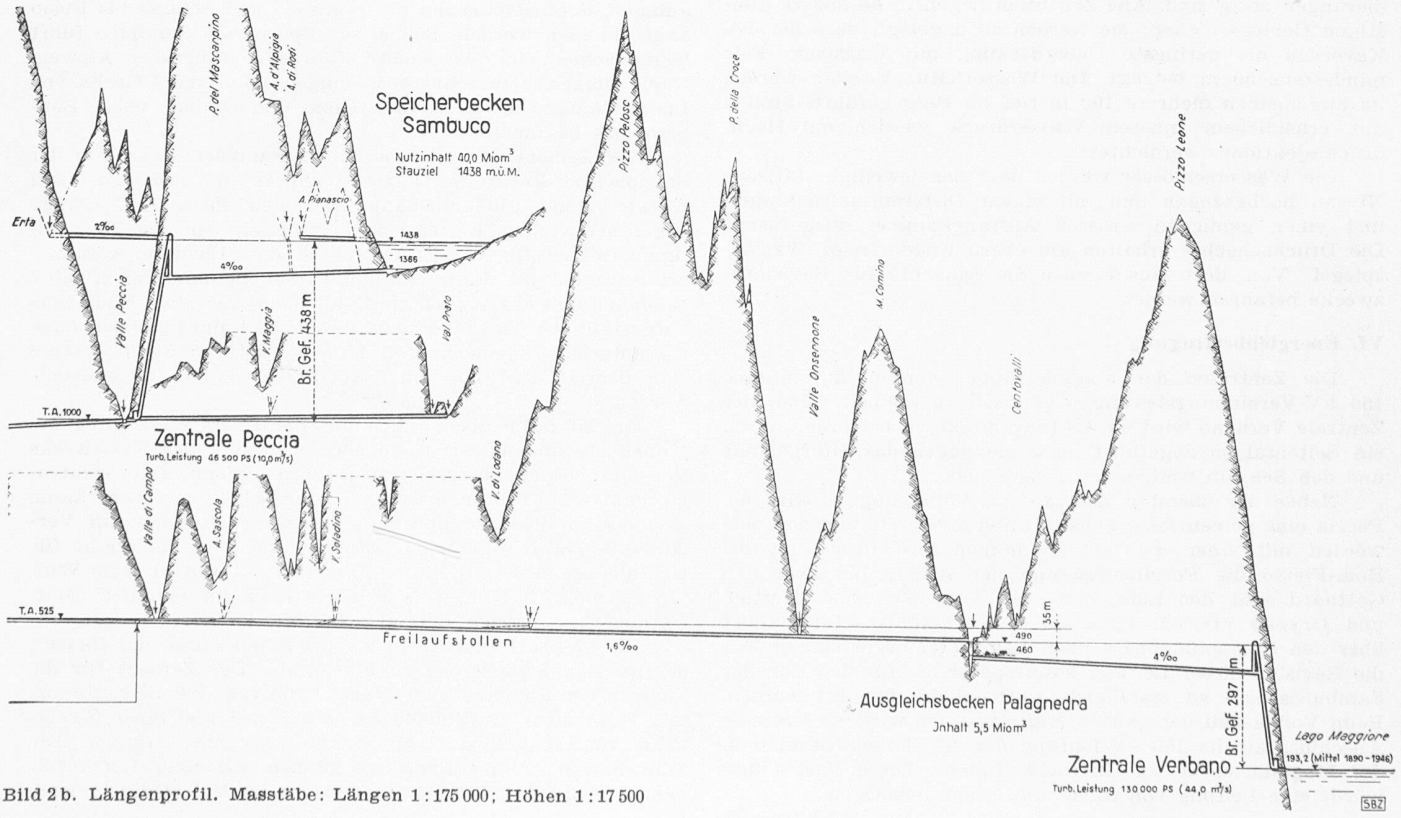


Bild 2b. Längenprofil. Masstäbe: Längen 1:175 000; Höhen 1:17 500

rd. 55 % bei beiden letzten Etappen (bzw. rd. 60 % beim vergrösserten Sambucobecken).

IV. Geologische Verhältnisse

Ueber die Geologie des ganzen Gebietes vom Nordhang gegen das Bedrettotal bis zum Hang gegen den Langensee liegen eine detaillierte Kartierung von Prof. Dr. W. Leupold ETH, sowie ein eingehender Bericht über alle wichtigen Bauobjekte vor; wie daraus hervorgeht, ist die Eignung des Gesteins im Maggiatal in technischer Hinsicht günstiger als fast bei allen andern Gebirgstälern der Schweiz, mit Ausnahme vielleicht des Oberhasli.

Die drei Hauptspeicherbecken weisen im vorgesehenen Ausmass hinsichtlich Dichtigkeit der Becken und Eignung der Sperrstellen durchwegs günstige Verhältnisse auf. Beim Bau dieser Becken entsteht daher kein Risiko. Aber auch die Stollen können praktisch auf der ganzen Länge in bautechnisch gute und standfeste Gebirge (Granitgneis und massige Bündnerschiefer) gelegt werden. Für die Zentralen konnten die Oertlichkeiten so gewählt werden, dass die Wasserschlösser, die Druckschächte und die Zentralenkavernen ebenfalls in gut geeignete Gesteine zu liegen kommen.

V. Konstruktion der Bauobjekte

a. Speicherbecken

Die Talsperren werden als massive Gewichtsmauern mit dreieckförmigem Querschnitt und der Dreieckspitze 1 m über dem Stauziel ausgeführt. Abgesehen von den üblichen Inspektionsgängen erhalten die Mauern keine Aussparungen. Auch das Kopfstück der Mauern wird massiv ausgeführt mit 4,0 m Kronenbreite. Beim Felsuntergrund der Sperren sind tiefreichende Zementinjektionen und bei den Fundamentauflagen zusätzliche Verdichtungen vorgesehen.

Bei allen Becken sind nicht nur reichliche Ueberläufe zur Abführung von Hochwassern, sondern auch so grosse Grundablässe vorgesehen, dass der Wasserspiegel auf eine ungefährliche Lage innert längstens sechs Tagen abgesenkt werden kann. Die dabei abzuführenden Wassermengen können in den unterhalb gelegenen Flussläufen noch ohne Schaden abgeleitet werden.

b. Kraftwerkstufen

Alle Wasserleitungen zur Gefällskonzentration und auch die elektromechanischen Anlagen der Kraftwerke werden unterirdisch erstellt. Bei dieser Bauweise können geologisch ungünstige Partien, wie Bergstürze, schlechtes Gestein usw. zum vornherein vermieden werden, ohne dass dazu noch Sondierungen nötig sind. Alle Zentralen liegen in besonders günstigen Gebirgsstöcken; sie werden so angelegt, dass bei den Kavernen die geringste Ueberdeckung mit massivem Fels mindestens 50 m beträgt. Die Wasserleitungsstollen werden im allgemeinen mehrere 100 m tief im Berg geführt. Stollen mit erheblichem innerem Wasserdruck werden mit Hochdruckinjektionen verdichtet.

Die Wasserschlösser werden über das jeweilige statische Niveau hochgezogen und mit einem Differentialdruckorgan und einer genügend grossen Auffangkammer ausgerüstet. Die Druckschächte erhalten am obern Ende «freie» Wasserspiegel. Von dort aus können die Schächte für Revisionszwecke befahren werden.

VI. Energieübertragung

Die Zentralen der Maggiagruppe werden durch eine 150 kV-Verbindungsleitung elektrisch gekuppelt. Bei der Zentrale Verbano wird die Leitung direkt nach Norden durch ein Seitental so abgeführt, dass sie gegen das Ufergelände und den See hin weitgehend gedeckt ist.

Neben der obersten Zentrale im Valle Maggia wird bei Peccia eine gemeinsame Schaltstation errichtet. Von dort aus werden mit einer nur 11 km langen Anschlussleitung bei Rodi-Fiesso die Fernübertragung der ATEL und über den Gotthard und den Lukmanier die Verteilstationen Mettlen und Grynau erreicht (Bild 3). Die Anschlussleitung führt über den Campolungopass beim Lago Tremorgio vorbei. Für die Revision dieser Leitung kann später die für den Bau der Sambucosperre zu erstellende Luftseilbahn benützt werden. Beim Vollausbau der ganzen Maggiagruppe wird ein weiterer Anschluss an die 150 kV-Leitung der ATEL bei Riazzino in der Magadinoebene in Betracht fallen. Diese Verbindung würde eine Leitung von rd. 18 km Länge benötigen.

Tabelle 4. Mittlere jährliche Energieproduktion in Mio kWh

Etappe	Werk	Winter Nov.-April	Speicher	Sommer Mai-Oktober	Jahr
1	Peccia	45		40	85
	Cavergno	71		120	191
	Verbano	168		316	484
	Rücklieferung*	— 4		— 6	— 10
	Total 1. Etappe	280	96	470	750
2	Robiei	41		— 40	1
	Bavona	114		9	123
	Peccia	45		32	77
	Cavergno	133		146	279
	Verbano	199		299	498
	Rücklieferung*)	— 4		— 6	— 10
	Total 1. + 2. Etappe	528	325	440	968
3	Robiei	41		— 40	1
	Zöt	8		1	9
	Bavona	154		— 9	145
	Peccia	45		32	77
	Cavergno	152		134	286
	Cevio	15		67	82
	Verbano	209		301	510
	Rücklieferung*)	— 4		— 6	— 10
	Total 1. + 2. + 3. Etappe	620	401	480	1100
	Energieproduktion der 1. + 2. + 3. Etappe bei Ausbau des Beckens Sambuco auf 60 Mio m³	669	450	433	1102

*) Kraftwerk Ponte Brolla

VII. Bauprogramm

Die natürlichen Verhältnisse erlauben eine rasche Bauausführung; dies gilt besonders bei der Bauetappe 1, weil mit Ausnahme der Sambuco-Sperre an allen Objekten während des ganzen Jahres gebaut werden kann; aber auch bei der Sambucosperre kann infolge ihrer Lage auf rd. 1400 m ü. M. auf der Südabdachung der Alpen mit einer Winterpause von nur vier bis fünf Monaten gerechnet werden, statt sechs bis sieben Monaten beim Bau anderer im schweizerischen Hochgebirge gelegenen Talsperren. Alle Baustellen können auch in einfacher Weise an die bereits vorhandenen Verkehrsanlagen, Schmalspurbahn bis Bignasco und Strasse bis Fusio angeschlossen werden. Selbst zur Sperrstelle Sambuco führt heute schon ein für leichte Fahrzeuge fahrbarer Alpweg. Nach einigen Strassenverbesserungen kann die Beifuhr von Installationen zu allen Baustellen unmittelbar nach Baubeschluss beginnen.

Der Zement für die Staumauer Sambuco kann von der Station Rodi-Fiesso der Gotthardbahn aus mit einer nur etwa 7,5 km langen Luftkabelbahn über den Passo Campolungo zugeführt werden. Es wird daher möglich sein, die Vorbereitungsarbeiten für die Erstellung dieser Mauer so voranzubringen, das im Jahre 1951 mit den Betonierungsarbeiten begonnen und das Wasser im Sambucobecken etwa Ende 1953 aufgestaut werden kann. Auf diesen Zeitpunkt können auch die unterhalb liegenden drei Kraftwerkstufen Sambuco-Peccia, Peccia-Cavergno und Cavergno-Verbano fertiggestellt werden.

Um so rasch als möglich mit der Energieerzeugung beginnen zu können, ist es gegeben, den Bau des Kraftwerks Verbano besonders rasch zu fördern. Wenn sein elektromechanischer Teil rechtzeitig bereitgestellt werden kann, wird es nämlich möglich sein, dieses Werk schon im Verlaufe des Jahres 1952 in Betrieb zu nehmen. Es ergibt für sich allein eine Energieproduktion von 143 Mio kWh im Winter (Nov.-April) und von 303 Mio kWh im Sommer (Mai-Oktober), im ganzen Jahr also 446 Mio kWh.

Die zweite Bauetappe wird wiederum durch die Bauzeit der grossen Speicherbecken bestimmt. Der Zement für die Sperren von Cavagnoli und Naret kann vom Val Bedretto aus mit Hilfe einer Luftkabelbahn von 8 km und einer Zweigbahn von zusätzlich 2 km Länge angeführt werden. Die schweren Sperreninstallationen können mit einer Luftkabelbahn von 3,5 km Länge von Ossasco im Val Bedretto nach

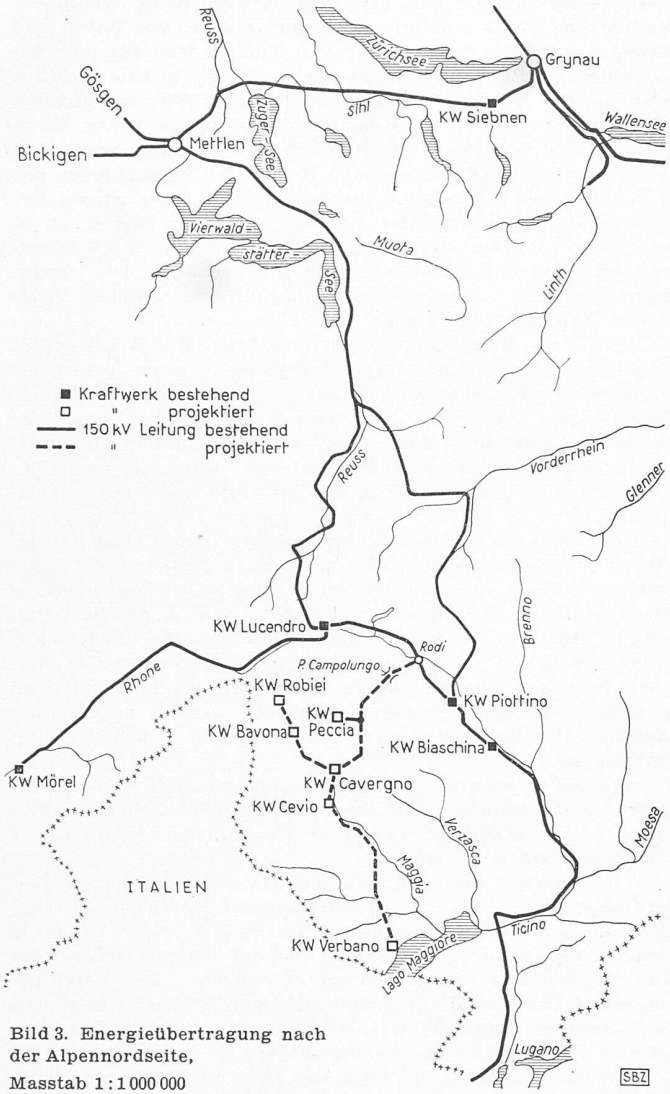


Bild 3. Energieübertragung nach der Alpennordseite, Masstab 1:1 000 000

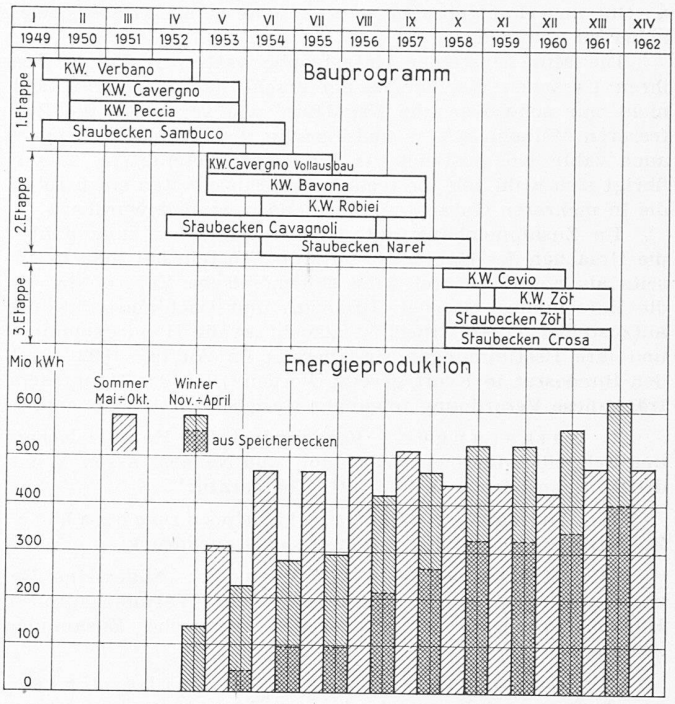


Bild 4. Bauprogramm und Energieproduktion während der Bauzeit

dem obern Val Torta und von dort durch den Verbindungsstollen Naret-Cavagnoli an ihre Bestimmungsorte gebracht werden. An dieser Stelle besteht bereits eine Militärseilbahn zur Cristallinahütte des SAC.

Sofern mit den Vorbereitungen für das Becken Cavagnoli im Jahre 1952 begonnen wird, kann es im Jahre 1956 fertiggestellt werden. Bei Beginn der Vorarbeiten des Beckens Naret im Jahre 1954 kann dieses im Jahre 1958 fertig sein. In der gleichen Zeit können die beiden Kraftwerke Robiei und Bavona gebaut und entsprechend dem Anfall von Speicherwasser spätestens im Jahre 1956 in Betrieb genommen werden. Dieses Bauprogramm ist in Bild 4 dargestellt.

Die beschriebene gestaffelte Erstellung der Speicherbecken, bei denen für den Bau der drei Talsperren die gleichen Installationen verwendet werden können, würde somit eine Bauzeit (Etappe 1 und Etappe 2) von acht bis neun Jahren in Anspruch nehmen. Es wäre aber natürlich auch möglich, die drei Speicher gleichzeitig auszuführen und damit beide Etappen in fünf bis sechs Jahren fertigzustellen.

Die in der Bauetappe 3 erwähnten Erweiterungen können jeweils in der Zeit von ein bis zwei Jahren ausgeführt werden. Eine etwas längere Bauzeit verlangt das Kraftwerk Zöt mit dem Aufstau der Crosa-Seen, wofür etwa drei Baujahre nötig sein werden.

VIII. Anlagekosten, Energiepreise und Schlussbemerkung

Mit heutigen Materialpreisen und Löhnen (Ende 1948) ergibt der Voranschlag als Anlagekosten aller drei Bauetappen einen Betrag von rd. 510 Mio Fr. In diesen Anlagekosten sind die Aufwendungen für Konzessionen, Grunderwerb, Abfindungen, Bauzinsen, sowie für Projekt und Bauleitung enthalten, und es sind auch diejenigen der 150 kV-Verbindungsleitungen zwischen den Zentralen eingerechnet; nicht enthalten ist der Anschluss an die Fernübertragung der ATEL nach der Nordseite der Alpen.

Unter Bewertung der Sommerenergie mit 1,5 Rp./kWh für die gleiche Energiemenge, wie sie im Winter anfällt, und mit 0,8 Rp./kWh für die darüber hinaus anfallende Energiemenge, ergibt sich für die Bauetappe 1 der Gestehungspreis der Winterenergie zu 3,90 Rp./kWh. Nach Ausbau aller Speicher mit 620 Mio kWh Winterenergie, wovon 401 Mio kWh reine Speicherenergie, kostet die Winterenergie 4,4 Rp. pro Kilowatt.

Der Umstand, dass mit Ausnahme des kleinen Kraftwerkes Ponte Brolla an der Maggia noch keine Kraftwerke bestehen, ermöglichte eine planmässige Bearbeitung der Kraftnutzung im ganzen Gebiet nach einheitlichen Gesichtspunkten und als organisches Ganzes. Die Lösung, die sich hieraus ergeben hat, gestattet die Erzeugung grosser, auf die Jahreszeiten günstig verteilter Energiemengen zu günstigen Bedingungen. Alle Bauobjekte sind in einfachen und anderweitig bereits erprobten Konstruktionen vorgesehen. In geologischer Hinsicht sind keine Erschwernisse zu befürchten. Mit Ausnahme der Sperrmauern im Hochgebirge kann an allen andern Baustellen das ganze Jahr hindurch gearbeitet werden. Diese Verhältnisse sind zur Einhaltung eines kurzfristigen Bauprogramms aussergewöhnlich günstig.

Unter der Voraussetzung, dass der Baubeschluss im Frühling 1949 gefasst wird, kann das Kraftwerk Verbano (unterste Stufe) bereits im Herbst 1952 dem Betrieb übergeben werden. Ein Jahr später ist schon mit der Fertigstellung der Werke der Etappe 1 zu rechnen, 1956 können die Kraftwerke Robiei und Bavona mit dem Speicherbecken Cavagnoli fertiggestellt und 1958 auch das Speicherbecken Naret angeschlossen werden, so dass auf diesen Zeitpunkt die Werke der Etappen 1 und 2 voll produzieren können.

Die Eidgenössischen Verordnungen für die Berechnung von Stahlbauten von 1892 bis 1948

Von Dr. A. BÜHLER, a. Obering., Bern DK 389.6:624.014.2(494)

Es wird wohl manchem jüngern und vielleicht auch älteren im Stahlbau tätigen Ingenieur nicht mehr ganz gegenwärtig sein, dass unsere eidgenössische Verordnung für die Berechnung von Stahlbauten auf den am 14. Juni 1891 erfolgten Einsturz der Brücke über die Birs bei Münchenstein zurückzuführen ist. Diesem Unglück fielen 78 Menschenleben zum Opfer; überdies waren 173 Verletzte zu beklagen, was selbst im Ausland grosses Aufsehen erregte. Auch heute ist das Vorkommnis noch als ausserordentlich anzusehen, obschon die Menschheit sich daran gewöhnt hat, dass der Technik und dem Verkehr mit seinen Abarten unermessliche Opfer