

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 13

Artikel: Das Projekt der Engadiner Kraftwerke: Vortrag
Autor: Spaeni, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66748>

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: 16.02.2026

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

Das Projekt der Engadiner Kraftwerke

DK 621.29

Vortrag von **A. Spaeni**, Vize-Direktor, Elektro-Watt, Zürich, gehalten im Auftrag der Engadiner Kraftwerke AG am 23. Januar 1963 im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein

I. Die Bedeutung der Engadiner Kraftwerke im Rahmen der schweizerischen Energiewirtschaft

Der Wettlauf zwischen Energiekonsum und Bedarfsdeckung in der Schweiz geht unvermindert weiter. Vorgängig der Beschreibung der Engadiner Kraftwerke dürften daher einige grundsätzliche Gedanken über unsere Energieversorgung heute und in Zukunft dazu beitragen, die Notwendigkeit des weiteren und raschen Ausbaues unserer Wasserkräfte darzulegen.

Die zunehmende Industrialisierung sowie der steigende Lebensstandard erfordern eine immer grössere Energieerzeugung; so beträgt der Zuwachs an erzeugter elektrischer Energie in zahlreichen westlichen Ländern sowie in den USA in den letzten 8 bis 10 Jahren über 7 % pro Jahr, was einer Verdoppelung in 10 Jahren entspricht. In der Schweiz liegt die Zuwachsrate bei rd. 5,4 %.

Unsere landeseigenen Energiequellen vermögen zur Zeit (1961) nur einen Anteil von rd. 30 % (Wasserkraft 24 %, Brennholz 6 %) des gesamten Rohenergieverbrauches zu befriedigen; der Rest ist Importenergie in Form von Kohle und Oel, wobei geschätzt wird, dass in 20 Jahren rund die Hälfte des gesamten Rohenergiebedarfes durch Importe von Oel gedeckt wird.

Bei der Beurteilung der Versorgungsmöglichkeiten unseres Landes mit elektrischer Energie zeigt sich, dass unsere eigenen Wasserkräfte vorläufig noch in Jahren mittlerer Wasserführung genügen, um dem Bedarf zu entsprechen, Bild 1. Dagegen muss in Perioden niedriger Wasserführung Energie importiert werden, wobei mittlere Bezugsquoten von 10 bis 20 % der insgesamt abgegebenen Energiemengen auftreten können. Bei extrem niedriger Wasserführung unserer Mittellandflüsse und gleichzeitigem Auftreten eines strengen Winterregimes können sich kurzfristige Importspitzen bis zu 60 % des momentanen Energieverbrauches ergeben. Bei Vollausbau der wirtschaftlich nutzbaren schweizerischen Wasserkräfte wird die mögliche Energieproduktion auf rd. 35 Mld kWh pro Jahr bei einer installierten Leistung von rd. 11 Mio kW geschätzt. Bei einer Zuwachsrate von rd. 6 % pro Jahr wird der Energiebedarf, welcher gegenwärtig rd. 20 Mld kWh pro Jahr beträgt, im Jahre 1973/75 auf rd. 35 Mld kWh steigen; d. h. von diesem Zeitpunkt an wird es im Mitteljahr und insbesondere in Trockenjahren nicht mehr möglich sein, den Bedarf an elektrischer Energie aus den einheimischen Wasserkraften zu decken.

Aus diesen wenigen Zahlen, welche auf Grund von Veröffentlichungen und Mitteilungen namhafter schweizerischer Fachleute zusammengestellt wurden, geht eindrücklich hervor, dass die Anstrengungen für den weiteren Ausbau unserer Wasserkräfte fortzusetzen und gleichzeitig die Grundlagen für die Erstellung thermischer Kraftwerke zu schaffen sind.

II. Geschichtlicher Rückblick auf die Projekte zur Nutzung der Engadiner Wasserkräfte¹⁾

Durch den positiven Ausgang der Volksabstimmung vom 7. Dezember 1958 über den Staatsvertrag mit Italien betreffend die Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöl wurde der Weg zum baldigen Ausbau des Inn und seiner Seitenbäche geöffnet. Damit gelangten die jahrelangen Verhandlungen mit öffentlichen und privaten Institutionen sowie die zahlreichen Projektstudien, die zu immer neuen Ausbau-

varianten geführt hatten, zum Abschluss. Vor einer näheren Beschreibung der Anlagen sei diese langwierige Entwicklung nochmals kurz in Erinnerung gerufen.

Es hatte sich schon bald nach Aufnahme der Studien gezeigt, dass die Planung der Wasserkraftnutzung der Engadiner Gewässer mit zwei grossen Schwierigkeiten verbunden war, nämlich dem Fehlen eines genügend grossen Speicherbeckens auf Schweizer Boden und dem Vorhandensein des Nationalparks, der bei der unerlässlichen Nutzung des Spöl, des grössten Seitenbaches des Inn im Unterengadin, in Mitleidenschaft gezogen wird. Da aber ein geeigneter Speicherraum nur im oberen Lauf des Spöl, im italienischen Livignotal, vorhanden ist, waren die hievor erwähnten Schwierigkeiten als zwei Seiten eines und desselben Grundproblems aufzufassen: der Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöl.

Das erwähnte schweizerisch-italienische Abkommen über die Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöl, das am 8. April 1959 in Kraft gesetzt worden ist, stellt eine glückliche Lösung des ersten der beiden erwähnten Teilprobleme dar. Auf Grund dieses Vertrages stellte Italien der Schweiz einen Stauraum von 180 Mio m³ zur Verfügung; die Schweiz kann das internationale Livignowerk bauen und betreiben, wie wenn es ausschliesslich schweizerisch wäre. Als Kompensation erklärt sich die Schweiz damit einverstanden, dass Italien oberhalb der Kote 1960 m ü. M. ein Ueberleitungssystem im Alto Spöl errichtet, durch welches den italienischen Speicherseen im oberen Veltlin durchschnittlich 97 Mio Kubikmeter Wasser im Jahr zugeführt werden. Um die Konzessionsverhandlungen mit den zuständigen italienischen Behörden für die internationale Livigno-Stufe zum Abschluss bringen zu können, musste beim zukünftigen Speichersee Livigno eine Stauzielsenkung von der Kote 1808 m ü. M. auf Kote 1804,7 mit einer entsprechenden Verringerung des Nutzinhalt auf 164 Mio m³ vorgenommen werden. Als Ausgleich konnte von Italien in der Vereinbarung von Turin vom 14./15. November 1961 eine Begrenzung der mit dem Kollektor Alto Spöl ins Addagebiet überzuleitenden Wassermenge auf 90 Mio m³ im Mittel pro Jahr eingehandelt werden.

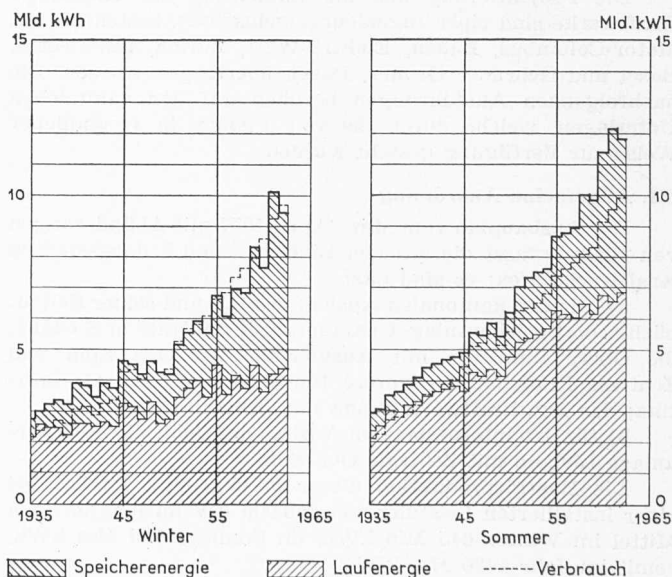


Bild 1. Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz. Der Unterschied zwischen der stark ausgezogenen Kurve der Erzeugung und der des Verbrauchs stellt die Ausfuhr bzw. Einfuhr dar

¹⁾ Vergleiche: Die Wasserkraftnutzung des Inn und seiner Seitenbäche, im Aufsatz «Der Ausbau unserer Wasserkräfte» von M. Oesterhaus, F. Chavaz und H. Müller in SBZ 1958, H. 46, S. 685.

Nach der durch Italien und die Schweiz auf den 15. September 1962 erfolgten Inkraftsetzung der Konzessionen zur Nutzung des Spöl (Ueberleitung Alto Spöl vom 8. Juni 1962 und Speicheranlage Livigno vom 21. August 1962) fassten die Partner der Engadiner Kraftwerke AG. am 24. September 1962 den Baubeschluss.

Die Lösung des zweiten Teilproblems, nämlich der Nutzung des den Nationalpark durchquerenden Spölflusses, im Grunde genommen eine Ermessensfrage, konnte nur durch einen Kompromiss herbeigeführt werden. Die Verhandlungen zwischen den am Nationalpark interessierten Gemeinden Zernez, S-chanf und Scuol, den Vertretern der Bundes- und Kantonsbehörden, der Nationalparkkommission und der Engadiner Kraftwerke AG. (EKW) hat zu einer Verständigungslösung geführt, welche die Zweckbestimmung des Nationalparks bestmöglich berücksichtigt.

Die ursprünglichen Projekte hatten am Eingang zum Nationalpark den Stausee Praspöl von 28 Mio m³ Nutzinhalt vorgesehen, mit dessen allfälligem Bau sich der Bund im Nachtrag von 1920 zum Dienstbarkeitsvertrag von 1913 zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Gemeinde Zernez einverstanden erklärt hatte. Um gewissen berechtigten Bedenken der zur Zusammenarbeit bereiten Natur- und Heimatschutzkreise gegen die geplanten Werke Rechnung zu tragen, hat die EKW u. a. auf den Bau dieses Speichers verzichtet und statt dessen nur ein Ausgleichbecken von 6,5 Mio m³ Inhalt vorgesehen. Die Engadiner Konzessionsgemeinden, für die der Kraftwerkbau die einzige Hoffnung war, um aus ihren finanziellen Schwierigkeiten herauszukommen, stellten dem Nationalpark zum Ausgleich für diesen geringfügigen Eingriff weitere wertvolle Gebiete zur Verfügung.

Die Wasserkraftnutzung der Engadiner Gewässer, im Rahmen der heute vorliegenden endgültigen Projekte für den Vollausbau, beruht auf einem sorgfältig ausgewogenen Kompromiss, der zahlreichen auseinandergehenden Interessen Rechnung trägt. Er wird mit einer jährlichen Energieproduktion von rd. 1,4 Mld kWh, wovon fast die Hälfte Winterenergie ist, einen wichtigen Beitrag an die gesamtschweizerische Energieversorgung leisten.

An der Engadiner Kraftwerke AG. sind folgende Partner beteiligt: Aare-Tessin Aktiengesellschaft für Elektrizität, Olten; Bernische Kraftwerke AG., Beteiligungs-Gesellschaft, Bern; Centralschweizerische Kraftwerke, Luzern; Elektro-Watt, Elektrische und Industrielle Unternehmungen AG., Zürich; Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG., Laufenburg; Kanton Graubünden und Verleihungsgemeinden; Motor-Columbus, Aktiengesellschaft für elektrische Unternehmungen, Baden; Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft, Basel.

Die Projektierung und die Bauleitung der Engadiner Kraftwerke sind einer Ingenieurgemeinschaft, bestehend aus Motor-Columbus, Baden, Elektro-Watt, Zürich, Suiselectra, Basel und Gebrüder Gruner, Basel, übertragen worden. Die nachfolgenden Ausführungen beruhen auf den zahlreichen Unterlagen, welche durch die vier Firmen infreundlicher Weise zur Verfügung gestellt wurden.

III. Allgemeine Anordnung

Der Ausbauplan vom März/April 1957 mit Abänderungen von 1958 umfasst die auf den Bildern 2 und 3 dargestellten Kraftwerkstufen; es sind das:

a) für den kantonalen Ausbau des Inn und seiner Seitenbäche: die Speicheranlage Chamuera mit Zentrale in S-chanf; die Obere Inn-Stufe mit Ausgleichbecken Ova Spin und Zentrale Pradella; die Untere Inn-Stufe mit Zentrale Martina; das Laufkraftwerk Tasna mit Zentrale Tasna.

b) für den internationalen Ausbau des Spöl: die Speicheranlage Livigno mit Zentrale Ova Spin.

Die Energieproduktion dieser Werkgruppe beträgt bei einer installierten Leistung von 456 000 kW im langjährigen Mittel im Winter 645 Mio kWh, im Sommer 775 Mio kWh, somit im Jahr 1420 Mio kWh.

Die Speicheranlage Chamuera mit Zentrale in S-chanf nutzt das Wasser der Bäche aus Val Chamuera und Val Burdun. Die Füllung des rd. 55 Mio m³ fassenden Staubeckens

erfolgt mittels der natürlichen Abflüsse der genutzten Gewässer. Bei einem grössten Bruttogefälle von 435 m und einer Ausbauwassermenge von 11,5 m³/s ergibt sich eine installierte Leistung von 37 000 kW und eine jährliche Energieproduktion von 60 Mio kWh.

Die Obere Inn-Stufe S-chanf-Pradella mit dem Ausgleichbecken Ova Spin und dem Maschinenhaus bei Pradella verarbeitet das Wasser des Inn, des Spöl und einiger Seitenbäche aus einem totalen Einzugsgebiet von 1116 km² (nach Abzug von 105 km² infolge der Ableitung aus dem Gebiet des «Alto Spöl» ins Veltlin). Bei einem grössten Gefälle von 487 m und einer Ausbauwassermenge von 66 m³/s wird in der Zentrale Pradella eine Leistung von 288 000 kW installiert, mit der im Durchschnittsjahr rd. 970 Mio kWh erzeugt werden.

Die Untere Inn-Stufe mit Kraftwerk Martina nutzt das Wasser aus einem totalen Einzugsgebiet von 1678 km² (nach Abzug von 105 km² infolge der Ableitung aus dem Gebiet des «Alto Spöl» ins Veltlin). Gefasst werden der Inn, das aus dem Maschinenhaus Pradella fließende Wasser und auf der rechten Talseite des Inn die Bäche des Val d'Uina und Val d'Assa. Da sich die EKW seinerzeit bereit erklärt hat, das Wasser aus dem Val d'Uina als Dotierwassermenge im Innbett zu belassen, wird sie die der jeweiligen Wasserführung der Uina entsprechende Wassermenge beim Wehr Pradella zusätzlich zur übrigen Dotierwassermenge von 5 m³/s im Sommer und 1 m³/s im Winter ins Innbett abgeben. Dafür wird der Uinabach oberhalb seiner Mündung gefasst und in den Stollen Pradella-Martina eingeleitet, da ja die seiner Wasserführung entsprechende Wassermenge dank der genannten Massnahme bereits ab Pradella im Innbett fliesst und damit zu einer reichlichen Wasserführung des Inn zwischen Pradella und Martina beiträgt. Das grösste Bruttogefälle dieser Stufe beträgt 113 m, die Ausbauwassermenge 70 m³/s, die installierte Leistung 60 000 kW und die jährliche Energieproduktion 240 Mio kWh.

Anschließend an die Untere Inn-Stufe Pradella-Martina ist nach dem Projekt der österreichischen Studiengesellschaft Oberer Inn der Bau der Stufe Martina-Prutz mit einem Speicherbecken von rd. 4 Mio m³ Nutzinhalt bei Finstermünz vorgesehen. Diese Anlage berührt die Interessen der Schweiz, da der Inn unterhalb Martina auf eine Länge von rd. 6 km die Landesgrenze zwischen Oesterreich und der Schweiz bildet. Diese Stufe weist folgende Hauptdaten auf: Bruttogefälle rd. 160 m, Ausbauwassermenge 72 m³/s, Druckstollenlänge rd. 21,5 km, installierte Leistung 90 000 kW, Energieproduktion im Durchschnittsjahr 480 Mio kWh.

Das Laufkraftwerk Tasna nutzt das Wasser von fünf linksseitigen Zuflüssen des Inn im Bereich der Gemeinden Susch bis Ardez (Energieproduktion 118 Mio kWh bei einer Ausbauwassermenge von 7,5 m³/s und einer installierten Leistung von 28 000 kW). Auf eine energiewirtschaftlich günstigere Ausnutzung dieser Bäche durch Ueberleitung in den Druckstollen des Kraftwerkes Pradella wurde verzichtet, um deren Wasser im Gebiet der Unterengadiner Heilquellen im Inn zu belassen. Um den Unterengadiner Gemeinden die Möglichkeit zu geben, zu prüfen, ob der Inn den weiteren Wasserentzug durch die Errichtung dieses Laufkraftwerkes trägt, wurde die Frage der Konzessionserteilung für die Nutzung des Tasna und der vier übrigen zu fassenden Bäche auf einen Zeitpunkt nach Fertigstellung der anderen Kraftwerkstufen verschoben.

Die Speicheranlage Livigno nutzt den Spöl auf der Strecke zwischen Punt dal Gall nach Ova Spin auf ein Gefälle von 205 m. Das natürliche Einzugsgebiet des Spöl beträgt bei Punt dal Gall rd. 295 km², wovon die vom Kollektor «Alto Spöl» für die Wasserableitung ins Addagebiet erfasste Fläche von 105 km² in Abzug zu bringen ist, so dass für das Livigno-Werk ein total ausnutzbares Einzugsgebiet von 190 km² verbleibt. Dieses liefert den grössten Teil des Speicherwassers zur Erzeugung wertvoller Winterenergie im Spöl-Kraftwerk Ova Spin und in den weiter unten liegenden Inn-Stufen. Da die Spenden des verkleinerten Einzugsgebietes im Durchschnittsjahr nicht ausreichen, um den Livigno-Stausee (Stauziel 1804,7 m, Nutzinhalt 164 Mio m³)

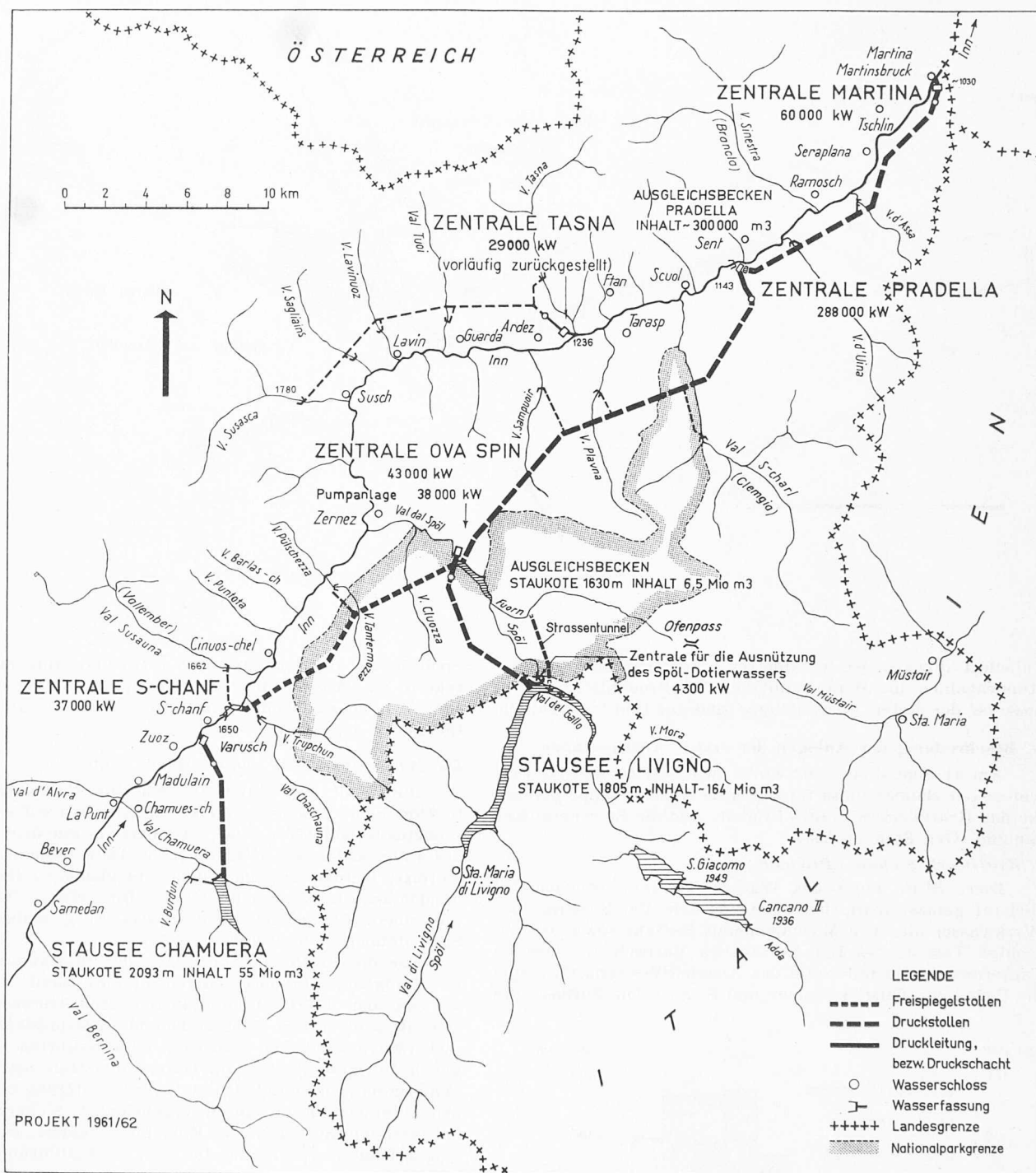


Bild 2. Lageplan 1:300 000 der Engadiner Kraftwerke, Projekt 1961/62

zu füllen, müssen nach Berücksichtigung der Speicherverluste im Sommer rd. 80 Mio m³ aus dem Ausgleichsbecken Ova Spin (Staukote 1630 m) in den Livigno-See hinaufgepumpt werden.

In der Kavernenzentrale Ova Spin sind für die Kraftnutzung 43 000 kW, für die Pumpanlage 38 000 kW installiert. Die Energieproduktion in der Zentrale Ova Spin beträgt abzüglich der erforderlichen Pumpenenergie (rd. 40 Mio kWh) rd. 30 Mio kWh.

IV. Festlegung der Ausbaugrösse der Kraftwerkanlagen

Der Festlegung der Werkwassermengen und damit der installierten Leistungen von Hochdruckanlagen mit Speicherbecken kommt bei grossen Werkgruppen auf Grund energiewirtschaftlicher Ueberlegungen besondere Bedeutung zu. Einerseits ist eine dem Belastungsdiagramm möglichst angepasste Gebrauchsdauer im Winterhalbjahr, verbunden mit der Möglichkeit der erhöhten Leistungsabgabe, anzustreben,

andererseits soll vermieden werden, dass durch einen zu grossen Ausbau der Gestehungspreis der Winterenergie zu stark anwächst. Für die Engadiner Kraftwerkgruppe wurden als Grundlagen zur Beurteilung der zweckmässigsten Ausbaugrösse der Hauptstufen die «Richtlinien für die vergleichende Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen» des schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes verwendet.

Nach Rücksprache mit den energiebeziehenden Partnern erfolgte hierauf die endgültige Wahl der Ausbauwassermengen. Es wurde dabei einer verfeinerten Bestimmung des Bewertungsquotienten Rechnung getragen, welche zeigte, dass eine Erhöhung der Werkwassermenge um z. B. 5 m³/s mit solchen zusätzlichen Kapitalinvestitionen für die Vergrösserung der wasserführenden Anlagenteile verbunden wäre, die in keinem tragbaren Verhältnis zur damit erzielbaren Erhöhung der Energieproduktion und Leistung stehen. Auf Grund der festgelegten Werkwassermengen ergeben sich somit die in

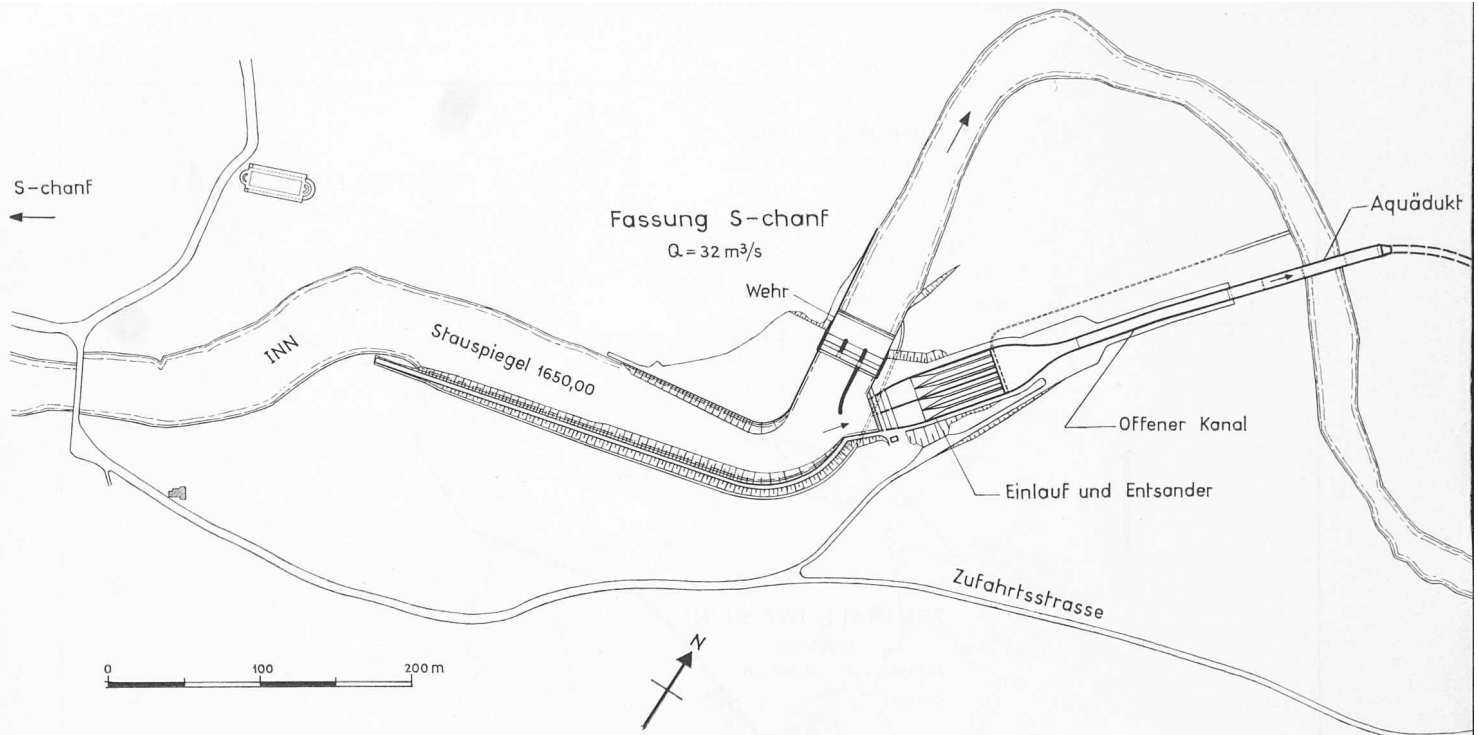


Tabelle 1 angegebenen installierten Leistungen und Betriebsstundenzahlen im Winterhalbjahr. Die Produktionsverhältnisse bei der ersten Ausbaustufe sind auf Bild 3 ersichtlich.

V. Beschreibung der Anlagen der ersten Ausbaustufe

Am 24. September 1962 wurde, wie bereits einleitend erwähnt, der Baubeschluss für die erste Ausbaustufe gefasst, die das Kraftwerk S-chanf - Pradella und die Speicheranlage Livigno - Ova Spin umfasst.

1. Kraftwerk S-chanf - Pradella

Diese Stufe nutzt das Wasser des Inn, welcher bei S-chanf gefasst wird, den Bach aus dem Val Susauna, das Werkwasser aus dem Maschinenhaus S-chanf sowie auf der rechten Talseite des Inn die Ova da Varusch, die Ova da Tantermozza und unterhalb des Ausgleichbeckens Ova Spin die Bäche der Täler Sampuoir und S-charl. Die Zuflüsse des

Spöltals und das Nutzwasser der Livigno-Stufe münden direkt in das Ausgleichbecken Ova Spin ein. Von einer Fassung des Cluozzabaches wurde mit Rücksicht auf den Nationalpark abgesehen.

Die Wasserrfassung S-chanf (Bilder 4 und 5)

Die Wahl des Standortes der Inn-Wasserrfassung bei S-chanf bleibt aus topographischen Gründen auf ein eng begrenztes Gebiet beschränkt, da einerseits mit dem Rückstau des Flusses das am Ufer gelegene Dorf S-chanf nicht beeinflusst werden soll und andererseits genügend Gefälle vorhanden sein muss, um das aus dem Inn gefasste Nutzwasser mit einem Freispiegelstollen in das Ausgleichbecken Ova Spin hinüberleiten zu können.

Für die Festlegung der Lage des Stauwehres wurden zwei mögliche Standorte eingehend untersucht. Auf Grund der an der ETH durchgeführten Modellversuche zeigte sich, dass die beiden Wehrstellen in hydraulischer Hinsicht gleichwertig sind. Die zahlreichen ausgeführten Sondierungen haben gezeigt, dass im Untergrund Gips beträchtlicher Mächtigkeit vorkommt. Unter Berücksichtigung der sich bei den untersuchten Varianten ergebenden Sickerwasserverhältnisse wurde hierauf der Entschluss gefasst, die in Bild 4 eingezeichnete Wehrstelle für die Bauausführung beizubehalten.

Das Stauziel ist gegenüber dem Konzessionsprojekt 1957 um 2 m auf die Kote 1650 m ü. M. gesenkt worden, so dass der Inn im Bereiche des Dorfes S-chanf nicht beeinflusst wird. Dadurch bleibt auch die Engadiner Flachstrecke, die oberhalb der steinernen Brücke beginnt und bis nach Samedan reicht, unberührt.

Tabelle 1. Installierte Leistungen in Betriebsstundenzahlen im Winterhalbjahr

Kraftwerk	Wasserstrom m³/s	Inst. Leistung kW	Betriebsstd. h
1. Ausbaustufe:			
Livigno - Ova Spin	33	43 000	1700
S-chanf - Pradella	66	288 000	1500
2. Ausbaustufe:			
Chamuera - S-chanf	11,5	37 000	1600
Livigno - Ova Spin	33	43 000	1700
S-chanf - Pradella	66	288 000	1700
Pradella - Martina	70	60 000	1800

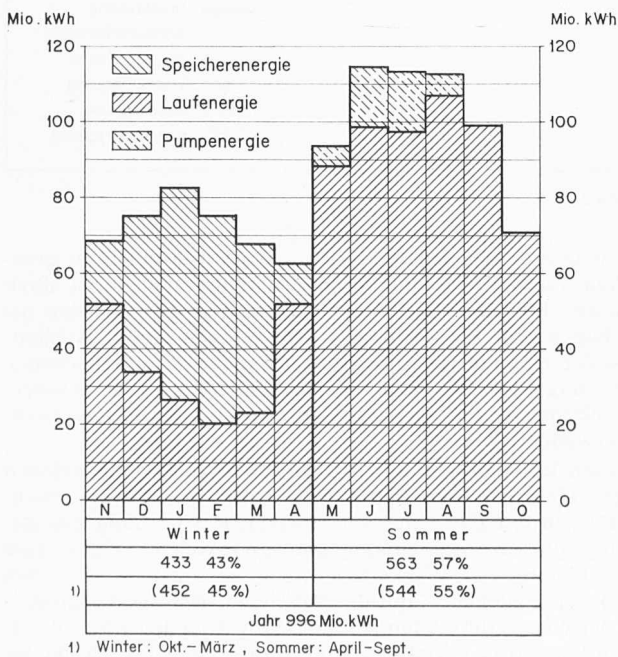
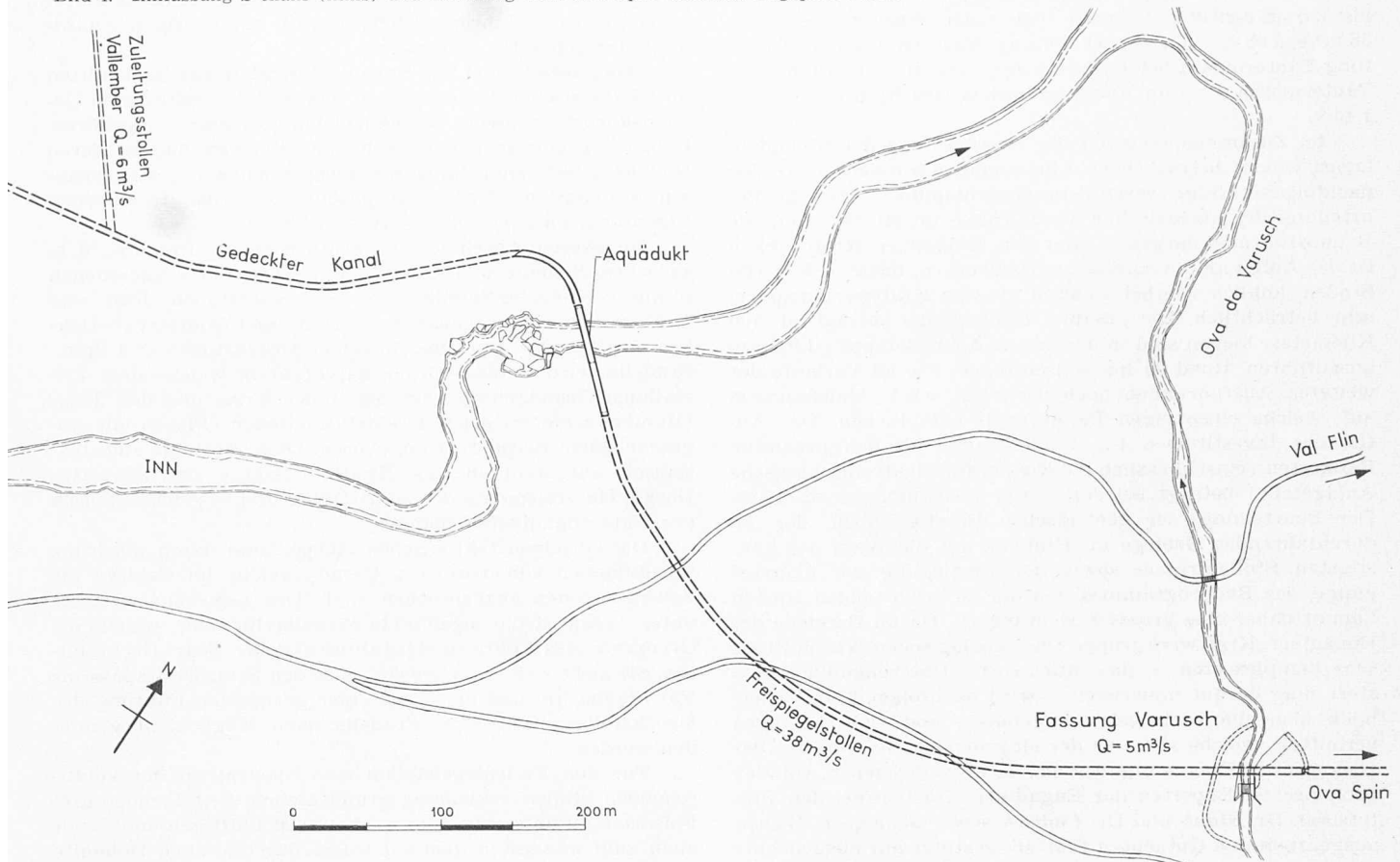


Bild 3. Netto-Energieproduktion bei mittlerer Wasserdarbietung der Zentralen Ova Spin und Pradella

Bild 4. Innfassung S-chanf (links) und Zuleitung nach Ova Spin (rechts), Lageplan 1:5000



Als Wehrtyp ist ein Segmentwehr mit drei Durchflussöffnungen von je 12,0 m Breite und einer Stauhöhe von 6,0 m vorgesehen. Die Windwerke sind in den Pfeilern untergebracht, so dass das ganze Wehr eine sehr geringe Konstruktionshöhe aufweist. Dieses ist aus Sicherheitsgründen so bemessen, dass bei einer geschlossenen Wehröffnung ein Hochwasser von 600 m³/s schadlos abfließen kann. Dies entspricht dem doppelten bei S-chanf je gemessenen Abfluss.

Das Wehr ist als Umlenkwehr ausgebildet worden. Eine Spülung des Stauraumes wird deshalb nur selten nötig sein.

An die Fassung, die auf der rechten Seite des Inn liegt, schliesst der Entsander an. Dieser besteht aus vier nebeneinanderliegenden Kammern. Die Durchflussgeschwindigkeit des Wassers beträgt 0,3 m/s. Am Ende jeder Kammer befindet sich ein Ueberfall, über den bei Normalstau die ge-

fasste Wassermenge von 32 m³/s fällt und dem anschliessenden Kanal zufließt.

Die Restwasserführung im Innbett unterhalb des Wehres von S-chanf wird in den Sommermonaten sehr ansehnlich sein, da eine beträchtliche, nicht fassbare Restwassermenge über das Wehr talabwärts fließen wird; in Trockenzeiten garantiert die reichliche Dotierwassermenge von 3 m³/s unterhalb des Stauwehres eine genügende Wasserführung des Inn. Im Winter, wenn fast alles Wasser ausgenützt werden könnte, wird eine Dotierwassermenge von 0,8 m³/s im Fluss belassen.

Da ferner talabwärts zahlreiche Seitenbäche überhaupt nicht in die Wasserkraftnutzung einbezogen sind, verbleiben im Sommer bei Lavin rd. 36 %, in Schuls rd. 43 %, im Winter 30 % bzw. 38 % des natürlichen durchschnittlichen Wasserabflusses im Inn.

Der Freisiegelstollen S-chanf - Ova Spin, Bilder 6 und 7

Die Ueberleitung des Nutzwassers aus dem Intal in das Ausgleichbecken Ova Spin erfolgt durch einen Freisiegelstollen von ungefähr 13 km Länge. Die beiden Seitenbäche des Inn, die Ova da Varusch (Ausbauwassermenge 5 m³/s) und die Ova da Tantermozza (1 m³/s), werden in diesen Stollen eingeleitet. Der Stollen ist so bemessen, dass das Lichtraumprofil und die Wassertiefe von 3,15 m konstant bleiben. Hingegen wird das Gefälle den verschiedenen

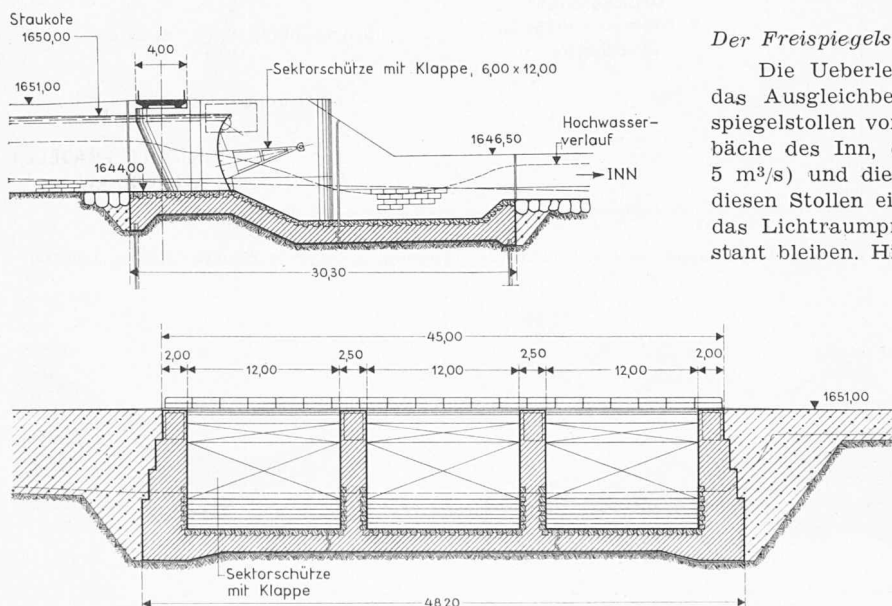


Bild 5. Innfassung S-chanf, 1:600, oben: Längsschnitt, links Querschnitt

Wassermengen angepasst. Es beträgt von der Innschlucht bis zur Einleitung Varusch bei einer Wassermenge von $38 \text{ m}^3/\text{s}$ 1,08 ‰, von der Einleitung Varusch bis zur Einleitung Tantermozza bei $43 \text{ m}^3/\text{s}$ 1,39 ‰ und von der Einleitung Tantermozza bis zum Ausgleichbecken Ova Spin bei $44 \text{ m}^3/\text{s}$ 1,45 ‰.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung der Stollenanlagen, welche beträchtliche Abmessungen aufweisen, werden nachfolgend einige wesentliche Gesichtspunkte über die Beurteilung der geologischen Verhältnisse im Hinblick auf die Bauausführung dargelegt. Bei den Engadiner Kraftwerken ist der Anteil an unterirdischen Bauwerken, insbesondere von Stollen, ähnlich wie bei anderen grossen Kraftwerkgruppen, sehr beträchtlich. Die gesamte Stollenlänge beträgt rd. 100 Kilometer; hievon sind in der ersten Ausbaustappe rd. 60 km auszuführen. Rund 35 km weisen dabei, wie im Verlaufe der weiteren Ausführungen noch dargelegt wird, Abmessungen auf, welche einspurigen Bahntunnels entsprechen. Der Anteil der Investitionen für Stollenbauten an den gesamten Baukosten (einschliesslich der Kosten für elektromechanische Anlagenteile) beträgt bei der ersten Ausbaustappe rd. 42 %. Der Beurteilung der geologischen Beschaffenheit der zu durchfahrenden Gebirge im Hinblick auf die Wahl der günstigsten Stollentrasses sowie der Festlegung der Bauvorgänge, des Bauprogrammes und der zu erwartenden Kosten kommt daher eine grosse Bedeutung zu. Da im Bereiche der Engadiner Kraftwerkgruppe die geologischen Verhältnisse sehr komplex sind — das Stichwort «Unterengadiner-Fenster» mag darauf hinweisen — wird nachfolgend ein Ueberblick über die wichtigsten Ergebnisse und Ueberlegungen vermittelt, welche sich aus der eingehenden Bearbeitung der geologischen Fragen ergeben haben. Die zahlreichen, von den geologischen Experten der Engadiner Kraftwerke, den Professoren Dr. Staub und Dr. Cadisch sowie Geologe E. Weber, ausgearbeiteten Gutachten führten, gestützt auf ausgedehnte

Einzelaufnahmen im Gelände und umfangreiche Sondierarbeiten in den Jahren 1959/60 und 61, zur heutigen Anordnung der geplanten Bauanlagen.

Das ganze Gebiet der Engadiner Kraftwerke liegt mitten im bündnerischen Deckengebiet, wobei die verschiedenen Gesteinskörper grossen Ueberschiebungsmassen angehören. Längs der einzelnen Ueberschiebungsflächen und in deren Nachbarschaft sind daher die sonst gesunden Gesteinsmassen mechanisch stark beansprucht, was die technischen Eigenschaften der Gesteine verschlechtert.

Im oberen Abschnitt der Stufe S-chanf-Pradella, d. h. zwischen S-chanf und Ova Spin, werden die vorgesehenen Stollen (Freispiegelstollen sowie Fensterstollen Flin und Tantermozza) die sogenannten Ortler- und Quattervals-Dekken durchqueren. Der abschliessende Druckstollen Ova Spin-Pradella wird Gebirgskörper durchfahren, welche dem kristallinen Grundgebirge, der ostalpinen Trias und den Jura (Bündnerschiefer) sowie Kreideformationen (Flysch mit eingeschobenem Serpentin) angehören. Diese Gesteine sind tektonisch aufgeteilt in das Kristallinegebirge der Silvretta-Decke, Unterelemente der Scarl-Decke und in gewisse Serien des Unterengadiner-Fensters.

Die einzelnen tektonischen Körper sind durch mächtige Schubflächen voneinander getrennt, welche im Gebirge als Schwächezonen anzusprechen sind. Die bemerkenswerteste unter diesen ist die sogenannte Stragliavita-Linie, welche die Grenzzone des Silvretta-Kristallins und der Scarl-Decke bildet. Sie zieht sich von Cinuskel über den Stragliavitapass ins Val Plavna hin und muss mit einer geeigneten Führung des Druckstollens Ova Spin-Pradella nach Möglichkeit gemieden werden.

Für den Freispiegelstollen sind hinsichtlich der vorzusehenden Stollenverkleidung grundsätzlich die folgenden drei Felsarten zu unterscheiden: a) die meist klüftigen und damit auch zum mindesten generell wasserdurchlässigen Dolomite

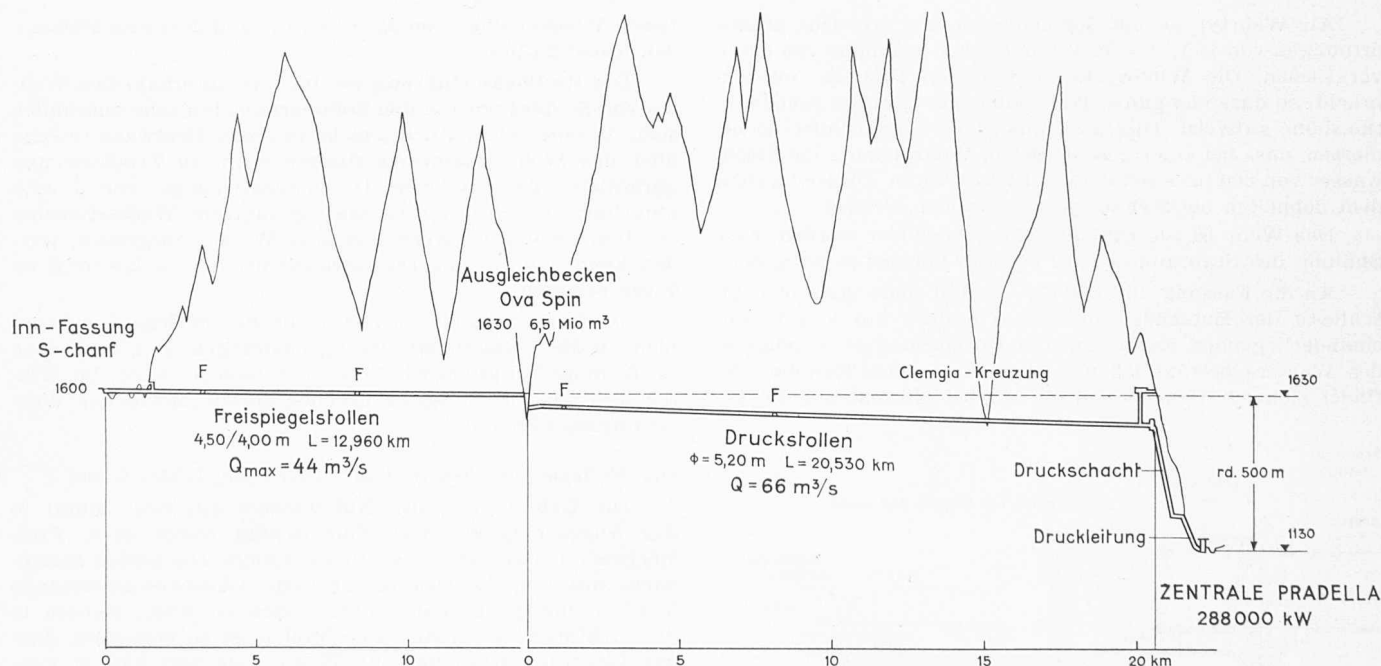


Bild 6. Längenprofil der Stollen zwischen der Inn-Fassung bei S-chanf und der Zentrale Pradella, Längen 1:250 000; Höhen 1:25 000

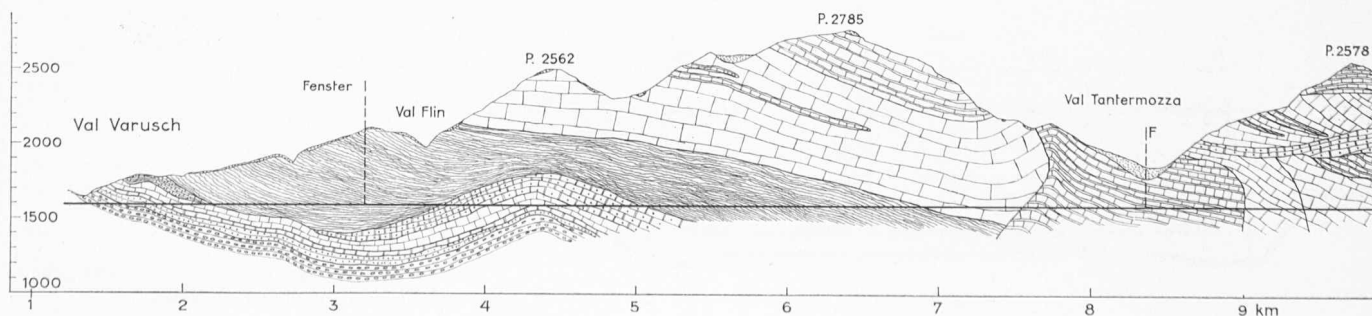
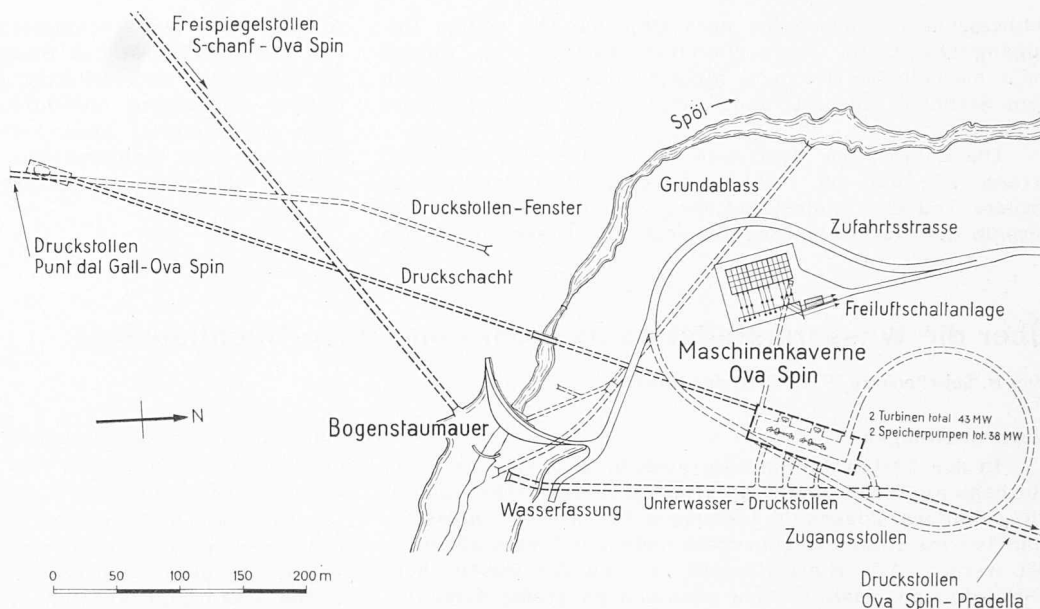


Bild 8. Lageplan der Anlagen Ova Spin
 Masstab 1:6000



und Kalke, b) die an sich wasserundurchlässigen, dafür aber zu Nachsinken und Nachbrüchen neigenden, zonenweise auch etwas druckhaften Schiefer und Mergel, c) die tektonisch stark gestörten Ueberschiebungszonen und die Rauhackentrecken, die wasserdurchlässig und gebräch sind.

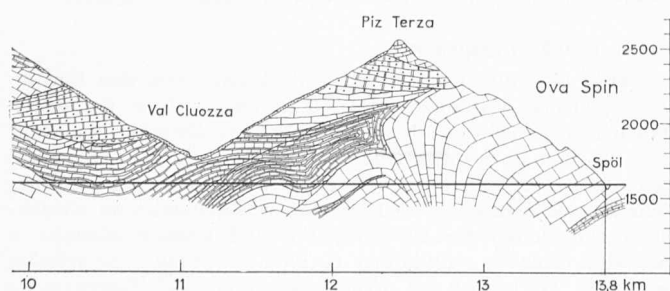
Die Strecken vom Gebirgstypus a) sind wegen der durch Klüfte möglichen Wasserverluste teilweise zu gunitieren. Die Strecken vom Typus b) werden über längere Abschnitte den Ueberlagerungsdruck des Gebirges auf die Dauer nicht ertragen können und sind daher mit einer Gunitbehandlung stabil zu halten oder mit Beton zu verkleiden. Die Stollengebirge vom Typus c) werden zu Druckerscheinungen, Nachbrüchen und Wasserverlusten neigen und erfordern daher eine Betonverkleidung. In der Regel dürfte eine Betonstärke von 25 cm genügen, ausgenommen in der Rauhackentrecke. Ein schweres Betonprofil wird nur ausnahmsweise im Gebiet der eigentlichen Zertrümmerungszonen längs der tektonischen Schubflächen notwendig sein.

Die auf Grund der geologischen Studien ermittelten Felsverhältnisse lassen folgende Aufteilung der rd. 13 km langen Stollenstrecke Varusch - Ova Spin als wahrscheinlich voraussehen: Profiltyp 1: in standfestem Fels 70 %; Typ 2: in gebrächem Fels mit leichtem Einbau 22 %; Typ 3: in druckhaftem Gebirge mit schwerem Stahleinbau 8 %.

Das Ausgleichbecken Ova Spin (Bild 8)

Die Anlage eines Ausgleichbeckens im Spöltal wird durch den Bau einer Sperre in der engen Schlucht 200 m oberhalb der Einmündung des Valun da l'Uors bzw. 1400 m unterhalb derjenigen der Ova Spin ermöglicht.

Der Stausee dient als Ausgleichbecken zwischen der Speicheranlage Livigno - Ova Spin (Ausbauwassermenge 33 m³/s) und der Inn-Stufe Ova Spin - Pradella (Ausbauwassermenge 66 m³/s) sowie als Tages- und Wochenendspeicher für die natürlichen Zuflüsse und das Innwasser mit den gefassten Seitenbächen. Er weist zwischen dem Stauziel von 1630 m ü. M. und der tiefsten Absenkung von 1600 m ü. M. einen Nutzinhalt von rd. 6,5 Mio m³ auf. Bei Vollstau hat das Becken eine Länge von 3,6 km und eine Oberfläche von 0,36 km².



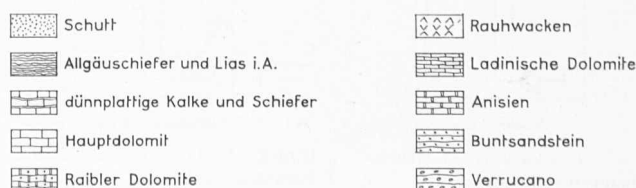
Angesichts der günstigen geologisch-topographischen Verhältnisse an der Sperrstelle ist als Talabschluss eine Bogenstaumauer vorgesehen. Sie besteht aus einer Bogenmauer, die den oberen, verhältnismässig weit geöffneten Teil des Talquerschnittes sperrt, und einem Betonpfropfen, der die untersten, sehr engen Partien der Schlucht abschliesst. Die Gesamthöhe der Mauer über der Fundamentsohle erreicht 74 m, die Kronenlänge misst 130 m. Die gesamte Betonkubatur der Mauer umfasst rd. 28 000 m³. Die minimale Mauerstärke an der Krone beträgt 3 m, die maximale befindet sich unmittelbar über dem Pfropfen und misst 9 m. Angesichts dieser geringen Dimensionen erübrigt sich die Anordnung von Kontrollgängen. Diese werden durch luftseitige, horizontale Gehstege ersetzt. Die Mauer wird in Blöcken von 9 bis 12 m Länge hochgeführt, deren Fugen nach vollzogener Abführung der Abbindewärme des Betons durch Zementinjektionen geschlossen werden.

Der Betonpfropfen enthält den Mauerdurchlass mit dem darüber befindlichen Schieberhaus, welches sich zusammen mit der Dotierzentrale an den luftseitigen Mauerfuss anlehnt. Diese beiden Objekte sowie die Schieberkammer des im Bereich der Schützen gepanzerten Grundablasses sind von der Maschinenkaverne Ova Spin aus zugänglich.

Die Hochwasserableitung erfolgt vorwiegend über die Mauer selbst, an deren Krone sich sechs Ueberfallöffnungen befinden. In der rechten Talflanke, in genügendem Abstand vom Mauerfundament, ist der 360 m lange Grundablass angeordnet, der während der Bauzeit als Umleitstollen zu dienen hat. Als drittes Entlastungsorgan befindet sich im Betonpfropfen der Staumauer der bereits erwähnte Durchlass. Alle drei Entlastungsorgane zusammen sind in der Lage, ein 1000jähriges Hochwasser, das sind 650 m³/s, unter Zulassung eines ausserordentlichen Ueberstaus von 2 m schadlos abzuführen. Hierbei sind der Mauerdurchlass mit 175 m³/s und der Grundablass mit 195 m³/s beteiligt.

Unmittelbar oberhalb der Talsperre mündet auf der linken Seite der von S-chanf kommende Freisiegelstollen. Auf der gegenüberliegenden Talflanke befindet sich die durch einen Rechen geschützte Wasserfassung mit an-

Bild 7. Geologisches Längenprofil Varusch-Ova Spin, 1:50 000



schliessendem Druckstollen nach Pradella. Die völlige Unzugänglichkeit der Wasserfassung erfordert die Anlage einer maschinellen Rechenreinigung, deren Förderbahn sich dem Steilhang anpasst und oben in die Zufahrtsstrasse mündet.

Die Zufahrt zur Sperrstelle erfolgt von der Ofenpassstrasse aus auf der rechten Talseite; auch der weitaus grösste Teil der Bauinstallationen wird daselbst, also ausserhalb des Nationalparks angelegt. Die Deponien für das

Aushub- und Ausbruchmaterial der Staumauerwiderlager und der anschliessenden Stollenstrecken werden zum Teil im Staugebiet aufgeschüttet, jedoch so, dass sie auch bei tiefster Absenkung unsichtbar bleiben; zum andern Teil wird das Material ausserhalb des Parkgebietes in einer Mulde an der rechtsseitigen Flanke des Spöltales, etwa 1000 m unterhalb der Sperrstelle, abgelagert.

Schluss folgt

Über die Wasserinstallation im Wohn- und Büro-Hochhausbau

DK 644.612

Von H. Schellenberg, P. D. ETH, dipl. Masch.-Ing., Zürich

Vorbemerkungen

In den letzten Jahren kam auch in unserem Lande der Hochbau als Wohn- und Geschäftshaus immer mehr auf. Für diese Bauform können die bisherigen, für den Normalbau bewährten Installationsregeln nicht mehr durchwegs angewendet werden. Alle Einrichtungen, die von der Gebäudehöhe abhängig sind, erfahren mehr oder weniger grosse Änderungen gegenüber den üblichen Ausführungen. Dies trifft besonders für die Wasserinstallation zu; in geringerem Masse aber auch für die Entwässerungsanlagen sowie die Gas- und Abgasinstallationen.

In der Praxis zeigten sich bei den ersten Ausführungen eine Reihe von Schwierigkeiten. Sie sind auf den Mangel an Erfahrung zurückzuführen sowie auf die Tatsache, dass sich das Personal der Installationsgeschäfte im allgemeinen bisher nur sehr wenig mit Pumpeinrichtungen befassen musste. Umgekehrt sind den Pumpenlieferanten, denen die Festlegung der Anlagendaten überlassen blieb, die für die Bemessung massgebenden Bedingungen nicht durchwegs bekannt. Der folgende Beitrag soll einige Grundlagen vermitteln, um die Projektierungsarbeiten für die Wasserinstallationen sicherer gestalten zu können.

1. Allgemeines

Die Ausrüstung von Wohnungen und Büros mit sanitären Einrichtungen werden ausschliesslich durch den verlangten Komfort bestimmt und sind deshalb von der Bauweise unabhängig. In dieser Beziehung bestehen zwischen Hoch- und Normalbau keine Unterschiede. Im Hochhaus werden allerdings aus ökonomischen Gründen zweckmässigerweise die Räume mit Wasserinstallationen wie Küche, Bad usw. nebeneinander angeordnet, damit die Apparate übereinanderliegender Wohnungen durch einen einzigen Steigstrang versorgt werden können. Bei Vorhandensein einer Zentralwarmwasserversorgung gesellen sich zu dieser Leitung noch die Warmwasservor- und Rücklaufleitungen.

Im Gegensatz dazu weicht die Verteilanlage in wesentlichen Punkten von den für Normalbauten geltenden Regeln ab und zwar als Folge des Druckes im Verteilnetz der Wasserversorgung und des zulässigen Druckes an den Apparaten. Bezüglich des Netzdruckes bestehen zwei Möglichkeiten:

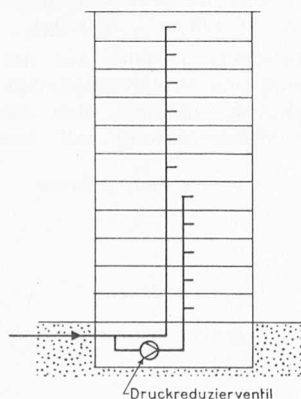


Bild 1. Installation mit Druck-Reduziereinrichtung

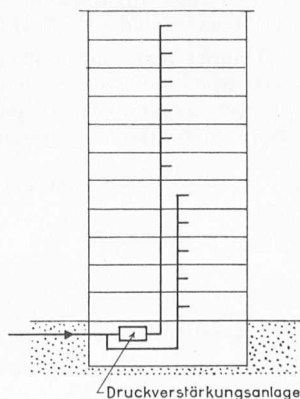


Bild 2. Installation mit Druck-Verstärkungsanlage

Entweder reicht der vorhandene Druck für die Versorgung des ganzen Gebäudes aus, oder er genügt für die Versorgung der oberen Geschosse nicht mehr.

Im ersten Falle würden bei der üblichen Installation in den obersten Geschossen annehmbare, in den unteren dagegen für unsere Ansprüche zu hohe Wasserdrücke auftreten. Das bringt Nachteile mit sich, wie Spritzen in Gefässen und Apparaten wegen zu grossen Ausflussgeschwindigkeiten, ferner Geräuschbildungen und vermehrte Reparaturen. Da für den heute verlangten Komfort der Wasserdruck einen gewissen Wert nicht übersteigen sollte, ist es nötig, bei zu grosser Gebäudehöhe das Haus in verschiedene Zonen zu unterteilen und zur Versorgung der tieferliegenden Teile den Druck zu verringern (Bild 1). Im zweiten Fall, also bei unzureichendem Netzdruck, ist die Einschaltung einer Druckverstärkungsanlage unumgänglich. Es wäre aber unzweckmässig, das ganze Gebäude an diese anzuschliessen, d. h. die ganze Wassermenge zuerst auf hohen Druck zu bringen, um dann die aufgewendete Energie für den Teil, der der Versorgung der unteren Zone dient, wieder in einem Reduzierventil zu vernichten. Aus wirtschaftlichen Gründen wird der vorhandene Netzdruck für die Versorgung des unteren Gebäudeteiles ausgenutzt und nur die darüberliegenden Geschosse an die Druckverstärkungsanlage angeschlossen (Bild 2).

Mit jedem Stockwerk, das zusätzlich direkt versorgt werden kann, sinken die Anlage- und Betriebskosten der Druckverstärkungsanlage. Wirtschaftlich betrachtet wäre also die Ausdehnung der Zone der direkten Versorgung auf eine Höhe, bei der eben noch Wasser aus den Armaturen fliesst, die vorteilhafteste Lösung. Das ist aber nicht angängig, weil für einen komfortablen Betrieb der Druck vor den Apparaten ein gewisses Minimum nicht unterschreiten darf. Ueberdies ist zu beachten, dass der Druck mit zunehmender Gebäudehöhe abnimmt, umgekehrt aber die Rohrverbindungen länger und damit die Druckverluste grösser werden. Also ausgerechnet im Geschoss mit dem geringsten Druck treten die grössten Druckschwankungen auf. Dies wirkt sich durch Veränderungen der Ausflussmenge und beim Vorhandensein einer zentralen Warmwasserversorgung oder bei Durchlauferhitzern auch durch die viel schwerer wiegenden Temperaturschwankungen an den Ausläufen der Mischorgane aus. Je grösser diese sind, umso geringer muss der Wohnkomfort gewertet werden.

Die Aufstellung des Projektes setzt also die folgenden Kenntnisse der Komfortansprüche der Bewohner hinsichtlich der Druckverhältnisse voraus sowie die der technischen Massnahmen, die nötig sind, um diese Ansprüche zu erfüllen.

2. Die Komfortansprüche

Hier sind zu untersuchen: der kleinste, von den Bewohnern noch als angängig empfundene Druck, bzw. der durch Apparaturen bedingte Mindestdruck; die Druckschwankungen, die sich in Wassermengen- und Temperaturschwankungen auswirken und der grösste noch als angängig empfundene Druck. Diese Grössen hängen weitgehend vom subjektiven Empfinden der Bewohner ab und können deshalb in gewissen Grenzen schwanken. So sind z. B. Leute, die ständig bei jeder Witterung im Freien arbeiten, auf Temperatur-