

Die Geologie von Vorarlberg – Beispiel einer internationalen Zusammenarbeit im Bereich der westlichen Ostalpen				Redaktion: Maria Heinrich	
Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016–7800	Band 135	Heft 4	S. 857–866	Wien, Dezember 1992

## Kraftwerksbauten im Bregenzerwald und ihre Anpassung an die geologischen Verhältnisse

Von HERMANN LOACKER\*)

Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

Dr. RUDOLF OBERHAUSER  
zum 65. Geburtstag gewidmet

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blätter 81–83, 110–113

*Vorarlberg  
Schweiz  
Baugeologie  
Kraftwerksbau*

### Inhalt

Zusammenfassung .....	857
Abstract .....	857
1. Kraftwerksbauten an der Bregenzerach vor 1939 .....	857
2. Kraftwerksplanungen zwischen 1939 und 1972 .....	858
3. Das Kraftwerk Langenegg .....	860
3.1. Staudamm Bolgenach .....	860
3.2. Beileitung der Subersach .....	862
3.3. Rotenbergstollen .....	864
3.4. Krafthaus Langenegg .....	865
4. Weitere Kraftwerksbauten .....	865
Literatur .....	866

### Zusammenfassung

Die Planung des Wasserkraftausbaues an der Bregenzerach und ihre Anpassung an die geologischen Gegebenheiten wird beschrieben. Weiters wird über die geologischen Neuaufschlüsse in der Subalpinen Molassezone, der Nördlichen Flyschzone und der Feuerstätterzone beim Bau des Kraftwerkes Langenegg berichtet.

### Power Plants in the Bregenzerwald Area and their Adaption to the Geological Situation

#### Abstract

The design of the water power plants at the Bregenzerach River and the adaption to the geological situation is reported. Further the new geological exposures in the Subalpine Molassezone, the Northern Flysch Zone and the Feuerstätter Zone created by the power plant of Langenegg are described.

#### 1. Kraftwerksbauten an der Bregenzerach vor 1939

Wasserkraftbauten haben an der Bregenzerach eine alte Tradition. Die erste Wasserkraftanlage an der Bregenzerach, das Kraftwerk Rieden, wurde schon im Jahre 1891 am Ausgang der Bregenzerachschlucht durch die Firma Jenny und Schindler bei Kennelbach errichtet.

Im Jahre 1907 nahm dieselbe Textilfirma – sie ist auch die Vorgängerin der heutigen Landesgesellschaft – der

Vorarlberger Kraftwerke Aktiengesellschaft – das Kraftwerk Andelsbuch in Betrieb. Durch einen 1568 m langen Stollen wird die Bregenzerachschleife zwischen Bezau und Andelsbuch abgeschnitten. Das Kraftwerk kann dadurch eine Nettofallhöhe von 60 m nutzen. Das Kraftwerk war lange Zeit eines der größten im weiteren Umkreis.

Ein weiteres größeres Kraftwerk wurde für die Gemeinde Egg 1907 fertiggestellt. Mit einem 700 m langen Stollen wird ebenfalls eine Bregenzerachschleife unterhalb Egg abgeschnitten. Der Stollen beginnt noch in den Jung-

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. HERMANN LOACKER, Vorarlberger Illwerke AG, Batloggstraße 36, A-6780 Schruns.

schichten des Helvetikums, durchörtert den geologischen Alpenrand und die Untere Meeresmolasse und Teile der Unteren Süßwassermolasse im Südschenkel der Steinerbergmulde. An Nebenbächen und Ausleitungen an der Bregenzerach bestehen noch einige weitere kleinere Wasserkraftanlagen.

## 2. Kraftwerksplanungen zwischen 1939 und 1972

Im Jahre 1939 wurde die Projektierungsarbeit begonnen mit dem Ziel, das Energiepotential der Bregenzerach

größtmöglichst zu nutzen. Es war vorgesehen, die Stauräume vom dicht besiedelten Tal der Bregenzerach fernzuhalten und, mit Ausnahme des untersten Speichers, in die unbesiedelten Nebentäler zu verlegen. Der unterste Speicher war in der ebenfalls unbesiedelten Bregenzerachschlucht zwischen Egg und Kennelbach vorgesehen.

In der Anfangszeit der Projektierung war gedacht, den Oberlauf des Leches in den Speicher Auenfeld und den Oberlauf der Breitach in den Speicher Schönebach auszuleiten.

Geologisch wurden die Sperrstellen von Hofrat Dr. AMPFERER, Prof. STINI, Prof. WAGNER (nur Schönebach)

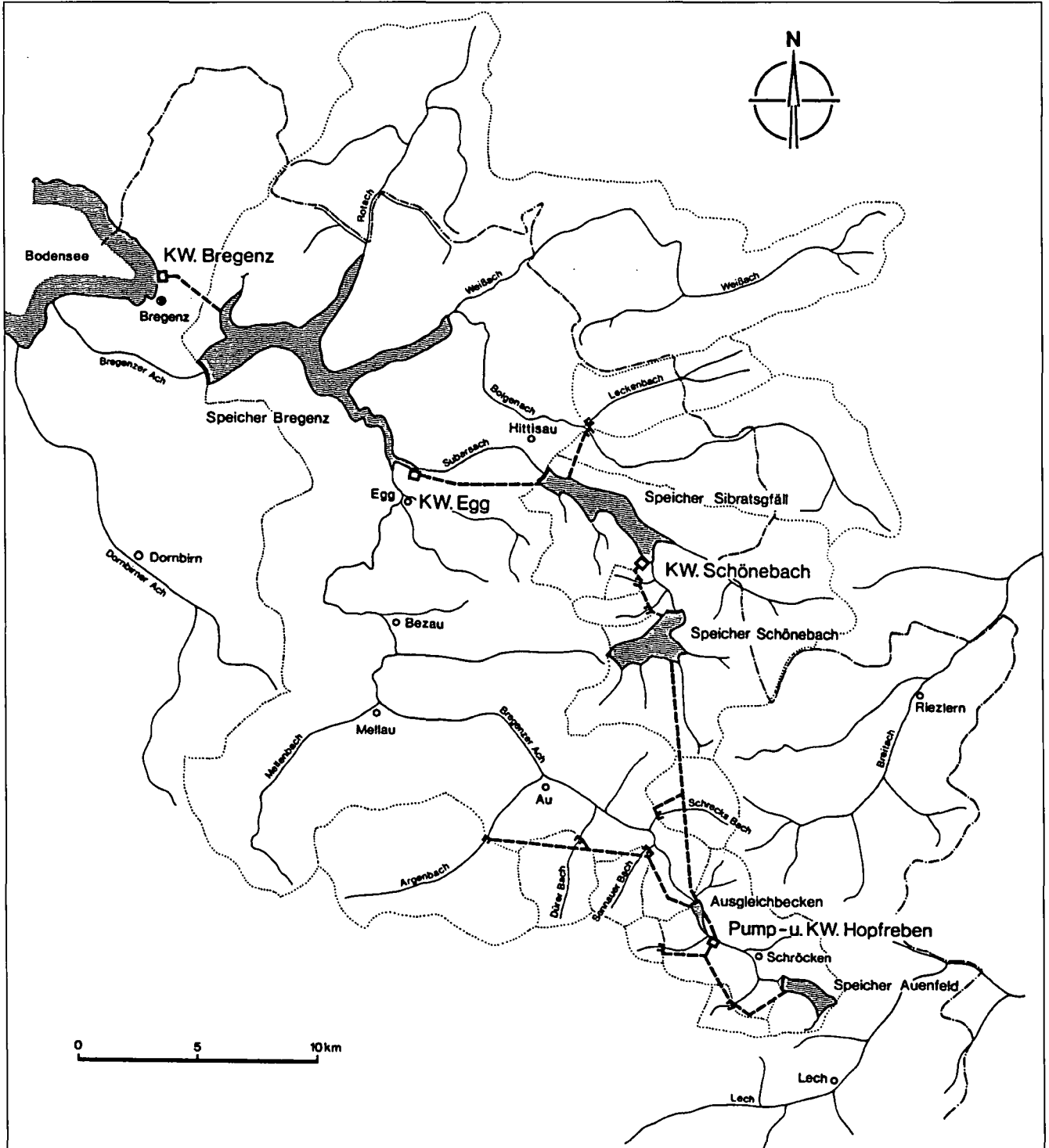


Abb. 1. Wasserkraftprojekte im Bregenzerwald bis 1954.

und dem Vorarlberger Geologen Stefan MÜLLER begutachtet.

Nachdem sich die Beileitung des Leches und der Breitach als nicht durchsetzbar erwies, wurde das Hauptaugenmerk auf die Unterstufe mit der Sperre Hochwacht als wasserreichste und wirtschaftlichste Stufe gelegt.

Nachdem immer noch Zweifel an der Möglichkeit zur Errichtung einer ca. 100 m hohen Bogen- oder Bogengewichtsmauer bestanden, wurde die vorgesehene Sperrenstelle bei Hochwacht im Frühjahr 1960 von Dr. EUGSTER im Auftrag von Prof. STAUB geologisch kartiert.

Die Schichtung der Granitischen Molasse streicht hier talparallel und fällt mit ca. 35° nach Norden hin ein. Er fand heraus, daß die mächtige Sandsteinrippe der Granitischen Molasse (Wechsellagerung von Sandsteinen mit Mergeln), auf den die linksufrige Mauerflanke zu gründen gewesen wäre, unterschritten, aufgeklüftet und schon verrutscht war. Prof. STAUB urteilte:

„... Die Sperre ist vom geologischen Standpunkt aus in aller Schärfe abzulehnen, weil ihr Bau der dortigen geologischen Verhältnisse halber nicht zu verantworten ist ...“

Er verwies darauf, daß die von STINI schon günstig eingeschätzte Sperrenstelle Buch näher zu untersuchen sei. Hier streicht die Granitische Molasse quer über das Tal.

Daraufhin wurde von den mit der Planung betrauten Vorarlberger Illwerken ein Dreistufenprojekt mit je einer kleinen Sperre mit Krafthaus am Sperrenfuß in Kennelbach, am Ende der Schluchtstrecke, in Buch, unterhalb der Rotachmündung – hier streicht die Granitische Molasse quer zum Tal – und im Bereich Bleigraben – hier streichen die mächtigen Sandsteinbänke an der Nordbegrenzung der Steinebergmulde durch – ausgearbeitet.

Die Frage der Ablösung der Bregenzerwaldbahn verzögerte jedoch die Ausführung der Projekte, so daß man sich wieder mehr den Mittelstufen zuwandte. Beim Speicher Schönebach konnte die Wasserdichtigkeit des

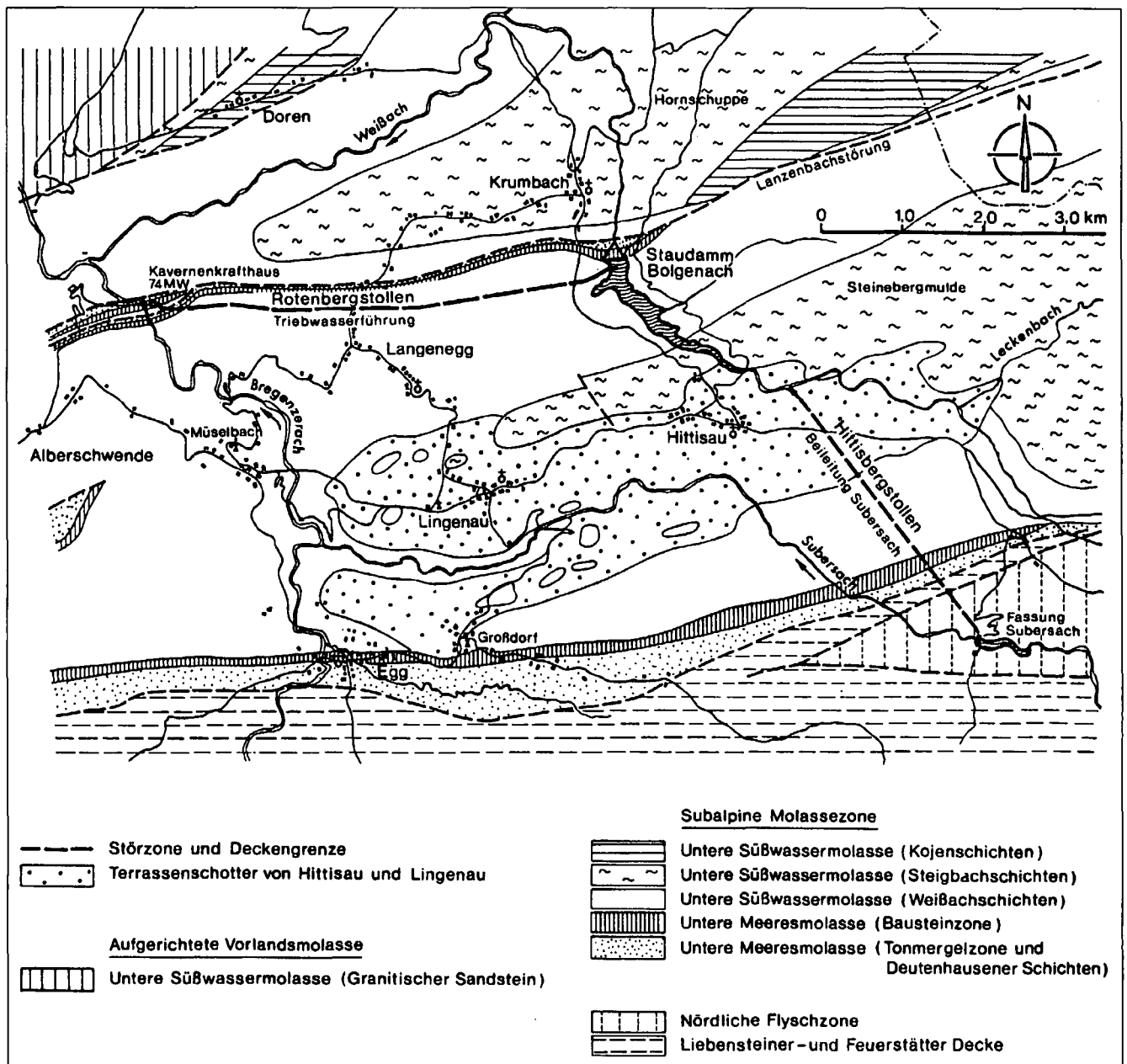


Abb. 2. Kraftwerk Langenegg – Übersichtskarte mit regionaler Geologie. (Geologische Karte von Bayern 1 : 100.000, Blatt 670, Oberstdorf, im Baubereich berichtigt).

nicht sicher nachgewiesen werden. Im Speicher befindet sich ein größeres Dolinenfeld im Schrattenskalk. Dr. OBERHAUSER hat vergitterte Profile über den Speicher gezeichnet. Der gesamte Speicherraum liegt in einer geologischen Mulde, das abdichtende Schichtglied sind die Drusbergmergel.

Durch das Durchziehen der Osterguntenstörung wäre es möglich gewesen, daß durchlässige Gesteine an der Störung aneinandergrenzen. Auch sind in den Drusbergmergeln öfter stärker kalkige Partien vorhanden; auch hier entlang wäre eine Wasserundichtigkeit möglich. Eine Undichtheit des Beckens war nicht auszuschließen.

Es wurde nun versucht, die nächsttiefere Stufe, die Stufe Sibratsgfäll, zu verwirklichen. Der Ausbauplan des Studienkonsortiums sah den Bau einer Gewölbemauer zwischen Klaratsberg und Hittsberg vor. Die Sperrstelle lag in den mächtigen Konglomeratrippen am Südrand der südlichsten Teilmulde der Subalpinen Molassezone, der Steinebergmulde. Da noch Zweifel bestanden, ob es nicht im Speicher zu Hangrutschungen kommen würde, wurden im Jahre 1972 die Stauraumhänge geologisch genau kartiert.

Diese Detailkartierung zeigte, daß die Speicherhänge größtenteils von verrutschten Moränen- und Seetonmassen überlagert sind und an anderen Stellen die übersteilten Hänge in der Nördlichen Flyschzone ebenfalls größere und kleinere Rutschungen aufwiesen. Die Errichtung eines Großspeichers an der Subersach war dabei nicht möglich.

Früher wurde es als Vorteil eines Speichers Sibratsgfäll angesehen, daß der Speicherraum nicht besiedelt war und daß nur land- und forstwirtschaftlich minderwertige Böden vom Einstau betroffen gewesen wären. Das weitverbreitete Hangkriechen war jedoch der Grund, weshalb dieses Gebiet nicht besiedelt war. Prof. HORNINGER als Geologe der am Studienkonsortium beteiligten Verbundgesellschaft sprach dann nach einer gemeinsamen Begehung das Todeswort über diesen Großspeicher.

### 3. Das Kraftwerk Langenegg

Auf der Suche nach geologisch günstigeren Alternativprojekten – Speichermöglichkeiten, günstige Stollenführung etc. – wurde in ungefähr derselben Höhenlage eine günstige Sperrstelle an der Bolgenach im Bereich einer Schluchtverengung am Nordrand der Steinebergmulde, die durch das Durchziehen von Hartgesteinsrippen an der Grenze Bausteinzone – Weißbachschichten entstanden ist, gefunden.

#### 3.1. Staudamm Bolgenach

Die Bolgenachschlucht ist eine ca. NS verlaufende, steil eingeschnittene V-Schlucht in einem alten, glazialen U-Tal. Die Schlucht quert in diesem Bereich die Gesteinsserien der Unteren Süßwassermolasse – Steigbach- und

**Tabelle 1.**  
**Stratigraphische und tektonische Angaben zu den Schnitten durch den Staudamm Bolgenach.**

1	Ruhig gelagerte, mit 30° nach Süden einfallende Wechsellagerung von grauen Mergeln, Konglomeraten und Sandsteinen, normal gelagert	Steigbachschichten, Nordschenkel der Hornschuppe	Baustraße
2	10 m schlecht aufgeschlossen	Gestörter Muldenkern der Hornschuppe	Baustraße
3	105 m Wechsellagerung wie 1, jedoch stark gestört und zerrüttet; 70–80° nach Süden einfallend, invers gelagert	Steigbachschichten des Südschenkels der Hornschuppe	Baustraße
4	70 m weinrote Mergel mit Einlagerung und Einschuppungen von Sandsteinen und Konglomeraten, stark gestört, nach Süden nimmt der Grad der Zerschering bis zur Mylonitisierung zu, invers gelagert	Weißbachschichten des Südschenkels der Hornschuppe	Baustraße, Umleitungsstollen
5	Glatt durchziehende, steil nach Süden einfallende Harnischfläche, beidseitig dieser Fläche sind die Mergel mylonitisiert	Grenze zwischen Hornschuppe und Steinebergmulde (Lanzenbachstörung)	Umleitungsstollen
6	225 m graue, plattige Mergel mit eingelagerten Kalksandsteinen, zum Teil verfaltet, 70–50° nach Süden einfallend. Der Grad der Tektonisierung nimmt von Norden nach Süden ab, es gibt jedoch mylonitisierte Bereiche	Tonmergelzone des Nordschenkels der Steinebergmulde	Umleitungsstollen, Tosbecken, luftseitiger Kieskörper
7	35 m Sandstein mit dünnen Mergelzwischenlagen	Bausteinzone des Nordschenkels der Steinebergmulde	Luftseitiger Kieskörper
8	7 m graue Mergel mit Süßwasserschnecken	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Luftseitiger Kieskörper
9	12 m Sandstein mit dünnen Mergelzwischenlagen und einer bis 2 m mächtigen Konglomeratlage	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Luftseitiger Kieskörper
10	18 m graue Mergel mit Süßwasserschnecken und Stubbenhorizont	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Dichtungskern
11	40 m Konglomerat mit Sandsteinzwischenlage	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Wasserseitiger Kieskörper und Steinschüttung
12	20 m Mergel mit dünner Sandsteinzwischenlage	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Wasserseitiger Kieskörper und Steinschüttung
13	16 m Konglomerat und Sandstein	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Wasserseitiger Kieskörper und Steinschüttung
14	Mergel mit Säugetierresten	Weißbachschichten des Nordschenkels der Steinebergmulde	Einlaufbauwerk des Druckstollens
15	15 m Konglomerat mit einer dünnen Mergellage		

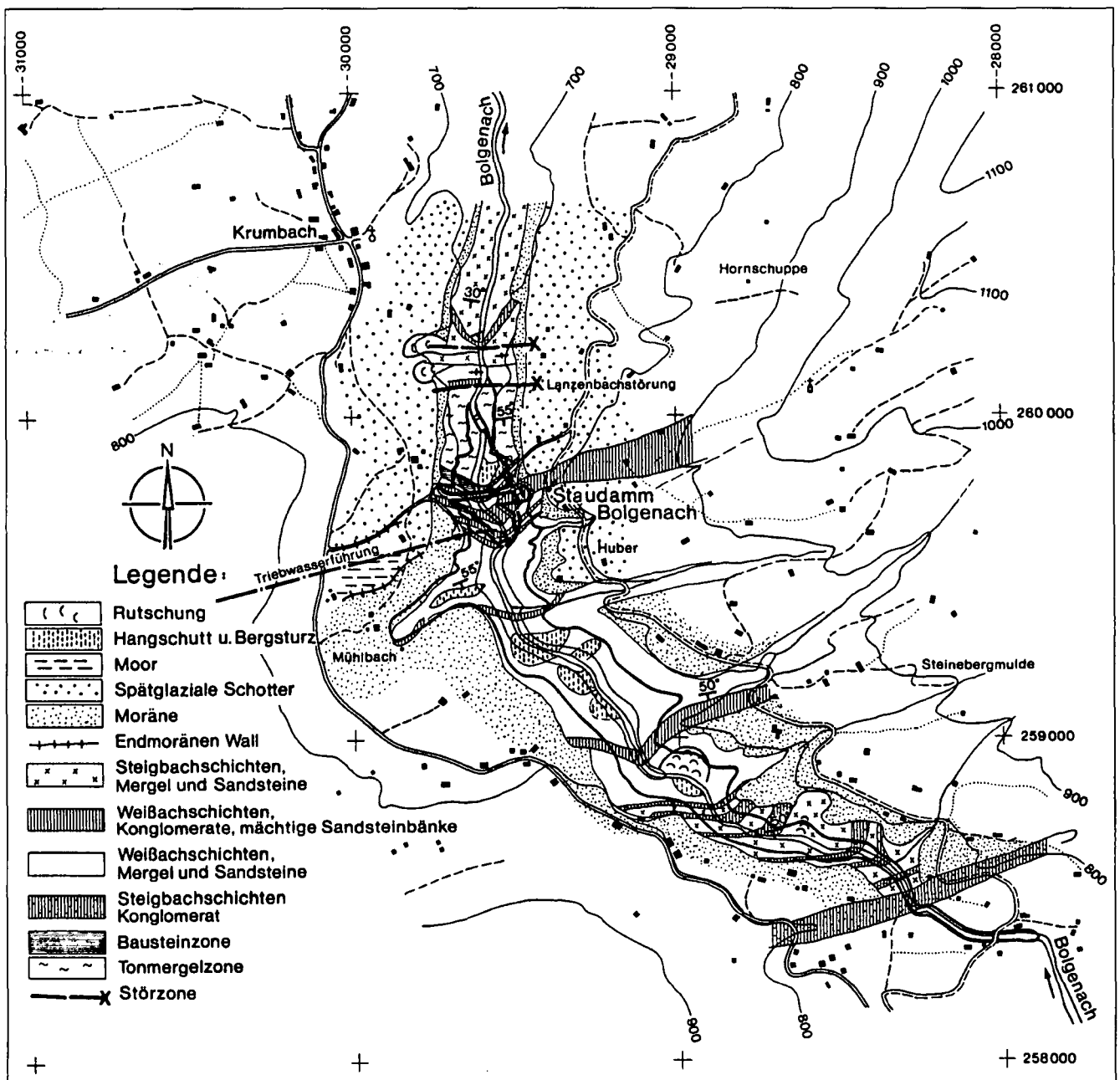


Abb. 3.  
Speicher Bolgenach – Geologischer Lageplan.

Weißbachschichten – fast normal. Die Beziehung der Schluchtrichtung und der Streich- und Einfallrichtung der Gesteine ist in diesem Teil der Molassezone für die Stabilität der Talflanken von großer Bedeutung.

Überall dort, wo die Fließrichtung parallel zur Streichrichtung der Gesteinsbänke verläuft und die Erosion Gesteinsbänke oder Kluffkörper unterschneiden kann, wie im benachbarten Weißachtal, entwickeln sich großräumig Rutschungen. Lockermassen werden nur untergeordnet eingestaut, der Speicherraum war daher aus geologischer Sicht günstig.

Wie schon erwähnt, liegt die Sperrenstelle im Nord-schenkel der Steinebergmulde an der Grenze der Unteren Meeresmolasse zur Unteren Süßwassermolasse. Hier verengen fünf mächtige Konglomerat- und Sandsteinrippen, die durch bis 20 m mächtige Mergellagen getrennt sind, die Schlucht. Zufolge des engen Schluchteinschnittes wurde zuerst an eine Bogensperre gedacht. Die geolo-

gische Detailkartierung zeigte jedoch, daß eine Gewölbemauer nicht zur Gänze auf eine der steil (50°) nach Süden hin einfallenden Hartgesteinsrippen hätte gegründet werden können. Da jedoch den Mergeln die hohe Belastung einer Gewölbemauer nicht zugemutet werden konnte, wurde für einen Schüttdamm entschieden.

Der Dammkörper besteht aus einem Moränenkern mit beidseitigen Kiesstützkörpern und wasserseitiger Steinvorschüttung.

Der Moränenkern bindet in der Aufstandsfläche in eine ca. 20 m mächtige, steil gegen Oberstrom einfallende Mergelschicht (10) ein, die von zwei anschließenden Hartgesteinsbänken eingeschlossen wird. Diese Mergelschicht ersetzt den Tiefenschirm; es mußten lediglich die obersten 10 m, die durch die auch im Triebwasserstollen festgestellten, großen Horizontalspannungen aufgelockert sind, von einem Injektionsstollen bzw. Injektionsgang abgedichtet werden.

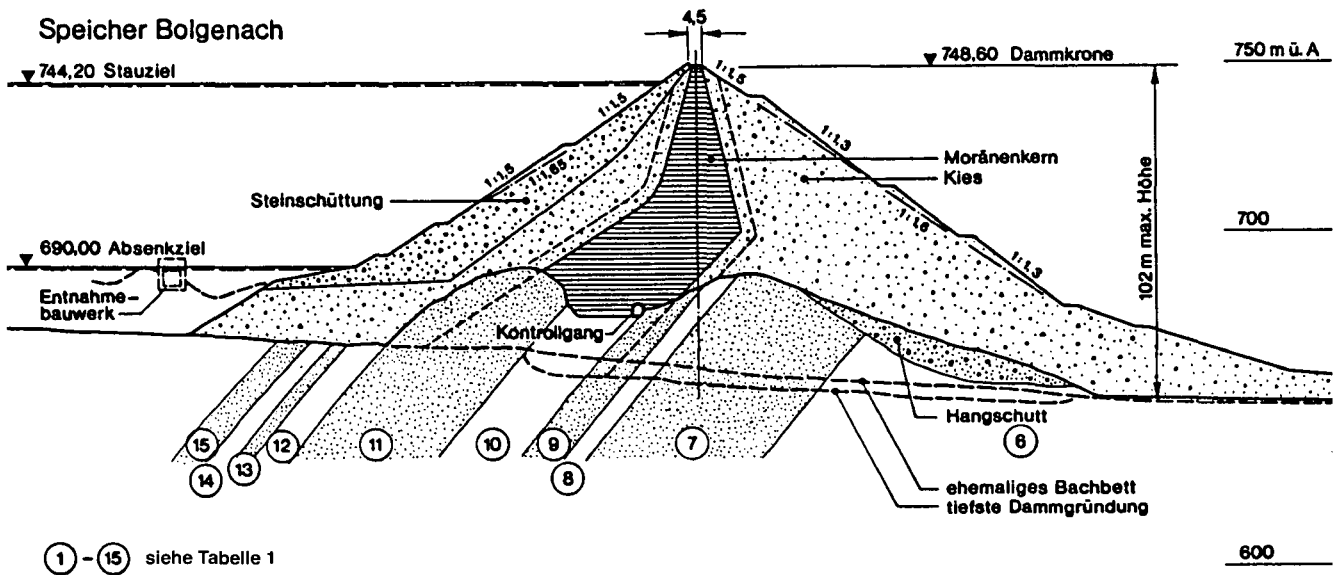


Abb. 4.  
Staudamm Bolgenach, Schnitt A-A.

Durch die Bauarbeiten wurde die das Tal normal querende Wechselfolge im Bereich zwischen Hornschuppe und der sie trennenden Störung (Lanzenbachstörung) gut aufgeschlossen.

In diesem Schnitt waren von Norden nach Süden die in Tabelle 1 dargestellten Schichten und Schichtfolgen und auch die Störzone zwischen Hornschuppe und Steinebergmulde zu beobachten.

Die Hornschuppe ist ebenfalls eine tektonische Mulde, im Gegensatz zum ruhig gelagerten Nordschenkel ist der Südschenkel tektonisch sehr stark gestört. Sandsteine der Bausteinzone, wie sie MÜHEIM in der Schlucht kartiert hat, wurden nicht angetroffen.

Im Nordschenkel der Steinebergmulde fällt die große Mächtigkeit der Tonmergelzone auf. Im Umleitungsstollen wurden immer wieder mylonitisierte Bereiche angetroffen. An dieser Mylonitzone könnte die Tonmergelzone zumindest verdoppelt sein.

Die Bausteinzone ist in der Bolgenach auf eine einzige 35 m mächtige Sandsteinbank beschränkt. Landschneckenfunde in den Schichtgliedern 8 und 10 und ein Stubbenhorizont im Schichtglied 10 zeigen an, daß die überlagernden Schichten schon zur Unteren Süßwassermolasse gehören.

In den Mergeln des Schichtgliedes 14 beim Einlaufbauwerk des Druckschachtes Bolgenach wurde eine reichhaltige Kleinsäugerfundstelle entdeckt, die Funde wurden von der ETH Zürich ausgewertet.

Während eines Vorstoßstadiums des Bolgenachgletschers bis knapp südlich der Sperrenstelle bildete sich ein durch den Weißachlappen des Rheingletschers abgesperrter Eisrandsee aus, der sich bis nach Riefenberg erstreckte. In diesem Eisrandsee wurden mächtige Schottermassen abgelagert. Die für den Schüttkörper benötigten Materialmassen waren daher in unmittelbarer Nähe der Sperrenstelle vorhanden: Schotter für den Stützkörper aus der Verfüllung dieses Eisrandsees, dichte Moräne für den Kern aus der unterlagernden Grundmoräne, die vorgelagerte Steinschüttung durch den Abbau einer Konglomeratrippe, auf die anschließend das Hochwasserüberfallbauwerk gebaut wurde.

### 3.2. Beileitung der Subersach

Während im Projekt des Studienkonsortiums vorgesehen war, die Bolgenach zur Subersach abzuleiten, wurde beim KW Langenegg die Subersach zur Bolgenach

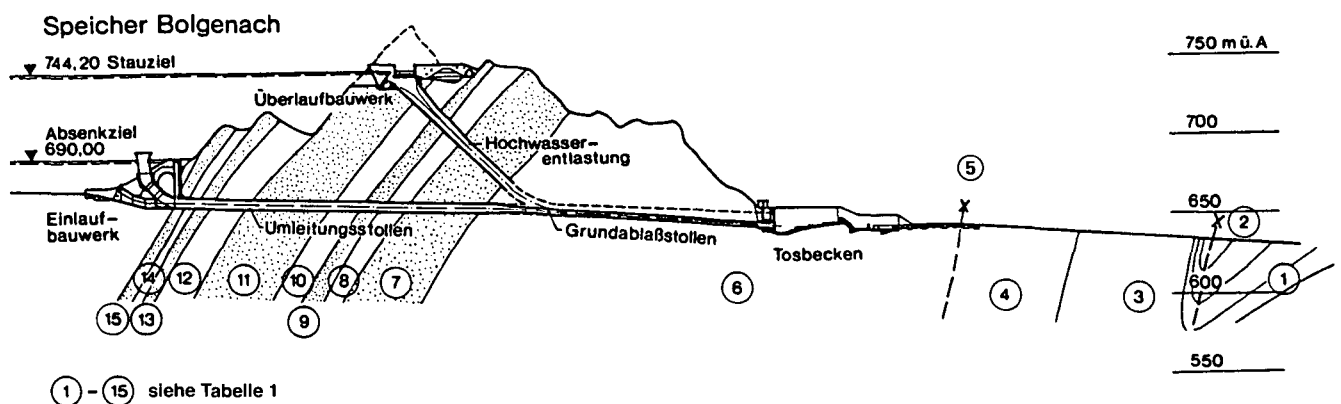


Abb. 5.  
Staudamm Bolgenach, Schnitt B-B.

übergeleitet. Die Subersach wurde durch eine kleine Sperrenstelle oberhalb des Wüstebaches gefaßt. Die Sperre gründet auf Vorarlberger Flysch der Nördlichen Flyschzone (Plankner-Brücke-Serie und Piesenkopfschichten). Schon bei den Sondierungen für den Speicher Sibratsgfall hat sich gezeigt, daß sich die Subersach im Bereich der jetzigen Fassung in einer jungen Schlucht im Norden des alten Gletschertales im Fels eingetieft hat.

Der Tiefpunkt des alten Tales liegt 500 m im Süden und ist mit Schottern, Seeton und Moräne aufgefüllt. Die steilen Nordhänge sind hier durch den Erosionsangriff stark aufgelockert, der Südhang besteht ebenfalls noch aus einer ca. 50 m hohen Felswand aus Flysch; in Bachrunsen in diesen Felswänden fließt der Seeton gletscherartig ins junge Tal.

Während des Aushubes der Fundamente für die Wehrschwelle kam es vom rechten nördlichen Hang zu einer Flyschrutschung; die Beileitung mußte durch Überschüttungen und Ankerungen den neuen Verhältnissen angepaßt werden.

Der anschließende Beileitungsstollen, der Hittisbergstollen, wurde von Norden nach Süden konventionell vorgetrieben. Zuerst mußten die Lockermassen der Terrasse von Hittisau durchörtert werden.

Es handelte sich auf Stollenniveau um eine fest gelagerte Moräne, der nahe dem Nordportal noch unregelmäßig gelagerte Schotter-, Sand- und Schlufflinsen eingelagert sind. Die wenigen Tropf- und Rinnwässer waren an diese Schotter- und Sandlagen gebunden. Bei diesen Schotter- und Sandlagen in der festen Grundmoräne handelt es sich um Ablagerungen am Rande eines zum Teil vorstoßenden, zum Teil sich zurückziehenden Gletschers. Sie haben dieselbe Vorbelastung wie die Moräne. In diesem Bereich wurde im Schutze von Stahlstreckenbögen mit teilweisem Blechverzug vorgetrieben.

Die Moräne war sehr fest und mußte durchwegs gesprengt werden. In Bereichen ohne Wasserzutritte konnte mit Spritzbetonsicherung allein vorgetrieben werden, der Spritzbeton mußte jedoch sofort nach jedem Abschlag aufgebracht werden, da die Moräne rasch aufweichte.

Zwischen Baustation 700 und 715 m wurde der anstehende Fels erreicht. Zuvor waren noch grobe Konglomeratblöcke in die Moräne eingepreßt. Die Steigbachschichten im Muldenkern sind noch im Detail verfalltet. Der Anteil der Konglomerate in der Unteren Süßwassermolasse schwankt hier,

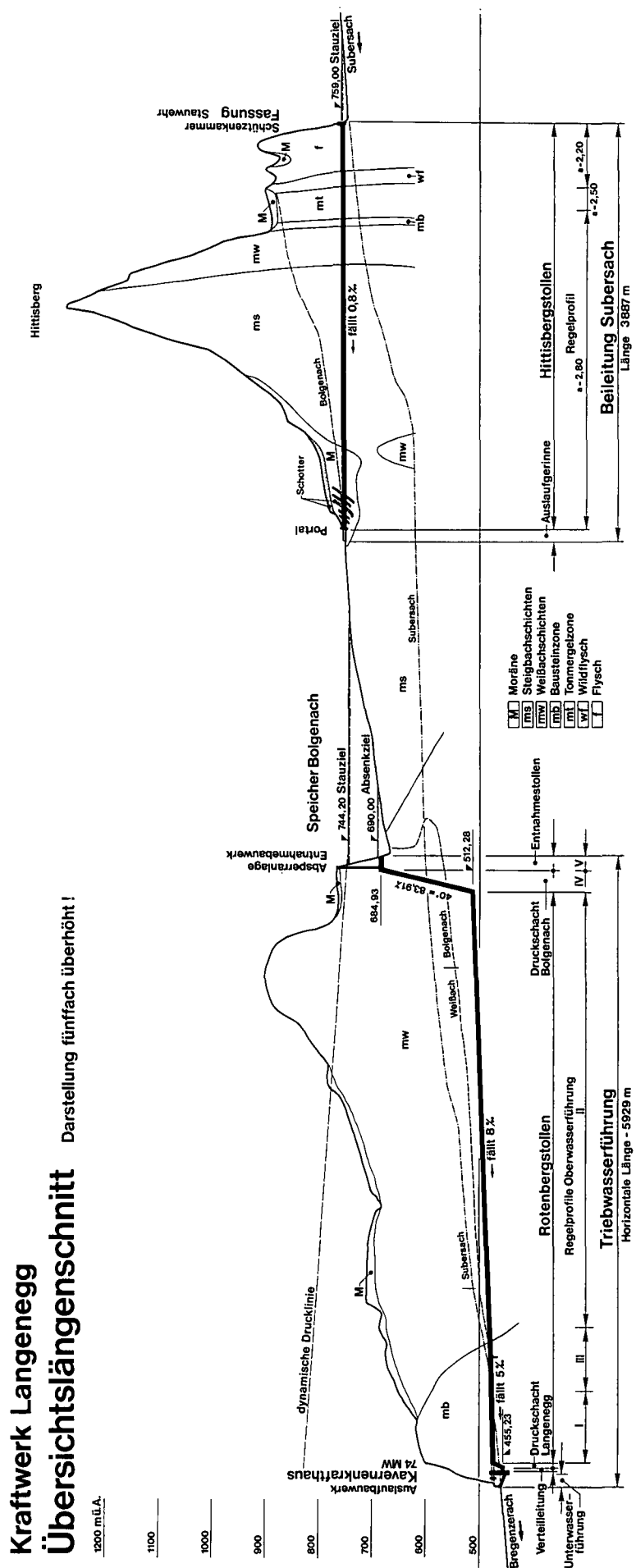


Abb. 6.  
Geologischer Schnitt durch das Kraftwerk Langenegg.

in der Nähe des Schüttungszentrums des Hochgratfächers, zwischen 35 % (Steigbachschichten) und 80 % (Weißbachschichten). Die mächtigsten Konglomerate wurden in den Weißbachschichten an der Grenze zur Unteren Meeresmolasse angetroffen; dies stimmt mit den Verhältnissen im Nordschenkel der Steinebergmulde an der Bolgenach gut überein. Der Südschenkel der Steinebergmulde ist hier überkippt. In den Konglomeraten und Sandsteinen der Unteren Meeresmolasse waren durchwegs Wassereintritte in den Stollen zu beobachten. Die Sofortsicherung erfolgte ausschließlich durch Spritzbeton, die Konglomerate konnten teilweise ungesichert stehengelassen werden.

Die anschließende Bausteinzone hatte eine Mächtigkeit von ca. 60 m und bestand aus groben Sandsteinen mit Mergelzwischenlagen. Muschelreste in den Sandsteinen bezeugen die Bildung dieser Sedimente als Meeresablagerungen.

Von Stat. 2767 bis 3073 m wird die Tonmergelzone des Südschenkels der Steinebergmulde durchörtert. Die Schichtung quert den Stollen in einem stumpfen Winkel, die Schichtbänke fallen invers mit 70 bis 80° gegen Süden hin ein. Die Tonmergelzone war vollkommen trocken. Bei Stat. 3043 war ein Methangasbläser zu beobachten. Die Tonmergelzone war im allgemeinen wenig gestört, lediglich zwischen Stat. 2870 bis 2950 m war diese Gesteinsserie sehr stark tektonisiert, die Mergel feinstblättrig zerschert und die Sandsteine zu Boudins ausgequetscht. Dies ist eine Begleitstörung zur Alpenrandstörung – eventuell Verdoppelung der Tonmergelzone. In der Tonmergelzone konnte im Schutz einer Vortriebssicherung aus Spritzbeton von 5 – 10 cm vorgetrieben werden, in der Störzone wurde die Spritzbetonauskleidung verstärkt.

Bei Stat. 3073 verläßt der Stollen die Subalpine Molassezone (geologische Alpengrenze). Als erstes Schichtglied wurde die Wildflyschzone (Feuerstätterdecke) angefahren. Die Hauptbewegungen der Alpenüberschiebung haben die Wildflyschzone zu einem tektonischen Teppich ausgewälzt. Der tektonisch extrem gestörte Wildflysch besteht aus feinstblättrig tektonisierten Mergeln und Tonschiefern, in denen als Boudins Hartgesteine (Quarzite, Sandsteine etc.) schwimmen. Zwischen Stat. 3270 bis 3280 m war eine Häufung von Diabaslinen zu beobachten. In der Tonmergelzone war an der Grenze zur Wildflyschzone keine stärkere Tektonisierung zu beobachten. Die Wildflyschzone reicht bis Baustation 3278 m. Sie war vollkommen trocken und dadurch konnte diese mylonitische Gesteinsserie nur mit einer Spritzbeton-Sofortsicherung durchörtert werden.

Bei Stat. 3278 m wurde die Nördliche Flyschzone erreicht. Es wurden zuerst, bis Stat. 3520 m, die Gesteine der Fanolaserie und dann, bis zur Fassung, jene der Plankner-Brücke-Serie durchörtert.

Diese Flyschserien waren bereichsweise stärker gestört und verfaltet. Das Gebirge war durchwegs feucht mit kleinen Tropfstellen – in der Plankner-Brücke-Serie war die Wasserführung stärker als in der Fanolaserie; größere Wassereintritte traten jedoch nicht auf.

Die Plankner-Brücke-Serie erhielt als Sofortsicherung eine Spritzbetonauskleidung von 20 cm. In der Fanolaserie konnte, mit Ausnahme einiger besonders stark gestörter Bereiche, mit einer Spritzbetonstärke von 10 cm gesichert werden. Bemerkenswert war ein Methangasbläser bei Stat. 3510 m.

Auf Wunsch des Sondersachverständigen der Wasserrechtsbehörde, Herrn Prof. Dr. Dr. E. CLAR, wurden im

Stollen Nivellementpunkte versetzt, um eventuelle Hebungen oder Setzungen messen zu können. Dieser Stollen ist für solche langfristigen Messungen dadurch besonders interessant, da er den geologischen Alpenrand quert. Die Nullmessung wurde durchgeführt, Folgemessungen sind noch keine vorhanden.

### 3.3. Rotenbergstollen

Es war vorgesehen, die Oberwasserführung – den Rotenbergstollen – als tief liegenden Druckstollen schichtparallel in der Sandsteinrippe der Bausteinzone zu führen, die hier von der Bolgenach zur Bregenzerach hin zieht. Der Stollen wurde maschinell von der Bregenzerach zur Bolgenach hin aufgeföhren. Es zeigte sich, daß die harten Sandsteine der Stollenfräse zu großen Widerstand leisteten, der Stollen war einer der ersten gefrästen Stollen in Österreich. Weiters waren die Sandsteine wasserführend und die Mergelzwischenlagen zwischen den Sandsteinbänken als inkompetente Gesteine tektonisch stark gestört.

Es wurde daher bei Stat. ca. 1000 m die Stollenrichtung leicht gegen Süden abgewinkelt, und bei Stat. 1370 m wurden die überlagernden grauen Mergel der Weißbachschichten angefahren; in diesen Mergeln verblieb der Stollen, mit Ausnahme einer kurzen Konglomeratstrecke, bis zum Stollenende. Die Mergel waren vollkommen wasserdicht.

Von der ETH Zürich wurden im Rotenbergstollen Spannungsmessungen durchgeführt. Diese Messungen ergaben, daß die erste Hauptspannung horizontal parallel zum Schichtstreichen vorliegt, die zweite ebenfalls horizontal normal zum Schichtstreichen.

Die Gesteinsfestigkeit des Mergels war hier für die im Rotenbergstollen angetroffenen Spannungen zu gering. Es traten in First- und Sohlbereich, zum Teil direkt im Bohrkopfbereich, zum Teil hinter dem Bohrkopf, als hörbare Bergschläge Entspannungsrisse auf. Diese Brucherscheinungen zeigen, daß horizontale Spannungen, die bedeutend höher als die vertikalen sind, vorliegen.

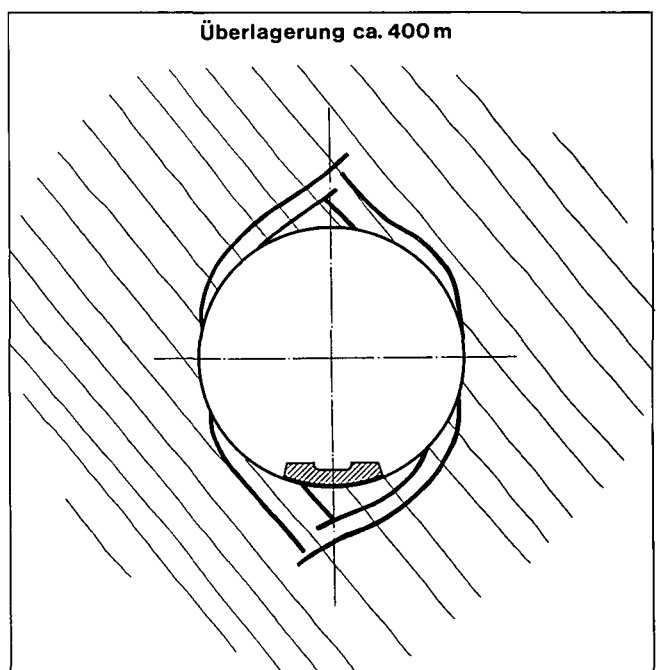


Abb. 7.  
Brucherscheinungen im Rotenbergstollen.



### 3.4. Krafthaus Langenegg

Das Kavernenkrafthaus Langenegg liegt am Nordrand der Steinebergmulde in den hier am Nordschenkel der Mulde wieder aufgeschlossenen Gesteinen der Unteren Meeresmolasse.

Im Bereich der Bregenzerachschlucht ist der Mulden-schenkel, wie von MUHEIM bereits kartiert, durch Schup-pung verdoppelt, die eigentliche Steinebergmulde ist von der nördlich davon liegenden „Nordschuppe“ durch eine Störzone getrennt. Der betroffene Schluchtabschnitt wird, von Norden nach Süden beschrieben, durch nachfolgen-de Gesteinsserien aufgebaut, die auch von den Unterta-gebauten des Kraftwerkes Langenegg durchörtert wur-den. Die Mächtigkeiten sind aus dem Horizontalschnitt heraus gemessen.

Die Sandsteinrippe der Nordschuppe (Krafthaus-schuppe) wurde bis Ende der Sechzigerjahre durch einen Steinbruch abgebaut. Durch den Gesteinsabbau entstand in der engen Schlucht rechtsufrig der Bregenzerach ein für eine Baustelle geeigneter Platz.

Das Kavernenkrafthaus wurde in der nördlichen Sand-steinrippe situiert. Durch einen Sondierstollen wurde der Kalottenbereich der Maschinenkaverne aufgeschlossen und der Verlauf der Sandsteinrippe mittels Bohrungen abgetastet. Die Sondiererergebnisse bestätigten die aus der Oberflächengeologie konstruierte Lage der Sand-steinrippe.

Die nördliche Härtlingsrippe der Bausteinzone besteht zur Hauptsache aus groben, dickbankigen (1–3 m) Sand-steinbänken, denen feinkörnigere, dünnbankigere Sand-steinbänke zwischengelagert sind. Die einzelnen Sand-steinbänke sind durch dünne Mergellagen (1–20 cm) von-einander getrennt.

Die Schichtfugen sind als Trennflächen im Gestein be-deutend ausgeprägter als die Klüftung, insbesondere wenn diese Schichtfugen noch dünne Mergelzwischen-lagen aufweisen. Von den zwei Hauptklufscharen streicht eine um NS und fällt senkrecht bis steil nach Osten oder Westen ein. Es handelt sich hier um die dem Faltenbau zugehörigen ac-Klüfte. Eine weitere Klufschare streicht um N10°–N40°E und fällt mit 20 bis 40° gegen Nordwesten ein.

Da, wie oben schon erwähnt, die Gesteinsschichten als Trennflächen bedeutend ausgeprägter ausgebildet sind als die Kluffflächen, wurden die beiden Kavernen so in die Sandsteinrippe eingepaßt, daß die Achsen der Kavernen normal zur Streichrichtung der Sandsteinbänke zu liegen kamen. Beide Kavernen konnten in der nördlichen Sand-steinrippe der Bausteinzone situiert werden, lediglich im unteren Bereich der nördlichen Stirnfläche der Maschi-nenkaverne wurden die unterlagernden Tonmergelschich-ten und im oberen Teil der südlichen Stirnfläche der Trafo-kaverne die überlagernden Weißbachschichten angetrof-fen.

Die NS-streichende, steil bis senkrecht einfallende Klufschare führte zu kleinen, ulmparallelen Ablösungen entlang der Kluffflächen. Die steil nach Süden einfallende Gesteinsschicht führte an beiden Stirnflächen zu Ab-lösungen und Auflockerungen von Schichtplatten. Hier mußte die Systemankerung verstärkt werden.

### 4. Weitere Kraftwerksbauten

Im Jahre 1978 wurden die Uferbereiche und die an-schließenden Hänge der Bregenzerach geologisch kar-tiert. Es zeigte sich, daß auch bei der Dreistufenlösung mit drei Sperren und den Krafthäusern am Fuß der Sperren Rutschungen eingestaut würden. Bei dem zur Zeit in Bau befindlichen Kraftwerk Alberschwende wurde nun diesen geologischen Schwierigkeiten ausgewichen. Das Kraft-werk schließt an das Unterwasser des bestehenden Kraft-werkes Andelsbuch an. Im Speicher Ach zwischen Andels-buch und Schwarzenberg wird das Wasser gesammelt und in einem 6,6 km langen Stollen linksufrig auf Höhe des Kraftwerkes Langenegg wieder zur Bregenzerach zu-rückgeführt.

Die geologischen Ausarbeitungen der Untergrundauf-schlüsse sind im Gange. Dr. Oberhauser hat sich bereit erklärt, die Gesteinsproben aus dem Randschuppenbe-reich zwischen Egg und Schwarzenberg mikropaläontolo-gisch zu untersuchen.

Das Kraftwerk Alberschwende geht im Frühjahr 1992 in Betrieb.

**Tabelle 2.**  
Stratigraphische und tektonische Angaben zu den Schnitten durch das Kraftwerk Langenegg.

Mäch-tigkeit	Gestein	Serie	Untertagebauten des Kraftwerkes Langenegg
–	Stark gestörte, rötliche Mergel in Nähe der Störzone	Weißbachschichten der Hornschuppe	Auslaufbauwerk der Unterwasserführung
2–3 m	Dünnblättriger Tektonit	Lanzenbachstörung	Auslaufbauwerk der Unterwasserführung
30 m	Wechsellagerung grauer, dünnplattiger Mergel mit Sand-steinzwischenlagen	Tonmergelzone der Nordschuppe	Unterwasserstollen
40 m	Sandsteinrippe mit dünnen Mergelzwischenlagen	Bausteinzone der Nordschuppe	Krafthauskavernen Zugangsstollen
15 m	Massige, graue Mergel	Weißbachschichten der Nordschuppe	Fensterstollen
3 m	Dünnblättriger Tektonit	Störzone zwischen eigentlicher Steineberg-mulde und Nordschuppe	Fensterstollen
25 m	Wechsellagerung grauer, dünnplattiger Mergel mit Sand-steinzwischenlagen	Tonmergelzone der eigentlichen Steine-bergmulde	Rotenbergstollen
ca. 100 m	Massige Sandsteine mit dünnen Mergellagen, im Schichtbe-reich möglicherweise durch Störzonen verdoppelt	Bausteinzone der eigentlichen Steineberg-mulde	Rotenbergstollen
–	Massige, graue bis bräunlich und rötlich gefleckte Mergel	Weißbachschichten eigentlichen Steine-bergmulde	Rotenbergstollen

## Literatur

- CLAR, E. & LOACKER, H.: Staudamm Bolgenach. – Schriftenreihe „Talsperren Österreichs“ – in Vorbereitung.
- ETH Zürich: Spannungsmessungen im Rotenbergstollen bei Alberschwende. – Zürich, September 1976 – unveröffentlichter Bericht der Vorarlberger Illwerke AG.
- HANTKE, R.: Eiszeitalter 2 – Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Thun (Ott-Verlag).
- HEIM, A., BAUMBERGER, E. & STEHLIN, H.G., unter Mitwirkung von FUSSENEGGER, S.: Die Subalpine Molasse des westlichen Vorarlberg. – Vierteljahresschrift naturf. Ges. Zürich, **73**, Zürich 1928.
- HÜNERMANN, K.A. & SULSER, H.: Die Cricetodontinen (Mammalia Rodentia) aus der Unteren Süßwassermolasse des Bolgenachtales (Österreich, Vorarlberg). – *Eclogae geol. Helv.*, **74/3**, Basel, November 1981.
- INNERHOFER, G.: Staudamm Bolgenach, ein 100 m hoher Kiesdamm mit Moränenkern. – *Österr. Wasserwirtschaft*, **70** (1980), H. 3.
- INNERHOFER, G. & LOACKER, H.: Die Stabilität der Felsumrahmung des Speichers Bolgenach. – 14. Internationaler Talsperrenkongreß, Rio de Janeiro 1982, Q53/R15, Schriftenreihe „Talsperren Österreichs“, **26**, 1982.
- INNERHOFER, G. & LOACKER, H.: Der Dichtungsanschluß des Staudammes Bolgenach an verwitterten Mergel. – 14. Internationaler Talsperrenkongreß, Rio de Janeiro 1982, Q35/R15, Schriftenreihe „Talsperren Österreichs“, **26**, 1982.
- KOVARI, A., AMSTAD, Ch. & GROB, H.: Contribution of the Problem of Stress Measurements in Rock. – Int. Symposium on Underground Openings, Luzern 1972.
- LOACKER, H.: Bericht 1976 über Aufnahmen im Helvetikum auf Blatt 112, Bezau. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1977**, Wien 1977.
- MUHEIM, F.: Die Subalpine Molasse im östlichen Vorarlberg. – *Eclogae geol. Helv.*, **27**, Basel 1934.
- RESCH, W.: Bericht 1976 über Aufnahmen in der Faltenmolasse im nordwestlichen Vorarlberg. – (Blätter 11, Dornbirn, und 112, Bezau), *Verh. Geol. B.-A.*, **1977**, Wien 1977.
- RESCH, W., HANTKE, R. & LOACKER, H.: Molasse und Quartär im Vorderen Bregenzerwald mit Besuch von Kraftwerksbauten. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.* **61**, Stuttgart 1979.
- SCHIEMENZ, T.: Fazies und Paläographie der Subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. – *Ber. Geol. Jb.*, **38**, Hannover 1960.
- STEFKO, E.: Das Kraftwerk Langenegg. – *Österr. Wasserwirtschaft*, H. 5/6, Mai/Juni 1983.
- VOLLMAYR, T.: Erläuterungen zur geol. Karte von Bayern. – 1 : 25.000, Blatt Nr. 8426, Oberstaufen – München (Bayer. Geol. L.-A.) 1958.
- ZACHER, W. (Bearb.): Geologische Karte von Bayern 1 : 100.000, Blatt 670, Oberstdorf – München (Bayer. Geol. L.-A.) 1976.
- Unveröffentlichte Berichte von Hofrat AMPFERER, Prof. STINI, Prof. WAGNER, Prof. HORNINGER, Prof. CLAR, Prof. STAUB, Dr. EUGSTER, Dr. OBERHAUSER.