

Über geologische und technische Erfahrungen beim Bau des Achenseewerkes in Tirol.

Von **Otto Ampferer** und **Karl Pinter**.

Mit 3 Tafeln und 19 Zeichnungen.

I. Geologischer Teil.

Einleitung.

Der Ausbau des Achenseewerkes, welcher in der ersten Stufe bereits vollendet ist, hat eine Reihe von interessanten geologischen Beobachtungen ermöglicht, welche großenteils nur für eine kurze Zeit zugänglich waren und heute meist wieder hinter Eisen- und Betonmauern verborgen liegen.

Als geologischer Berater dieses Bauwerkes hatte ich vielfach selbst Gelegenheit, diese vorübergehenden Bauaufschlüsse zu besichtigen. Sehr zahlreiche Angaben und Messungen wurden aber im Auftrage des leitenden Direktors der Tiroler Wasserkraftwerke Ing. Erich Heller von seinen Ingenieuren gesammelt und mir zur Bearbeitung übergeben.

Insbesondere fühle ich mich Herrn Oberingenieur Karl Pinter verpflichtet, welcher bereit war, aus seinen reichen Erfahrungen den technischen Teil dieser Arbeit beizusteuern.

In Dankbarkeit gedenke ich hier dieser vielfachen Unterstützungen und Mitarbeiten, ohne die meine eigenen Aufnahmen doch nur ein Flickwerk geblieben wären.

Die Rolle der Geologie war beim Bau des Achenseewerkes eine selten glückliche.

Von Anfang an in ihrer Bedeutung von allen geistigen Führern dieses Unternehmens voll erkannt, war es möglich, zwischen den Vorher-sagen und den Baubefunden eine weitgehende Übereinstimmung zu erreichen.

Unter den entschiedenen Förderern der geologischen Mitarbeit und Forschung habe ich hier neben Direktor E. Heller und seinem Stellvertreter Ing. K. Pinter vor allem Herrn Ministerialrat Dr. Ing. M. Pernt, dann den ausgezeichneten Wasserbauer Ing. E. Gruner aus Basel sowie den Bauleiter Ing. Dr. L. Mühlhofer zu nennen.

Die Berichterstattung über die Bohrungen, die Stollenaufschlüsse, die Wasserverhältnisse sowie die Aufsammlung der Gesteinsproben war Herrn Ing. J. Berger anvertraut.

Mit ihm gemeinsam habe ich auch eine Untersuchung der Achenseewerke in Hinsicht auf die bei der geplanten Absenkung zu erwartenden

Rutschungen ausgeführt. Seine Mitarbeit war überaus vielseitig und für das Zustandekommen dieses Berichtes ebenso wichtig wie dankenswert.

Eine Mitteilung über die schwierige Caisson- und Schildstrecke habe ich von Herrn Ing. E. Hamberger erhalten.

Die geologische Detailaufnahme des ganzen Hauptstollens und des Druckschachtes hat Herr Bergingenieur E. Hammerle mit großer Sorgfalt durchgeführt.

Das tektonisch interessanteste Stück zwischen Fenster I und II konnte durch eine gütige Subvention der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. als farbige Tafel dieser Arbeit beigegeben werden.

Von einer Wiedergabe der übrigen im Wettersteinkalk liegenden Stollenstrecken wurde hier abgesehen.

Wer aber ein ernstliches wissenschaftliches Interesse für diese Stollenstrecken besitzt, kann ihre geologische Detailaufnahme von der Direktion der Tiroler Wasserkraftwerke erhalten.

Gerne benütze ich die Gelegenheit, noch einmal allen Förderern und Helfern herzlich für ihr Entgegenkommen zu danken, das ich meinerseits gewiß nicht vergessen werde.

Die Bedeutung und Wirksamkeit der geologischen Mitarbeit zerfällt bei solchen Anlässen in zwei sehr ungleiche Teile.

Vor Beginn und im Anfang des Baues hat der Geologe die unsichtbaren Massen des Bodens und des Berginneren soweit geistig zu durchleuchten, als es die vorhandenen Erfahrungen und seine Einsicht überhaupt gestatten.

Das ist eine Kunst, wo neben der Sicherheit der Rechnung mit gegebenen Größen meist noch unbekannte Größen auftreten, die nur durch persönliche Einfühlung und Geschicklichkeit des Gutachters zu überwinden sind.

Dieser Teil der geologischen Mitarbeit ist bei weitem der interessanteste, weil sich dabei dem Geologen die seltene Gelegenheit bietet, Gebilde seiner vorausschauenden Theorie und Phantasie unmittelbar der praktischen Prüfung zu unterwerfen.

Der andere Teil seiner Tätigkeit ist die Aufsammlung und Verwertung der durch die Bauten meist nur vorübergehend geschaffenen Aufschlüsse.

Dies ist zumeist nur mit Hilfe der ständig beim Bau anwesenden Ingenieure möglich und stellt nicht selten an ihr Interesse und ihre Arbeitskraft erhöhte Anforderungen.

Bei einer Zusammenstellung der geologischen Bauergebnisse verschwindet natürlich der erste, mehr prophetische Teil der Mitarbeit völlig und der zweite, aufsammelnde und prüfende, tritt in den Vordergrund.

Die Bauidée des Achenseewerkes ist eine sehr einfache.

Die kleine Skizze Fig. 1 und Taf. IX zeigen, wie das Wasser des in ca. 930 m Höhe spiegelnden Achensees auf einem fast geraden Stollenweg durchs Gebirge des Stanser Jochs an den Steilabfall des Inntales gebracht und von dort in einem Druckschacht zur Talsohle bei Jenbach geleitet wird, wobei ein Gefälle von ca. 400 m in elektrische Energie verwandelt werden kann.

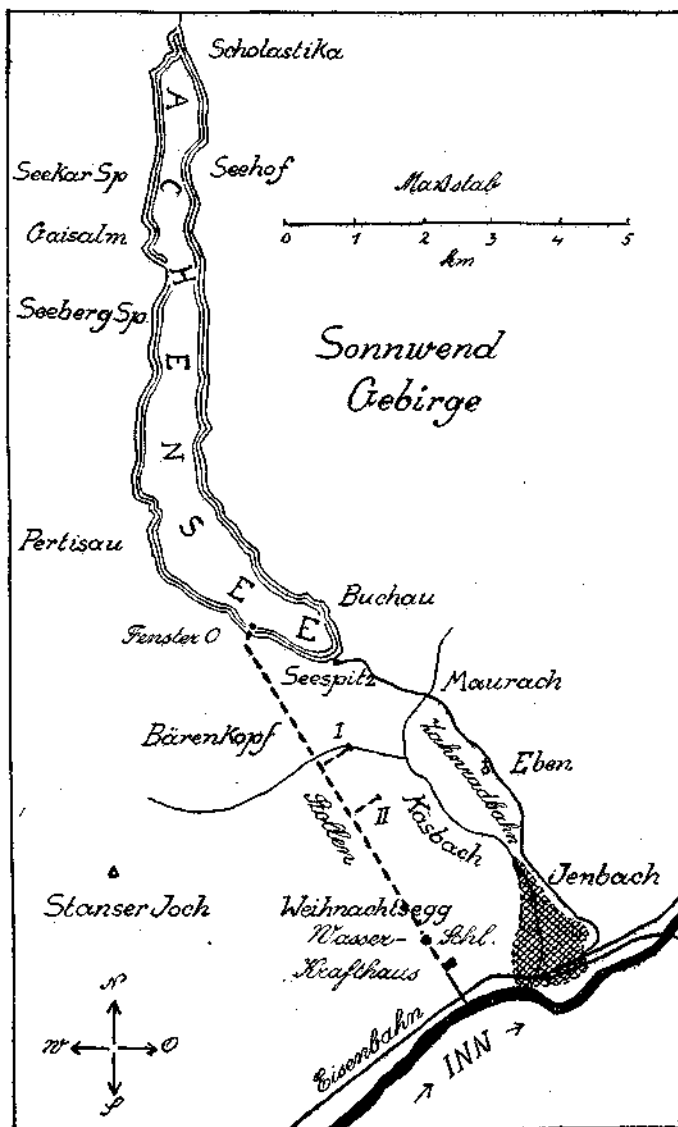


Fig. 1. Übersichtsplan der Lage des Achenseekraftwerkes.

Zur Vergrößerung der Werksleistung ist noch die Zuleitung des Ampelsbaches und der Quellen von Achenkirchen in den Achensee geplant.

Über die technische Ausführung des großen Baues hat Herr Direktor Ing. E. Heller in mehreren Vorträgen berichtet.

Von seinem Vortrag im Wiener Ingenieur- und Architektenverein vom 15. April 1926 ist in dessen Zeitschrift ein kurzer Auszug erschienen.

Über die geologischen Verhältnisse des Achensees und die beim Bau geschaffenen neuen Aufschlüsse habe ich eine Arbeit geschrieben, die für die Wasserkraftausstellung in Basel im Sommer 1926 bestimmt war.

Sie ist in Innsbruck im Selbstverlag der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. erschienen.

Dieser Arbeit war eine farbige Tafel der Bohrprofile und der ganzen Stollenanlage beigegeben, welche auch dieser Arbeit als weitere Spende der Tiroler Wasserkraftwerke A. G. angefügt werden konnte. Der Maßstab des Stollenprofils 1:14.300 ist jedoch zu klein, um die feineren Details der Felsstrukturen und Schuttlagerungen zum Ausdruck zu bringen. Zu diesem Zwecke sind auf Tafel X die beiden geologisch wichtigsten und interessantesten Strecken, das Profil des Schwarzeggkammes und das Profil des Entnahmewerkes in den großen Maßstäben 1:200 und 1:300 wiedergegeben.

In beiden Fällen handelt es sich um Aufschlüsse, die über Tag durchaus nicht zu erkennen sind, die vor dem Bau tief verborgen lagen und heute auch wieder unzugänglich sind.

Durch den Bau des Achenseewerkes ist eine Fülle von geologischen Aufschlüssen geschaffen worden und darüber ein umfangreiches Beobachtungsmaterial vorhanden.

In der nachfolgenden Schilderung konnte aber nur ein bescheidener, doch ausgewählter Teil untergebracht werden.

Die nun folgende Detailbeschreibung stimmt in ihrer Anordnung nicht mit den zeitlichen Fortschritten des Baues überein.

Sie widmet sich zuerst den Aufschließungen des Grundgebirges und dann erst jenen im Bereiche der Schutthülle des Achensees.

Von der Beigabe einer geologischen Karte des Achenseegebietes konnte aus Ersparnisgründen abgesehen werden, weil Blatt „Innsbruck-Achensee“ samt Erläuterungen, das sich seit Jahren bereits im Handel befindet, dafür die beste Übersicht gewährt.

Seine Benützung ist beim Studium dieser Arbeit von wesentlichem Vorteil.

A. Stollen im Grundgebirge.

Der Hauptstollen des Achenseewerkes liegt samt den Fensterstollen und dem Druckschacht im Innern der Stanserjochgruppe.

Diese Berggruppe bildet den östlichsten Teil des Karwendelgebirges und wird im N vom Achensee und Falzthurntal, im W vom Lamsenjoch und Stallental, im S vom Inntal, im O vom Käsbachgraben und der Achenseeschwelle begrenzt.

Den Kern dieser kleinen Berggruppe macht ein ostwestlich streichendes Gewölbe von Wettersteinkalk aus, dessen Achse gegen O zu sinkt.

Im westlichen Abschnitt wird dieses Gewölbe noch teilweise von Raibler Schichten und Hauptdolomit überlagert.

Die höchsten Erhebungen unserer Gruppe, Rappenspitze, 2224 m, und Rauher Knöll, 2277 m, bestehen aus Hauptdolomit, wogegen der Wettersteinkalk noch den Gipfel des Kaserjochs zusammensetzt, der 2200 m Höhe erreicht.

Von dieser Höhe steigt der langgestreckte Kamm des Stanserjochs flachgewölbt gegen O nieder und verschwindet mit dem Zeiseleck knapp westlich von Jenbach unter den Schuttmassen der Inntalerrasse. Die soeben erwähnte Kammlinie, welche vom Lamsenjoch über Rauhen Knöll—Rappenspitze—Kaserjoch—Gamskarspitze—Ochsenkopf—Stanserjoch—Weihnachtsegg—Zeiseleck nach Jenbach leitet, bezeichnet zugleich die Hauptmasse unserer Berggruppe, der aber im N noch die kleineren Erhebungen von Tristkopf, 2005 m, und Bärenkopf, 1987 m, angehängt sind.

Zwischen diesen beiden Bergen ist das tiefe Tristenautal eingeschnitten, das unmittelbar zu den Nordwänden des Stanserjochs hineinführt.

Der geologische Aufbau der Stanserjochgruppe ist aber nur scheinbar ein so einfacher.

Die genauere Untersuchung hat gezeigt, daß das schon erwähnte ostwestliche Gewölbe nur eine alte Grundform darstellt, welche in jüngerer Zeit durch mächtige Überschiebungen überdeckt und umgeformt worden ist.

Ich habe schon mehrfach erwähnt, daß bereits Adolf v. Fichler im Jahre 1863 auf der Höhe des Stanserjochs, und zwar zwischen Stanserjoch und Kaserjoch, eine Auflagerung von alter Trias mit Buntsandstein entdeckte und auch schon richtig als eine Überschiebung von viel älteren Schichten auf Wettersteinkalk beschrieb.

Die Erkenntnis dieser wichtigen Überschiebung blieb lange Zeit unbeachtet und ohne Verwertung für die Erklärung des Gebirgbaues, bis A. Rothpletz bei seiner bekannnten geologischen Aufnahme des Karwendelgebirges diesen merkwürdigen Befund bestätigte und durch eine von N gegen S gerichtete Überschiebung zu erklären versuchte. Nach seiner Auffassung hat also eine Aufschiebung der Alttrias von N her auf das Gewölbe des Stanserjoches stattgefunden.

Damit ist aber die eigentümliche Lagerung des Buntsandsteines auf der Höhe des Stanserjochs in einer tiefen Furche des Wettersteinkalks noch lange nicht völlig erklärt.

Zu diesem Zwecke führte dann Rothpletz die Hilshypothese eines tektonischen Einbruches der aufgeschobenen Alttrias in das Gewölbe des Stanserjochs ein.

Die Schubmasse sollte also zuerst von N her auf das Gewölbe des Stanserjochs hinaufgeschoben und dort auf dem Scheitel dann teilweise zwischen zwei Verwerfungen in den Wettersteinkalk eingesenkt worden sein.

Die Neuaufnahme des Karwendelgebirges durch den Verfasser zu Beginn dieses Jahrhunderts brachte zunächst den Nachweis der großen Karwendelüberschiebung, welche in der Richtung von S gegen N erfolgt war.

Der landschaftlich überaus großartige Stirnrand dieser mächtigen Überschiebung konnte aus der Gegend von Stift Fiecht bei Schwaz im Unterinntal ununterbrochen bis zur Porta Claudia bei Scharnitz verfolgt werden.

Später hat sich dann herausgestellt, daß diese Überschiebung gegen W zu noch eine viel weitere Erstreckung besitzt und bis in die westlichen Lechtaler Alpen hineinreicht.

Für diese gewaltige Schubmasse ist dann der Name „Inntaldecke“ eingeführt worden.

Im Karwendelgebirge ist nun dem geschlossenen Stirnrand dieser Schubmasse, welchem die herrlichen Wände im Hintergrund von Stallen-, Eng-, Lalider- und Johannestal zugehören, eine Kette von Einzelschubschollen aus Altrias vorgelagert.

Dieser Kette gehören die Schubmassen des Stanserjochs samt Bärenkopf und Tristkogel, jene von Sonnenjoch-, Schaufel- und Bettlerkar Spitze, jene des Gamsjoch- und Falkenkammes an. In der Gegend des Hohljochs hängt nun die Inntaldecke unmittelbar mit der südlichen Deckscholle des Gamsjochkammes zusammen.

Aus diesem Befunde habe ich dann den Schluß gezogen, daß dieses Verhältnis von ursprünglicher Zusammengehörigkeit auch für das Gebiet des Stanserjoches Geltung besitzt und also, mit anderen Worten, die Schubmasse des Stanserjoches nur ein vorderer Teil der großen Inntaldecke ist, welcher heute durch einen Einschnitt der Erosion von seiner Hauptmasse abgetrennt wird.

Auch die Erkenntnis dieser Zusammengehörigkeit gibt noch kein volles Bild der hier vorhandenen Komplikationen.

Ein weiterer Schritt zur Auflösung dieser Mechanik war die Einführung des Begriffs „Reliefüberschiebung“. Darunter ist eine Schubmasse zu verstehen, welche nicht über ein ebenes Schichtenland, sondern über ein in die Schichten des Untergrundes eingeschnittenes Relief hin erfolgt.

Die Verhältnisse des Stanserjochs wurden in diesem Jahrbuch 1924 als ein besonders deutliches Beispiel einer Reliefüberschiebung beschrieben. Wir hätten uns also vorzustellen, daß die Inntaldecke nicht über horizontal liegende, sondern über bereits gefaltete und ziemlich tief erodierte Schichten hin erfolgte.

Die Inntaldecke hätte also ein Gebirgsland mit gut entwickelten Berg- und Talformen überwältigt und unter sich begraben.

Der merkwürdige Zug von Stanserjoch—Sonnenjoch—Gamsjoch—Falken würde also einen Teil dieses alten Berglandes samt den darauflagernden Resten der Inntaldecke vorstellen. Insbesondere haben sich natürlich die Reste der großen Schubmassen in den Furchen und Talformen dieses alten Berglandes erhalten.

Eine solche alte Talfurche, die mit Schubmassen ausgefüllt wurde, liegt nun auch auf der Höhe des Stanserjoches vor.

Sie ist am schönsten zwischen Hahnkampl und Kaserjoch erhalten.

Von dort zieht sie zwischen Gamskar Spitze und Stanserjoch gegen O zu weiter, wobei sie sich aber gleichzeitig steil hinabsenkt.

Deshalb ist es auch möglich, daß der Stollen des Achenseewerkes trotz seiner tiefen Lage noch diese mit Schubmassen erfüllte alte Furche durchstoßen konnte.

In letzter Zeit ist bei dem Studium der Berchtesgadener und Kaisergebirgsdecke ein weiterer Fortschritt der Erkenntnis insofern erzielt worden, als sich dort eine erst im Tertiär eingeschobene, noch ganz geschlossene Kernschubmasse von einer viel älteren Schubmasse trennen läßt, die aber zur Zeit des Einschubs der Kernmasse bereits in einzelne Schollen aufgelöst war.

Die Übertragung dieses Gedankens auf die tektonischen Verhältnisse des Karwendelgebirges liegt so nahe, daß man nicht daran vorbeigehen kann, ohne eine Anwendung zu versuchen.

Es würde sich also um die Vorstellung handeln, daß wir es nicht mit einer, sondern mit zwei zeitlich weit getrennten Reliefüberschiebungen zu tun haben.

Die Inntaldecke würde in unserem Falle die jüngere noch geschlossene Kernmasse und die Deckschollen von Stanserjoch—Sonnenjoch—Gamsjoch—Falken die Reste einer viel älteren Schubmasse vorstellen.

Im engeren Gebiet des Stanserjochs läßt sich zu dieser Fragestellung keine entscheidende Antwort gewinnen.

Wenn wir aber etwas weiter gegen O zu vorgehen, so treffen wir als unmittelbare Fortsetzung des Bärenkopfs jenseits der Achenseeschwelle die Schubmasse des Vordererspitzes (Kirchenspitze), 1951 m, welche in der Hauptsache ebenfalls aus Wettersteinkalk besteht, aber auch noch Muschelkalk, sowie Rauhacken, Gips und Haselgebirge an der Basis führt.

Diese Masse ist sehr deutlich über Gosauschichten gegen N zu auf das Sonnwendgebirge aufgeschoben. Das beweist also wenigstens für das Ostende der Deckschollen noch einen Vorschub nach Ablagerung der Gosauschichten.

Leider sind im Karwendelgebirge selbst weder Gosauschichten noch auch Tertiärschichten bisher nachgewiesen worden.

Damit ist also eine nähere zeitliche Begrenzung und Trennung von Schubbewegungen auf stratigraphischem Wege zur Unmöglichkeit gemacht. Für eine Zweiteilung der Schubmassen sprechen aber doch einige Beobachtungen, welche im folgenden besprochen werden sollen.

Die Inntaldecke ist mit ihrem geschlossenen Stirrand auf größere Erstreckungen unmittelbar auf stark ausgewalzte Aptychenkalke aufgeschoben.

Solche Stellen sind z. B. am Vomperjoch und im Hintergrund von Eng-, Lalider- und Johannestal zu finden.

Es ist dies ein bezeichnender Unterschied gegen die Lage der Hallstätter Schollen am Rande der Berchtesgadener Decke, welche allenthalben noch auf ziemlich mächtigen Neokomschichten ruhen.

Die Neokommargel treten hier im Karwendel nirgends mehr bis an die Schubmassen heran. Sie treten erst im Vorgebirge des Karwendels auf und kommen in der Gütenbergmulde nahe an die Schubmassen heran, ohne sie jedoch zu erreichen.

Wir dürfen also wohl annehmen, daß im Bereiche des Karwendels die Neokommargel bereits wieder abgetragen waren, bevor die Aufschiebung der Inntaldecke erfolgte.

Die Inntaldecke selbst baut sich über diesen scharf ausgewalzten Oberjuraschichten als geschlossene Kalkwand auf, in der sich drei ungleiche Schichtstufen unterscheiden lassen.

Zu unterst stellt sich ein schmales Band von Reichenhaller Kalken, darüber Muschelkalk und über wenig entwickelten Partnachschichten unmittelbar angeschlossen der mächtige Wettersteinkalk ein.

Es fehlen aber an der Basis jedenfalls die mächtigen Rauhacken, Haselgebirge und Buntsandstein, welche gerade für die nördlich vorgelagerten Deckschollen so charakteristisch sind.

Nun sind diese Rauhacken sicherlich zu einem großen Teil ein tektonisches Gebilde, wie man aus ihrer Struktur und ihrem Aufbau aus verschiedenartigen Kalktrümmern, Mergeln, Dolomit und lichtgrünen Sandsteinen der oberen Werfener Schichten erkennt.

Das Ausgangsmaterial für diese Riesenbreccie ist aber hier wie in den ganzen Nordalpen ein sedimentäres Gebilde, das eben durch seine Zusammensetzung, die Nähe von Salzlagerstätten und Haselgebirge und seine basale Lage für ausgiebige tektonische Umformungen von vornherein besonders empfänglich und geeignet war.

Im allgemeinen kann man sagen, daß bei dem Vormarsch einer Schubmasse die basalen Bestandteile derselben zuerst zurückbleiben und daher gerade am Stirnrande fehlen.

Wenn wir im Karwendel die Inntaldecke unmittelbar mit den ihr vorgelagerten Deckschollen verbinden, so haben wir als mechanisches Ergebnis, daß gerade die ältesten Schichtenanteile ganz vorne am Stirnrande angehäuft erscheinen.

Das enthält ziemlich viel Unwahrscheinlichkeit und spricht eher zugunsten der Auffassung von zwei getrennten Schubmassen.

Die ältere Schubmasse, welche heute nur mehr in getrennten Deckschollen vorliegt, müßte nach dieser Deutung bereits zur Zeit des Vormarsches der Inntaldecke weithin zerstört gewesen sein.

Wir finden nämlich nirgends zwischen Inntaldecke und ihrem Untergrund aus Juraschichten eine fremde Schubscholle eingeschaltet.

Andererseits springt der Stirnrand der Inntaldecke, wie schon erwähnt wurde, am Hohljoch über 3 km weit nach N vor und stößt dabei unmittelbar an die südliche Deckscholle des Gamsjochkammes.

Die Deckschubmassen selbst haben nicht den einheitlichen Aufbau, wie ihn die Inntaldecke längs ihrer ganzen Nordfront zeigt.

Sie bestehen hin und hin aus mehreren Schuppen, wobei nicht selten ältere Gesteine auf jüngeren lagern.

Dies prägt sich schon am Stanserjoch ganz deutlich aus, wo der Buntsandstein nicht unmittelbar auf Wettersteinkalk liegt, sondern noch Rauhacken und dunkle Kalke dazwischengeschaltet sind.

Ebenso finden wir den größeren Rest von Buntsandstein am Mahnkopf auf Untertrias ausgebreitet.

An beiden Stellen hat man den Eindruck, daß der Buntsandstein schon einer höheren Teilschuppe angehört.

Es liegen aber auch Schollen von jüngeren Schichten ganz unmittelbar auf viel ältere aufgeschoben.

So finden wir z. B. bei der Bärenbadalpe und auf der Westseite des Bärenkopfs ziemlich große Massen von schwarzen Tonschiefern und grünlichgrauen Sandsteinen der Raibler Schichten (typische Lunzer Sandsteine) unmittelbar auf den Rauhwacken und Kalken der Untertrias.

Am Grammaisattel steckt ein Keil von Aptychenkalken in den Rauhwacken.

Auch diese Lagerungen sind nur als Wirkungen der Überschiebungen zu verstehen.

Wenn wir diese Beobachtungen zusammenfassen, so können wir sagen, daß der Aufbau der Inntaldecke ein großzünftig einfacher und einheitlicher ist, während jener der vorgelegerten Deckschollen eine komplizierte Zerlegung in kleinere Teilschubmassen zur Schau trägt.

Eine sichere Entscheidung, ob die Inntaldecke eine wesentlich jüngere Schubmasse als die ihr hier vorgelagerten Deckenreste vorstellt oder ob diese letzteren doch nur einen komplizierten Stirnrand der Reliefüberschiebung bedeuten, ist nach den bisher vorliegenden Beobachtungen nicht zu treffen.

Nach dieser allgemeinen Schilderung der tektonischen Verhältnisse des Karwendelgebirges ist es zum Verständnis der Stollenaufschlüsse nötig, die Einzelheiten und Besonderheiten des Aufbaues der Stanserjochgruppe noch kurz zu beleuchten. Dies geschieht am raschesten mit Hilfe der folgenden Profile, welche westlich von unserem Stollenprofil durchgelegt sind.

Das Profil Fig. 2a schneidet vom Stanserjoch durch den Westkamm des Bärenkopfs, aber ca. 2 km westlich vom Stollenprofil.

Der Schwarzeggkamm zwischen Stanserjoch und Bärenkopf ist hier bereits ausgeschaltet.

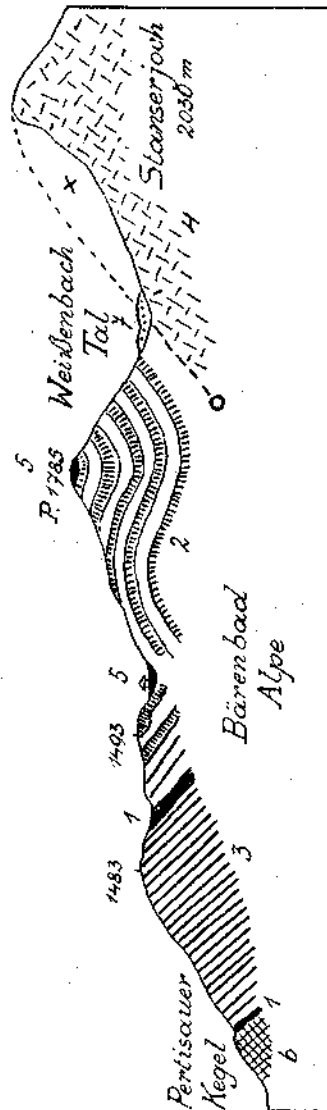


Fig. 2a.

1 = lichtgrüne Sandsteine, Tone, Rauhwacken (Haselgebirge), 2 = Rauhwacken und dunkle Kalk, 3 = feste, wohlgeschichtete Gutenstener Kalk, 4 = Weitersteinkalk und Dolomit, 5 = Lunzer Sandsteine (Raibler Schichten), 6 = Hauptdolomit, 7 = Moräne, o = Stanserjoch-Überschiebung, x = vom Lokalgesteiger in die Schubfläche eingegrabener Hohlraum.

Die Schubfläche an der Nordseite des Stanserjochs sehen wir da auf mehrere 100 m Höhe bloßgelegt, freilich noch lange nicht so großartig wie im Hintergrund des Tristenautales.

An der Nordseite des Stanserjochs, 2102 m, liegt das Weißenbachkar, dessen Nische noch unter die Schubfläche in den Leib des Wettersteinkalks hineingefressen ist.

Die komplizierte Struktur des Bärenkopfs selbst gibt die Ansicht Fig. 2 b schematisch wieder.

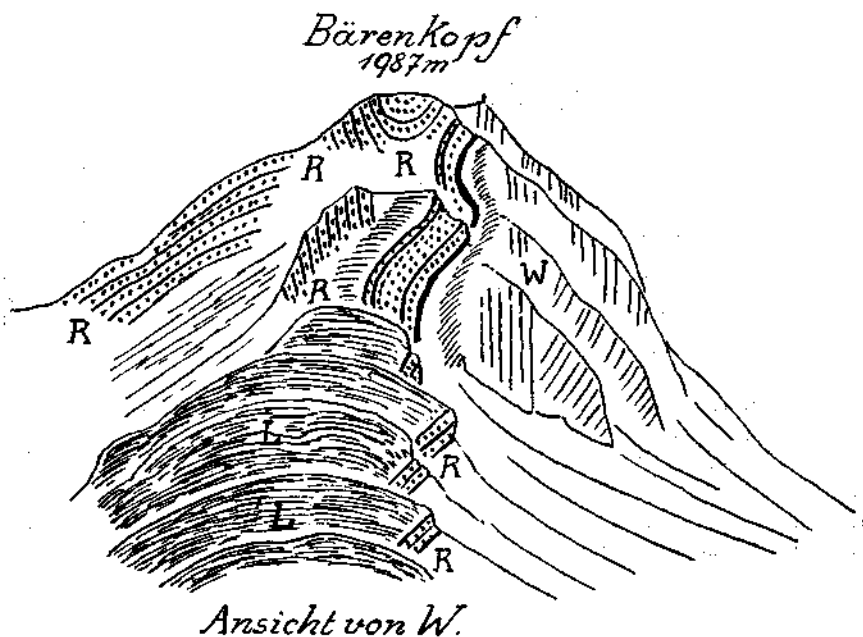


Fig. 2b.

L = Lunzer Sandsteine (Raibler Schichten), *W* = Wettersteinkalk, *R* = Rauhacken und dunkle Kalke der Untertrias.

Wahrscheinlich handelt es sich um eine ganz zusammengeklappte Mulde, wie wir eine solche etwas weiter westlich am Tristkopf, 1817 m, ausgebildet sehen. Auch die Rauhacken und dunklen Kalke der Untertrias sind stark verfaltet und in Teilschubmassen gegliedert. Dazwischen tauchen Reste von Haselgebirge und oberen Werfener Schichten auf.

Merkwürdig ist bei der Bärenbadalpe und am Westkamm des Bärenkopfs das Auftreten von größeren Massen von schwarzen Ton-schiefern und Quarzsandsteinen der Raibler Schichten.

In normaler Lagerung finden sich diese Schichten nur im westlichen Teil des Stanserjochgewölbes. Sie sind dort regelrecht zwischen Wettersteinkalk im Liegenden und Hauptdolomit im Hangenden eingeschaltet.

Hier liegen sie jedoch als Haufwerk unmittelbar auf den Rauhacken und Kalken der Untertrias.

Da diese Haufwerke von Raibler Schichten nirgends unmittelbar an der Schubbahn auftreten, so kann man sie schwerlich als vom Stanserjochgewölbe abgeschürfte Schichtmassen verstehen.

Wahrscheinlicher ist es, daß dieselben ins Hangende des Wettersteinkalks des Bärenkopfs gehören. Die folgende Zeichnung Fig. 3 gibt eine Ansicht des Hintergrundes des Tristenautales wieder, die von der Kanzel des Bläsermadleggs, 1785 *m*, aus skizziert wurde.

Diese Ansicht bringt einerseits den gewaltigen Aufschluß der Schubfläche an der Nordseite des Stanserjochs und außerdem einen Einblick in jene merkwürdige alte Erosionsfurche, welche in den Scheitel des Stanserjochgewölbes eingegraben ist. Man erkennt deutlich, wie diese alte Furche auf den Vorgang der Überschiebung störend eingewirkt hat. Sie mußte zuerst mit Schubmasse ausgefüllt werden, bevor der Graben von der Hauptmasse der Überschiebung überschritten werden konnte.

Die Hauptmasse der Überschiebung wird hier, soweit sie eben heute noch vorhanden ist, durch Bärenkopf-, Tristkogel-, sowie jenseits des Falzthurntales durch die Masse von Schaufelspitze—Bettlerkarspitze—Falzthurnjoch verkörpert. Diese großen Massen zeigen einen einfachen Bau, wogegen die unter ihnen liegenden Rauhwackenzone starke Zertümmerung, Verfaltung und Verschuppung zeigen.

Obwohl diese Rauhwacken stratigraphisch unter den großen Kalkmassen der Untertrias liegen, enthalten sie doch massenhaft helle und dunkle Kalkbrocken aus dem Hangenden neben den lichtgrünen Sandsteinen aus ihrem Liegenden. Nahe der Schubfläche sind nicht selten vererzte Zonen zu finden, die Brauneisenstein und seltener auch Bleiglanz führen.

Vergleicht man nun das Stollenprofil mit diesen Profilen, so erkennt man, daß auch im Stollen alle wesentlichen Bauelemente des Stanserjochgebietes getroffen worden sind.

Der geologische Wert des Stollenprofils des Achenseewerks liegt vor allem darin, daß der Stollen sowohl das Gewölbe des Stanserjochs als auch die nördlich davon lagernde Schubmasse von Schwarzegg und Bärenkopf durchörtert hat.

Auf diese Weise sind wir in den Besitz einer Aufschließung gekommen, die durch kein naturgegebenes Profil in gleicher Vollständigkeit aufgezeigt wird. Die im Hauptstollen angetroffenen Verhältnisse sind auf den Profilen Taf. IX und X dargestellt.

Fig. 4 ist ein für das Verständnis der Tektonik bis in größere Tiefe ergänztes Profil, Taf. IX gibt nur die Lage der Hauptgesteinskörper wieder und Taf. X bringt eine Detailaufnahme des tektonisch interessantesten Stollenstückes durch den Schwarzeggkamm zwischen Fenster I und II.

Von einer Wiedergabe der einförmig in Wettersteinkalk liegenden Stollenstücke von Weihnachtsegg und Bärenkopf mußte abgesehen werden, obwohl auch diese Strecken mit ihren zahlreichen Störungen durch Bergingenieur E. Hammerle in gleicher Sorgfalt aufgenommen worden sind. Der Wettersteinkalk des Stanserjochs, in welchem das Wasserschloß, der 600 *m* lange Druckschacht und das 1750 *m* lange Stollenstück bis zum Fenster II ausgesprengt wurde, hat sich in der

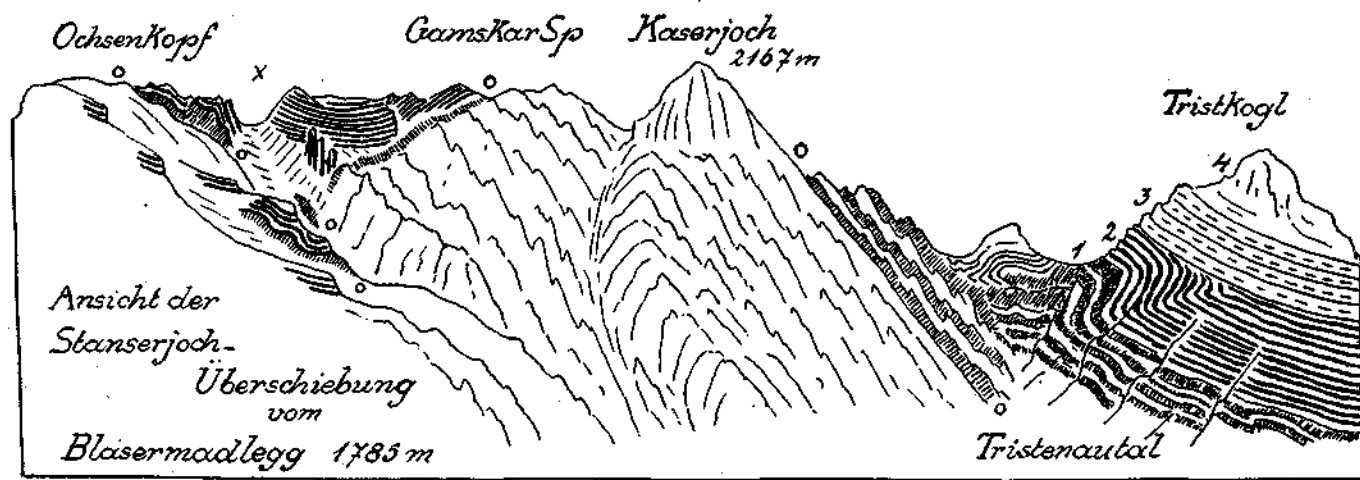


Fig. 3.

1 = Rauhwacken, 2 = Reichenhaller-Gutensteiner Kalke, 3 = Muschelkalk, 4 = Wettersteinkalk und Dolomit, x = Stelle, wo in den Scheitel des Stanserjochgewölbes eine alte Talfurche eingeschnitten ist, welche später mit Schubmasse ausgefüllt wurde, o = Stanserjoch-Überschiebung.

Hauptsache als ein typischer lichtgrauer, fester Kalk erwiesen, in dem der Stollenvortrieb regelmäßig und rasch vor sich ging. Auch beim Ausbruch von größeren Hohlräumen hat sich der Kalk als unbedingt standfest erwiesen.

Ein Zutritt von Wasser hat nirgends in nennenswerter Menge stattgefunden.

Zahlreiche kleinere Aushöhlungen (ähnlich wie Mauslöcher) und offene Spalten beweisen, daß hier einst eine lebhafte Wasserbewegung im Gange war, die aber längst schon in ein viel tieferes Niveau hinabgesunken ist.

Ein unmittelbarer Beweis für diese Behauptung ergab sich beim Vortrieb eines kurzen Stollens, der am Fuße des Druckschachtes seitlich vom Hauptstollen zu Druckversuchen angelegt wurde.

Hier trat nahe an der Sohle dieses Stollens eine ziemlich starke Quelle auf, wie sie dem ganzen höheren Wettersteinkalk des Weihnachtseggs fehlt. Diese Quelle hat bisher in ihrer Ergiebigkeit von zirka 10 l/sek nur geringe Schwankungen aufgewiesen. Ihre bakteriologische Untersuchung hat völlige Keimfreiheit festgestellt. Sie wird auch zur Trinkwasserversorgung für die Werkhäuser benützt.

Man erkennt auch aus dem Auftreten von starken Quellbächen in der Schuttsohle des Inntales zwischen Jenbach und Stans, daß heute die Entwässerung des Stanserjochgewölbes bereits in einem sehr tief gelegenen Niveau vor sich geht. Es ist dies bei der reichlichen Zerklüftung und doch leichten Auflösbarkeit des Wettersteinkalks nicht weiter verwunderlich.

Übertag ist das ausgedehnte Kalkgewölbe recht arm an Quellen und beständigen Bächen. Obwohl an der gewölbeförmigen Verbiegung der Wettersteinkalkschichten nicht zu zweifeln ist, war dieselbe mangels einer durchgreifenden Schichtung im Bereiche des Weihnachtseggs nicht zu erkennen. Einen interessanten Einblick in die sedimentäre Struktur des Wettersteinkalks eröffnete der 363 m hohe und 513 m lange schräge Druckschacht, besonders nach seinem Vollaussbruch und der Waschung der Wandflächen.

Hier war dann deutlich zu sehen, daß der Wettersteinkalk bei der Betrachtung von großen, frischen Anbruchflächen eine Unregelmäßigkeit der Zusammensetzung aufweist, die man nach den obertägigen Aufschlüssen nicht vermuten würde.

Mehrfach waren kleinere und größere, eckig umgrenzte Stücke von dunklerem Kalk schwimmend in hellerem zu sehen, ebenso auch scharf umzeichnete, mehr mergelige oder dolomitische Partien in reiner kalkigen.

Um tektonische Erscheinungen kann es sich dabei hier nicht handeln.

Es kommen also wohl nur Störungen und Umlagerungen bei der Sedimentation des Kalkes selbst in Betracht. Es ist dies wieder ein Hinweis, daß die Ablagerung dieser riesigen Kalkmassen offenbar in seichtem Wasser vor sich gegangen ist und auf unregelmäßig bewegtem, in der Hauptsache wohl sinkendem Meeresboden.

Auffallend war, daß trotz des großen Ausbruchsmaterials im Wettersteinkalk des Stanserjochgewölbes keine Spur einer Erzführung angetroffen wurde.

Im Bereiche unseres Stollens wird das große Gewölbe nicht von seiner regelmäßigen Hülle der Raibler Schichten überlagert.

Die Begrenzung bildet im Gegenteil eine scharf ausgeprägte Überschiebungszone, welche bereits auf dem Detailprofil, Taf. X, ganz links noch zur Abbildung gelangt.

Es handelt sich im Bereich des Stollenquerschnitts um zwei glatte, scharf gezogene Schubflächen, die sich unter spitzem Winkel vereinigen.

Diese wichtige Schubgrenze wurde im Stollen fast auf den Meter genau an der schon in der Prognose angegebenen Stelle aufgefahren.

Längs dieser steil nordwärts fallenden Schubfläche stößt nun zunächst eine Scholle von dunklem und undeutlich geschichtetem Gutensteiner Kalk und dann erst die große Masse der Rauhacken der Reichenhaller Schichten (Myophorienschichten) an das Stanserjochgewölbe.

Die Lagerung der Rauhacken ist eine ungemein verworrene, die auch noch im Rahmen des Detailprofils nicht in allen kleineren Einzelheiten darstellbar war.

Es treten kalkreiche und meist sehr stark zertrümmerte Massen in engster Vermischung mit lehmig-tonigen, mergeligen Rauhacken auf.

In den kalkreicheren Abteilungen sind ziemlich viele Hohlräume angefahren worden, obwohl die derzeitige Wasserführung in der ganzen Strecke zwischen Fenster I und II eine unbeträchtliche ist.

Zahlreiche und vielfach auch verbogene Schubflächen durchziehen die Gesteinsmassen und lösen dieselben in kleinere Bewegungskörper auf.

Man hat den Eindruck, daß viele dieser Schubflächen noch eine spätere Verstellung und Verbiegung erlitten haben.

Die Rauhackenstrecke hat im Stollen eine Länge von ca. 410 m inne.

Trotz gelegentlicher Nachbrüche hat auch diese Strecke dem Vortrieb keine größeren Schwierigkeiten bereitet.

Mit einer steil nordfallenden Schubfläche stößt dann die Rauhackenzone unmittelbar an den geschlossenen Verband der wohlgeschichteten Gutensteiner Kalke.

Innerhalb dieser meist steil stehenden und fast rein kalkigen Schichtgruppe spielt die Schichtung und Hand in Hand damit auch die Faltung eine besonders auffallende Rolle.

Wer nur die vor dem Stollenbau vorhandenen oberflächlichen Aufschlüsse gekannt hat, ist jedenfalls von dem hier erschlossenen hohen Ausmaß von innerer Verfaltung trotz steiler Schichtstellung ganz überrascht.

Was im Bereiche der Rauhackenzone nur als eine Vermischung und Verschuppung von kalkigen und mergeligen Schichtkomponenten auftrat, findet hier in der wohlgeschichteten und gleichmäßigen Kalkmasse einen schöneren Ausdruck in lebhaften Faltenbildungen.

Die Faltenbildung ist besonders im südlichen Teil, der unmittelbar an die Rauhacken grenzt, sehr bewegungsvoll ausgebildet.

Sie nimmt dann gegen N zu immer mehr ab und beruhigt sich zu regelmäßigem Steilstehen, das dann auch noch in dem anschließenden Wettersteinkalk des Bärenkopfs anhält.

Zahlreiche, teilweise auch verbogene Schubflächen zerschneiden auch diese dunkelfarbige Kalkmasse.

Innerhalb der Gutensteiner Kalke machen sich daneben auch reichlich Zerrungsklüfte bemerkbar, welche in der Rauhwackenzone ganz zurüctreten. Es ist interessant zu beobachten, wie diese Zerrungsklüfte sofort eine ganz regelmäßige Anordnung gewinnen, wenn die Schichtstellung selbst regelmäßig wird.

Das Stollenstück zwischen *m* 2120—2080 bietet dafür ein prächtiges Beispiel.

Die senkrechte Schichtenstellung erweist sich auch hier wieder als die gegen Störungen widerständigste. Nicht einmal die Einschaltungen von schiefrigen oder lettigen Lagen vermag daran wesentlich zu ändern, obwohl dadurch die Gleitfähigkeit in vertikaler Richtung sprunghaft gesteigert wird. Die dunklen Kalke enthalten einige Lagen von Krinoidenkalken.

Sonst wurde nur noch in den dunklen Kalken des Bärenkopfs bei *m* 1495 ein Bruchstück einer *Chemnitzia* angetroffen.

Man ist nach den Stollenaufschlüssen zu der Annahme berechtigt, daß die tonigen und kalkreichen Rauhwacken der Myophorienschichten das älteste Schichtglied vorstellen und darüber eine lückenlose Reihe zum Wettersteinkalk des Bärenkopfs hinüberleitet.

Das Detailprofil Taf. X endet bei Fenster *I* noch in den dunkeln Kalken, welche hier wohl schon zum Muschelkalk gehören.

Fenster *I* mündet noch südlich des Weißenbachtals in den Hauptstollen ein.

Die dunklen Kalken des Muschelkalkes reichen noch ca. 400 *m* über Fenster *I* gegen N und zeigen dabei durchaus sehr steile Stellungen.

Ohne eine besondere Störung gehen dieselben in den Wettersteinkalk des Bärenkopfs über, der sich aber in seiner Ausbildung nicht unwesentlich vom Wettersteinkalk des Stanserjochs unterscheidet.

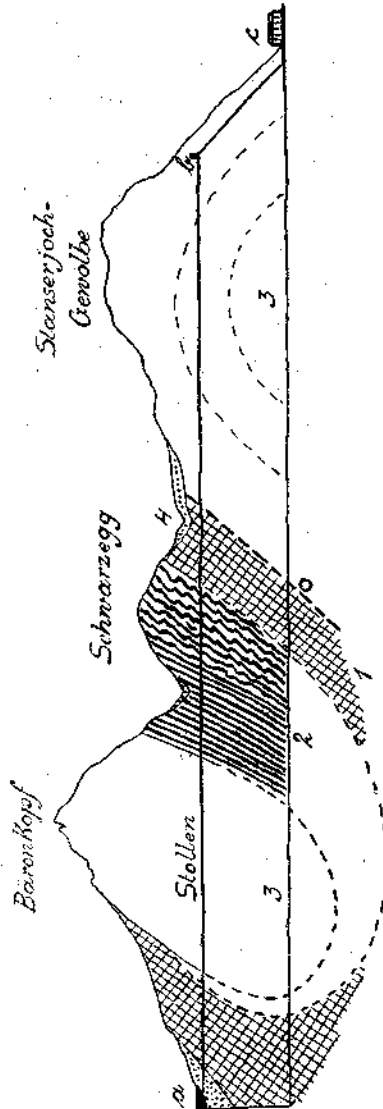


Fig. 4.

1 = lehmige und kalkige Rauhwacken, 2 = Gutensteiner- und Muschelkalk, 3 = Wettersteinkalk, 4 = Schuttablagerungen, a = Stanserjoch-Überschiebung, b = Achensee, c = Kraflhaus.

Zunächst enthält der Wettersteinkalk hier, besonders im südlichen Abschnitt, eine Anzahl von sehr dunklen Lagen und dann tritt reichlich Dolomit hinzu, und zwar kommen sowohl lichte als auch dunklere Dolomite vor.

Die Ausbildung des Wettersteinkalkes ist also nicht so einformig und gleichmäßig wie im Bereiche des Stanserjochgewölbes.

Auch die Schichtung ist viel deutlicher ausgesprochen, was teilweise auch mit dem Wechsel dunkler und heller Lagen zusammenhängt.

Die steile Schichtung, welche für den Bärenkopf charakteristisch ist, hat natürlich auch die Wasserführung entscheidend beeinflusst.

Wie vorhergesagt wurde, hat sich das Stollenstück durch den Bärenkopf als reich an Wassereintrüben erwiesen, welche dem Durchbruch des Stollens um so größere Schwierigkeiten bereiteten, als auch das Stollenstück von Fenster *O* (vom See her) schwere Wasserführung brachte.

Der Stollendurchschlag erfolgte hier bei *m* 584 gerade in einer Zone besonders starken Wasserzudranges und war auch nur unter Anwendung besonderer technischer Vorkehrungen zu bewältigen.

Nach dem Durchschlag konnte die ganze Wasserführung des Bärenkopfstollens im Betrage von ca. 300 *l/sek.* durch den Fensterstollen *I* zum Weißenbach abgeführt werden.

Über die Herkunft dieser reichen Wasserführung, welche auch im Winter nicht wesentlich zurückgegangen ist, waren anfangs die Meinungen verschieden. Heute ist wohl soviel sicher, daß dieses Wasser nicht allein aus den Klüften des Bärenkopfs abstammt, sondern auch erhebliche Beiträge aus jenem Grundwasserspiegel erhält, der zwischen dem Bärenkopf und dem Achensee durchzieht.

Der Wettersteinkalk des Bärenkopfs ist an seiner Nordseite von einer Störung begrenzt, an der wieder die tonigen und kalkigen Rauhacken auftreten, die auch große Schollen von Gutensteiner Kalk enthalten. Das Profil des Fensterstollens *O*, Fig. 5, gibt ein Bild der in diesem Stollenabschnitt auftretenden geologischen Verhältnisse.

Die Wasserführung war hier innerhalb der tonigen Rauhacken geringfügig, dagegen in den kalkigen Zonen sehr stark.

Da die eingestellten Pumpen den Wasserzudrang nur schwer zu bewältigen vermochten, wurde der Vortrieb von dieser Seite eingestellt und der Durchbruch des Bärenkopfstollens von *S* her erzwungen.

Der vom Fensterstollen *O* zum Hauptstollen absteigende Schrägschacht aber füllte sich rasch mit Wasser, dessen Spiegel sich erheblich höher als das benachbarte Seeniveau hielt (bis über 943 *m*).

Das letzte Stollenstück im Grundgebirge, das die Verbindung mit der bereits im Schutt liegenden Caisson- und Schildstrecke herstellt, wurde mit Druckluftbetrieb durchgebrochen.

Über die Aufschließungen in dieser Strecke unterrichtet das untere Profil von Taf. X.

Von Interesse ist hier die Grenze zwischen Grundgebirge und der Schutthülle des Achensees. Fig. 5 gibt die beim Schildvortrieb gefundenen Verhältnisse nach einer Skizze von Ing. Hamberger wieder.

Die kalkige Rauhacke bildet gegen den See zu einen Steilabfall (ca. 36°), zwischen ihr und den stark lehmigen Innschottern zieht sich ein ca. 20 cm starkes Band von feinen, reinen Innsanden durch, in dem größere Schottersteine liegen.

Es dürfte sich hier um eine Auswaschung handeln, die durch die Grundwasserbewegung entlang der Felsgrenze vollzogen worden ist. Damit ist in Umrissen ein Bild der geologischen Aufschlüsse gegeben, die der Hauptstollen ans Licht gebracht hat.

Die Aufschlüsse in den Fensterstollen sind von verschiedenem geologischen Interesse.

Der mittlere Fensterstollen I, welcher neben der epigenetischen Klamm des unteren Weißenbachtals angeschlagen wurde, ist in seiner

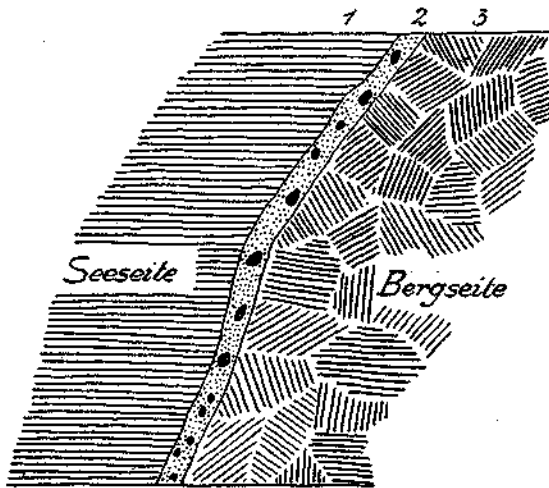


Fig. 5. Aufnahme von Ing. E. Hamberger.

1 = stark lehmige Innschotter, 2 = reine, feine Innsande mit größeren Geröllen, Schichtenstärke = zirka 20 cm, 3 = kalkige Rauhacke. Mittlere Felsstationierung = m — 22·85.

ganzen Erstreckung von 509 m im Streichen derselben dunklen, wohlgeschichteten Untertriaskalke verblieben, in welche auch die Klamm selbst eingeschnitten ist. Dagegen haben sowohl der Fensterstollen O beim Einlaufwerk wie auch der Fensterstollen II im Tiefental ganz interessante geologische Verhältnisse erschlossen.

Der Fensterstollen O, welcher in der Höhe von 941·86 m, also ca. 12 m über dem Seespiegel angeschlagen wurde, führt zunächst 132 m mit 1 % Steigung in den Berg hinein und geht dann in einen schrägen Schacht über, welcher in den Hauptstollen hinableitet.

Fig. 6 gibt die hier angetroffenen geologischen Verhältnisse wieder.

Der Fensterstollen O durchstieß zunächst eine Schichte von Gehängeschutt, die im Stollen eine Mächtigkeit von ca. 13 m erreichte, was etwa einer wahren Mächtigkeit von ca. 7 m entspricht.

Unter dieser Decke von Hangschutt lag dann gut bearbeitete Grundmoräne des Inntalgletschers, die sich hier als ziemlich standfest erwiesen hat. Sie besteht fast ausschließlich aus kalkalpinem Material. Die unter ihr lagernden Schotter und Sande der Innaufschüttung wurden

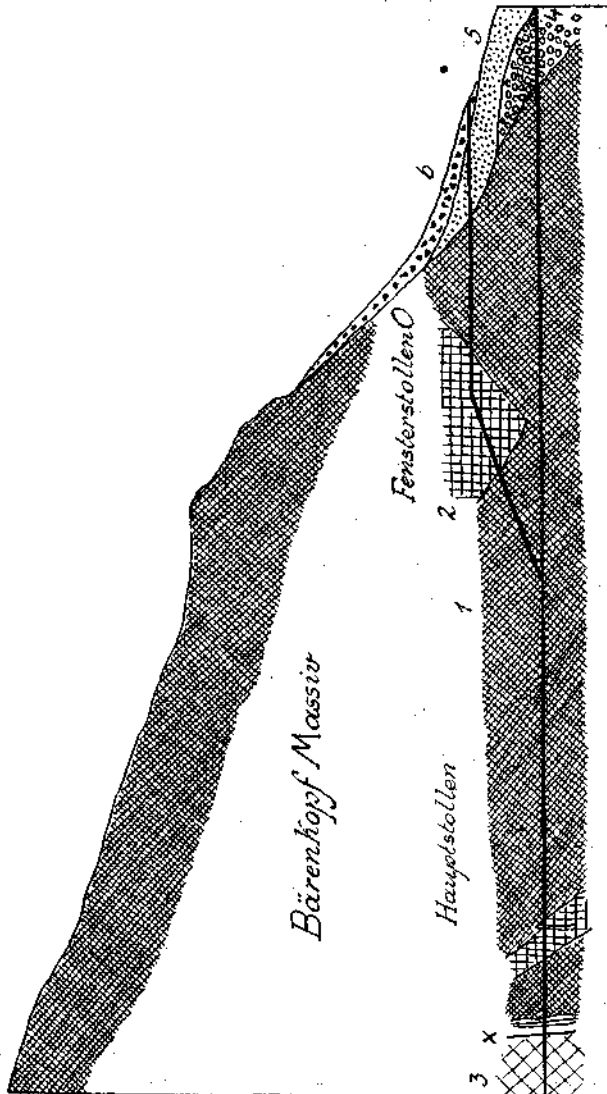


Fig. 6.

1 = lehmige und kalkige Rauhwacken, 2 = dunkle, weißliche, weißartige Kalko (Gütenseiner Kalko), 3 = Wettersteinkalk, 4 = Innsande und -schotter, 5 = Grundmoräne, 6 = Hangschutt, x = Störungsfläche mit Zertrümmerungszone und reicher Wasserführung.

im Stollenniveau nicht mehr geschnitten. So stößt hier die Grundmoräne unmittelbar an die kalkigen Rauhwacken.

Die Grenzfläche zwischen Grundmoräne und Rauhwacke ist im Stollenquerschnitt sehr steil geneigt.

Gletscherschliff wurde hier nicht beobachtet.

Der Stollen verbleibt nun auf ca. 53 m Länge in derselben rauhen, kalkigen Rauhwaacke und dringt dahinter dann in eine Scholle von Gutensteiner Kalk ein. Innerhalb dieser Kalkscholle beginnt nun der Abstieg des Schrägschachtes. Der Gutensteiner Kalk hat sich hier als ungemein reich an Kalzitadern erwiesen, so reich, daß dadurch die dunkle Grundfarbe dieses Gesteines ins Weißlichgraue aufgehellt wird.

Noch innerhalb dieser Kalkscholle traf der Schacht auf einen Grundwasserspiegel, zu dessen Absenkung der Einbau von starken Pumpen erforderlich war. Der Grundwasserspiegel wurde am 11. März 1925 bei 930·82 m, am 16. März bei 930·76 m, am 20. März bei 930·56 m, am 22. März bei 930·48 m eingemessen. Der Seestand war gleichzeitig = 928·85 m, der Grundwasserspiegel im Bohrloch III = 927·70, Bohrloch II = 927·10, Bohrloch VIII = 927·45 m. Wir erkennen sofort, daß der Grundwasserspiegel hier im Innern des Bärenkopfmassivs nicht unwesentlich höher als der Spiegel des nahen Achensees liegt.

Die untere Grenze der Kalkscholle fällt nahe mit dem Grundwasserspiegel zusammen.

Unterhalb der Scholle von Gutensteiner Kalk durchsank der Schacht dann bis zum Hauptstollen nur mehr stark lehmige, gelblichgraue Rauhwaacken. Stellenweise waren in der Rauhwaacke Lagen und Nester von gelbem und grünem Lehm zu sehen. Diese Strecke zeigte wieder eine viel geringere Wasserführung.

Der Anschluß des Schrägschachtes an den Hauptstollen liegt ganz innerhalb der lehmigen Rauhwaacken. Da der Hauptstollen unterhalb unserer Scholle von Gutensteiner Kalk ganz in den lehmigen Rauhwaacken verblieben ist, erkennen wir, daß diese Scholle wurzellos in den Rauhwaacken schwimmt. Als man den Vortrieb vom Fensterstollen O aus wegen zu

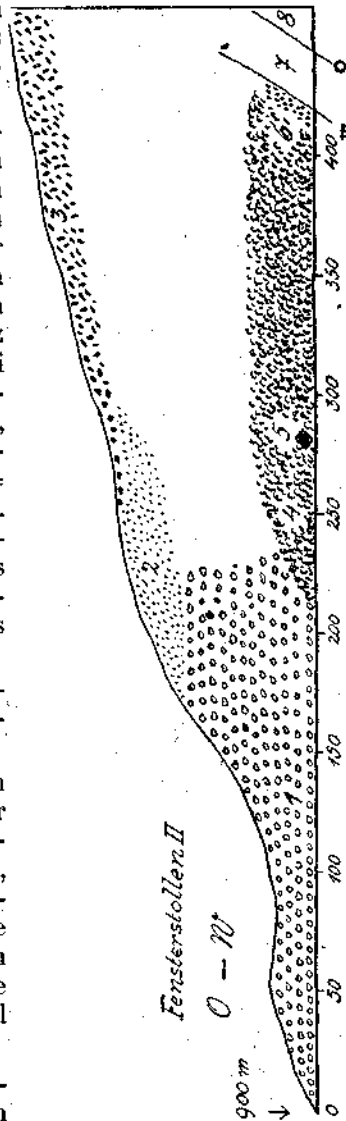


Fig. 7.

1 = Sande und Schotter der Innaufschüttung, 2 = Grundmoräne des Immtalglaciers, 3 = Bach- und Hangschutt, 4 = alter verklüfter Hangschutt und Gerölle, Gähängebreccie, 5 = großer Block von Gutensteiner Kalk, 6 = Grundmoräne (?) auf geglättetem Gutensteiner Kalk, 7 = Gutensteiner Kalk, 8 = Wettersteinkalk, 0 = Stanserloch-Uberschiebung.

großen Wasserandranges Ende März 1926 aufgegeben hatte, füllte sich der Schrägschacht wieder bis zur Höhe von 943 *m* an.

Der Fensterstollen II, Fig. 7, beginnt auf der Nordseite des Tiefenales, unterfährt dann diese Talfurche und erreicht mit 459.9 *m* Länge den Hauptstollen.

Dieser Fensterstollen liegt zum größeren Teile im Schutt und nur im innersten Teile im Grundgebirge.

Die Hauptmasse des Schuttes besteht hier im Niveau des Stollens aus Schottern und Sanden der Innaufschüttung. Vielfach wechseln Sande und Schotter miteinander ab.

Auf eine größere Strecke mußte beim Vortrieb Getriebezimmerung verwendet werden.

Typische Grundmoräne wurde hier nicht angefahren. Bei *m* 210 stellt sich unter den Sanden und Schottern eine grobblockige, lokale Schuttmasse ein, die zu einer Breccie verkittet erscheint. Nur durch den Einschluß von gerundeten Blöcken war diese Ablagerung von den Rauhwacken zu unterscheiden.

Diese Breccie stößt ihrerseits im Liegenden an Gutensteiner Kalk, welcher auf beiden Stollenseiten eine geglättete, polierte Grenzfläche wie ein Gletscherschliff zeigt (bei *m* 420).

Unmittelbar anschließend an diese Grenzfläche steht ein grundmoränenartiger Schutt an. Doch gelang es nicht, darin deutliche gekritzte Geschiebe zu entdecken.

Die Anordnung der Geschiebe und die lehmige Zwischenmasse machen aber die Auffassung als Grundmoräne wahrscheinlich.

Der Gutensteiner Kalk hatte in diesem Fensterstollen nur eine geringe Mächtigkeit, denn bei *m* 442 trat derselbe bereits in Wettersteinkalk und bei 459.9 in die Achse des Hauptstollens ein.

Der Gutensteiner Kalk bildet hier nur einen Schubkeil, welcher unmittelbar der Schubfläche des Stanserjochgewölbes auflagert. Seine Struktur ist auf Taf. X ganz links gut zu erkennen.

B. Stollen und Aufschlüsse im Schutt.

Wir haben uns nun mit jenen Aufschließungen zu beschäftigen, welche nicht ins Grundgebirge, sondern in die Schutthülle des Achensees eingedrungen sind.

Wenn wir uns vor Augen halten, daß nach der neuen Ausmessung der Umfang des Achensees 20.85 *km* beträgt und davon nur ca. 3.4 *km* reine Felsufer sind, alles andere aber Schutteinfassungen, so rückt die Bedeutung der Schuttaufschließungen erst in das rechte Licht.

Der Achensee erfüllt eine ursprünglich dem Inntal zufallende Talfurche.

Wir müssen von Jenbach bis nach Achenkirch, also noch nördlich über den Achensee hinausgehen, um im Talgrund auf eine Felschwelle zu treffen.

Die Felsschwelle bei Achenkirch, die aus Jurakalken besteht, stellt wahrscheinlich die alte Wasserscheide vor. Es haben daher das Unter- und Oberautal, das Pletzach-, Falzthurn- und Tristenautal ursprünglich ihre Entwässerung in das tiefeingeschnittene Inntal hinabgeleitet.

Erst in der Eiszeit haben sich hier die Verhältnisse so verschoben, daß es zu einer Umkehrung der ganzen Abflußverhältnisse gegen N zur Isar gekommen ist.

Über den Vorgang dieser Umkehrung der Bachläufe habe ich schon mehrmals berichtet, so daß ich mich hier um so kürzer fassen kann.

In der letzten Interglazialzeit, also nach der Penck-Brücknerschen Bezeichnung in dem Interglazial zwischen Riß- und Würmvergletscherung oder nach J. Bayer in der Aurignac-Schwankung wurde das Inntal zwischen Kufstein und Landeck von einer mächtigen Einbiegung betroffen, die aber nicht auf einmal, sondern nach und nach eingetreten sein muß.

Durch diese Einbiegung wurde das Inntal zeitweise sogar rückfällig, so daß es mehrfach in ihm zur Seebildung kam.

Diese Seeräume wurden aber durch den starken und schuttreichen Fluß im Vereine mit den Seitenbächen verhältnismäßig rasch verlandet.

Auf diese Weise entstand eine Ablagerung von Bändertonen, Mehlsanden, Kiesen, Schottern, deren volle Mächtigkeit erst durch die Tiefbohrung von Rum bei Hall enthüllt worden ist.

Diese Bohrung hat in der Inntalsole bei 200 m noch keinen Felsgrund, wohl aber mächtiges artesisches Wasser erschlossen.

Sie wurde, noch in den Innschottern stehend, abgebrochen.

Rechnet man nun dazu, daß in der Gegend von Innsbruck und Hall die seitlichen Talterrassen mehr als 300 m hoch aus Bändertonen, Sanden und Schottern bestehen, so erkennt man hier eine Talverschüttung, die einen Mindestbetrag von ca. 500 m erreicht haben muß.

In der Gegend von Jenbach dürfte die Felssohle des Inntales wohl schon in ca. 100 m Tiefe zu erwarten sein.

Jedenfalls war aber auch hier die Aufschüttung von seiten des Inns noch so mächtig, daß sie weit in das Achenseetal einzudringen vermochte.

Sie verwob sich hier natürlich mit den lokalen Schuttkegeln und so entstand eine gewaltige Verschüttung, welche die Felsschwelle von Achenkirchen sicher erreicht, wenn nicht sogar noch überschritten hat.

Der zum letztenmal ins Alpenvorland vordringende Inntalgletscher hat jedenfalls sein Bett in diese weiche, nur aus Schutt bestehende Talsole eingegraben.

Wenn wir bedenken, daß der Arm des Inntalgletschers, welcher sich bei Jenbach vom Hauptstrom ablöste und durch das Achenseetal gegen N zu abfloß, noch zwischen Stanserjoch und Sonnwendgebirge eine Standhöhe von ca. 2000 m erreichte und am Nordende des Sees noch immer bei ca. 1750 m brandete, so werden wir die Ausschleifung einer Seewanne von vielleicht 11 km Länge und ca. 150 m Tiefe nicht unverständlich finden.

Nach dem Rückzug des Inntalgletschers war die Hohlform mit Wasser gefüllt und damit schon ungefähr der heutige Zustand eingeleitet.

Die letzte Vergletscherung der Kalkalpen aber vermochte keine Eisströme mehr zu erzeugen, welche bis in die Seewanne herabgestiegen wären. Ihre Endmoränen sind in den Talhintergründen verblieben.

Dafür wurden aus den steilen seitlichen Felsschluchten mächtige Schuttkegel in den Seeraum gestürzt. Die größten und steilsten entstammen den wilden Schluchten der Seeberg- und Seekarspitze.

Auch die Bäche haben das Nord- und Südende des Sees sowie die schöne Bucht von Pertisau verschüttet und so den See bereits wesentlich verkleinert.

Für die hier vorgelegte Erklärung der Achenseegeschichte bietet nun das Profil, welches zuerst durch Bohrungen, dann aber weit vollständiger durch die Niederbringung der Caissons und den Schildvortrieb aufgeschlossen wurde, einen wertvollen Beweis. Das betreffende Profil ist auf Taf. X im Maße 1 : 300 in Farben wiedergegeben.

Man erkennt so auf einen Blick die Anordnung der Hauptschuttelemente, welche hier den Boden des Achensees zusammensetzen.

Die Grundlage bilden, bis unter die hier erschlossene Tiefe hinabreichend, bunte Sande und Schotter des Inns, die teilweise mit lokalen Schottereinstreuungen wechsellagern.

Der Mischungsbereich dieser Innschotter ist ein außerordentlich großer, und es dürften wohl noch die meisten Gesteine des weiten Einzugsgebietes vertreten sein.

Einen großen Anteil stellen verschiedenartige Amphibolite bei.

Auffallend ist, daß die zahlreichen Gneisgerölle zu einem großen Teil kaolinisiert sind und ganz leicht zerfallen.

Diese weitvorgeschriftene Zersetzung kann aber erst an Ort und Stelle eingetreten sein, da die Gerölle ihre Form trotz der Mürbheit unverändert beibehalten haben.

In diesem Zustand wäre jeder weitere Transport ganz unmöglich gewesen.

Für diese hochgradige und allgemeine Zersetzung der Gneise kommt also erst die Zeit nach ihrer Ablagerung im Achenseetal in Betracht.

Sie können hier noch vor der Auflagerung der schützenden Grundmoränendecke durch die unmittelbar eindringenden Niederschlagswasser zersetzt worden sein.

Sie können aber auch nach der Eindeckung mit der Grundmoräne durch das in ihnen zirkulierende Grundwasser zermürbt worden sein.

Vielleicht haben sich beide Wirkungen zu demselben Endergebnisse verbunden.

Neben der starken Zersetzung der Gneise tritt in den aufgeschlossenen Teilen dieser hochgelegenen Innschotter auch gelegentlich eine Verkittung einzelner Lagen zu schwach verbundenen Konglomeraten auf.

Insbesondere hat sich gezeigt, daß die oberste Lage gegen das Berggehänge zu konglomeratisch verhärtet ist.

Während man noch nach den Ergebnissen der Bohrungen auf eine ziemlich glatte Oberfläche der Innschotter schließen mußte, haben die viel vollständigeren Aufschlüsse in den Caissons den Beweis erbracht, daß die Oberfläche der Schotter deutlich in der Fließrichtung des Eises gefurcht ist.

Über die Gestaltung dieser Furchen unterrichtet das farbige Profil auf Taf. X.

Gegen das Berggehänge zu steigt die Oberfläche der Innschotter steiler an.

Sie erreichen hier ungefähr die Höhe des maximalen Seespiegels von 930 *m*.

In der Linie des Einlaufbauwerks sind wir durch die Caissonaufschlüsse und die zugehörigen Bohrungen am besten über die Gefällsverhältnisse der Schotteroberfläche unterrichtet.

Hier ergibt die Bohrungsreihe von der Bergseite bis zum äußersten Bohrloch im See folgende Stände der Schotteroberfläche:

Bohrloch	XI	=	927·28 <i>m</i>
"	XVI	=	916·77 <i>m</i>
"	XVII	=	909·04 <i>m</i>
"	XIII	=	906·74 <i>m</i>
"	XIV	=	900·44 <i>m</i>
"	XV	=	892·74 <i>m</i>

das bedeutet auf eine Länge von zirka 215 *m* ein Gefälle der Schotteroberfläche von zirka 34·5 *m*. Wir erkennen sofort, daß hier im Querschnitt des Achenseetales ein viel steileres Gefälle der Schotteroberfläche vorliegt als etwa im Längsschnitt, gemessen an der Tiefe der Seewanne.

In einem Fall haben wir bereits auf 215 *m* Querschnittslänge über 34 *m* Gefälle, im anderen nach der Lotung von Geistbeck auf zirka 2000 *m* Längsschnitt erst 125 *m* Gefälle, wobei kaum der volle Betrag auf die Neigung der Schotteroberfläche gesetzt werden kann.

Die Abgrenzung der Schotter- und Sandoberfläche gegen die auflagernde Grundmoräne des Inntalgletschers hat sich in den Caissons schärfer und deutlicher erwiesen als nach den Bohrproben anzunehmen war. Es zeigt dies an, daß bei den Bohrungen doch durch Nachbruch und Wasserspülung eine ziemliche Verunreinigung des Probematerials stattfindet.

Auffallend groß ist zwischen diesen beiden Ablagerungen der Unterschied in der Zusammensetzung und Struktur ihrer Massen.

Die ortsfremden, kristallinen Gerölle, welche in den Innschottern eine so vorherrschende Rolle spielen, treten im Verband der Grundmoränen sehr rasch in den Hintergrund.

Die oberen Lagen bestehen fast nur aus kalkalpinem Material.

Das Feinmaterial der Grundmoräne ist kalkig-tonig und nicht sandig wie das der Schotter.

Die Grundmoräne enthält stark bearbeitetes Gesteinsmaterial und erweist sich als die Ablagerung eines großen Eisstromes und nicht etwa als die eines kleinen Lokalgletschers.

Ein weiterer charakteristischer Bestandteil der Grundmoräne sind dann zahlreiche größere, meist aus Wettersteinkalk bestehende, abgeschliffene Blöcke. Dabei waren Blöcke von 2 *m* und mehr Länge keine Seltenheit.

Der Reichtum an gekritzten Geschieben ist durch die ganze Masse hindurch ein recht großer. Schichtung wurde nicht beobachtet.

An der Basis enthält die Grundmoräne nicht selten Sand und Schottermaterial, das sie offenbar aus dem Untergrunde aufgenommen hat und nicht ganz zu verdauen vermochte. Diese Verunreinigungen sind aber nur auf die Grenzzone beschränkt.

Ein weiterer bemerkenswerter Einschuß der Grundmoräne sind dann Brocken und Gerölle aus einer verkitteten, fein bröckeligen, weißlichen Grundmoräne.

Sie wurden in den Bohrproben ziemlich häufig angetroffen. Die verkittete Grundmoräne zeigt auch gelegentlich Einschuß von Glimmerblättchen.

Wahrscheinlich handelt es sich um Reste einer älteren Grundmoräne, die der jüngeren Grundmoräne eingebrockt und einverleibt wurde.

Die Mächtigkeit der Grundmoränendecke ist ziemlich wechselnd und erreicht gegen den seitlichen Berghang zu ein Maximum, während sie gegen die Seetiefe zu unbedingt abnimmt.

Dabei darf man aber nicht vergessen, daß die Masse der Grundmoräne, welche der Inntalgletscher hier zurückgelassen hat, seither wesentlich vermindert worden ist.

Zum Teil wurde sie in den See geschwemmt und in Seeschlamm umgewandelt, zum Teil wurde sie von den steilen Berghängen her mit Bruchschutt vermengt und übergossen. Heute ist die Grundmoräne an den Ufern des Achensees nur mehr ziemlich sparsam verteilt. Die größte Masse derselben liegt am Südufer angehäuft und bildet hier westlich von Häusern mitten im Tal einen vom Eise schön abgerundeten Hügel, der sich zirka 25 m über den Seespiegel erhebt.

Von dort zieht die Grundmoräne, wenn auch oft oberflächlich verschüttet, ziemlich zusammenhängend bis zur Bucht von Pertisau.

Sonst finden wir am Seeufer nur kleine Reste der Grundmoräne, u. zw. immer unmittelbar über dem Grundgebirge.

Solche Reste liegen nördlich und südlich von der Prälattenbuche bei Pertisau sowie nördlich und südlich des Dalfazbachkegels. Ein kleiner Rest ist endlich auch halbwegs zwischen Seehof und Scholastika aufgeschlossen. Diese kleinen Reste zeigen stets eine stark bearbeitete Grundmoräne, die ziemlich viel kristalline Gerölle führt. In ihrer Nähe liegen auch immer größere erratische Blöcke herum.

Die meist feinschlammige Grundmoräne stellt gegenüber den wasser-durchlässigen Sanden und Schottern ein wesentlich dichteres Material vor. Trotzdem kann sie keineswegs etwa als wasserdicht gelten.

Dies hat der Probeschacht II, der neben der Straße im Zuge des Einlaufbauwerkes abgeteuft wurde, deutlich genug bewiesen.

Obwohl der Schacht ganz in Grundmoräne stand, hat sich schon bei der geringen Tiefe von $5\frac{1}{2}$ m ein solcher Wasserzudrang eingestellt, daß der Vortrieb trotz starker Pumpen unmöglich wurde.

Der Zudrang des Wassers war hier innerhalb der Grundmoräne ein außerordentlicher.

Fig. 8 gibt eine graphische Darstellung der mit zunehmender Tiefe des Probeschachtes überaus rasch ansteigenden Wasserführung.

Im schroffen Gegensatz zu diesem Ergebnisse hat eine 7 m tiefe Brunnenbohrung knapp am Seeufer bei der Endstation der Zahnradbahn in Seespitz gar kein Wasser geliefert.

Dies wird verständlich, wenn wir die unweit davon niedergebrachte Bohrung VII im Bauhof Seespitz betrachten, welche bis 6 m Tiefe Seeschlamm und darunter bis über 12 m eine außerordentlich schlammreiche Grundmoräne durchstoßen hat. Ein 12 m tiefer Brunnen im Bauhof gab aber reichlich Wasser.

Die vollständige Abdichtung dürfte in diesem Falle nicht so sehr die Grundmoräne als vielmehr die mächtige Decke des viel dichteren Seeschlammes besorgt haben.

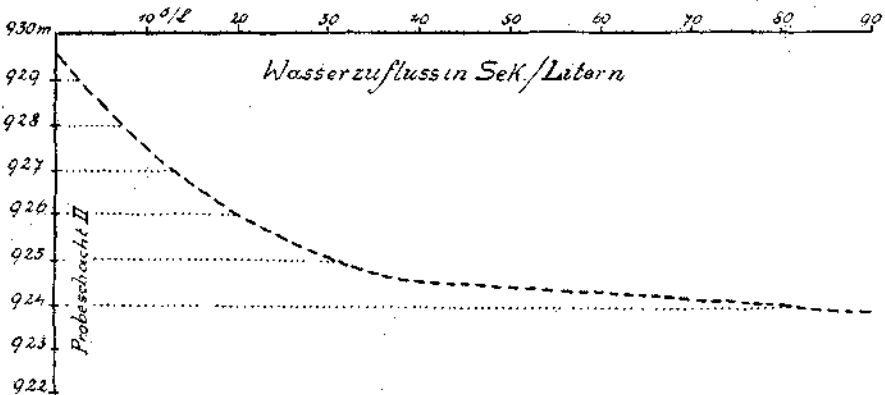


Fig. 8. Wasserzudrang in der Grundmoräne.

Im Bereiche des Achensees selbst wird die Grundmoräne zumeist von Seeschlamm überlagert, der sich ebenfalls wieder als eine wohl charakterisierte eigene Schichte zu erkennen gibt.

Man kann auch hier wie an anderen Seen zwischen einer organogenen Seekreide und einem rein mechanisch zubereiteten Seeschlick unterscheiden.

Eine genauere Untersuchung der Seekreide und des Seeschlickes hat bisher hier nicht stattgefunden, da sich eine solche Untersuchung voraussichtlich bei der tiefen Seeabsenkung leichter und vollständiger wird durchführen lassen.

Im weiteren wird hier Seekreide und Seeschlick einfach gemeinsam als Seeschlamm bezeichnet.

Die Ablagerung des Seeschlammes kleidet die ganze Seewanne mit Ausnahme der Uferzone aus, wo dieselbe durch die Brandung, welche am Achensee besonders bei den häufigen Föhnstürmen eine große Gewalt erreicht, an der Ablagerung verhindert wird.

Derzeit sind der Pletzachbach bei Pertisau und der Oberautalbach bei Scholastika die stärksten Zubringer von Feinschlamm, der dann durch die Windströmungen, solange er sich noch schwebend erhält, über größere Räume verbreitet wird.

Die Hauptwindrichtungen sind dabei Nordwinde und Föhnstürme, welche letztere von S und SW her wirken.

Die Mächtigkeit des Seeschlammes ist eine außerordentlich verschiedene. Am geringsten ist dieselbe im Bereiche der rein felsigen Ufer und an der Stirne der lebhafter vorwachsenden Schuttkegel.

Im einen Fall fehlt eine reichlichere lokale Schuttbildung überhaupt. Außerdem sinken die Felsufer rasch zu größerer Tiefe ab.

Im anderen Fall findet eine meist auch nur periodisch gesteigerte Zulieferung von gröberem Schutte statt, welche aber den Feinschlamm überwältigt.

Die Hauptlagerplätze für den Seeschlamm sind daher die ruhigen Buchten neben den Schuttkegeln.

Hier sammelt sich die Trübe, welche die Bäche bei der Schneeschmelze und bei Gewittern reichlich bringen, zu ganz erheblichen Massen an.

Die größten bei der neuen Untersuchung der Achenseeufere festgestellten Mächtigkeiten des Seeschlammes betragen zwischen 8—10 m bei Scholastika.

Im Profil des Einlaufbauwerks haben sich nur Mächtigkeiten bis zirka 5 m ergeben.

Es ist aber hier mit der Möglichkeit zu rechnen, daß bereits ein Teil des vorderen Schlammes gegen die Seetiefe zu abgeglitten ist.

Eine Eigentümlichkeit der Schlammzone ist der weit verbreitete Einschluß von Holzstämmen, Ästen und Wurzelstöcken, die sich im Schlamm recht gut erhalten haben.

Dieses Holzwerk wurde hauptsächlich von den Lawinen in den See geworfen.

Einen großen Anteil an der Verholzung der Ufer nimmt aber auch die verwüstende Tätigkeit des Menschen.

Die im Schlamm eingebetteten Stämme und Äste tragen zu einer Verfilzung und Verfestigung des sonst leicht beweglichen Schlammes bei. Die Oberfläche des ufernahen Seeschlammes zeigt nicht selten eine ziemlich widerstandsfähige Verkrustung. Wenn man z. B. mit einer Eisenstange den Schlamm durchstoßen will, so hat man zuerst einen ziemlichen Widerstand zu überwinden. Dann dringt die Stange leicht bis zur Sohle des Schlammes vor. Aus solchen Stoßlöchern quirlen gewöhnlich reichlich Gasblasen auf.

Das Herausziehen der Stange erfordert aber wieder eine weit größere Kraft.

Bei der Untersuchung der Achenseeufere im Juli 1927 hat sich nun herausgestellt, daß an einer Anzahl von Stellen Rutschungen im ufernahen Bereich der Schlammzone stattgefunden haben.

Durch den Vergleich der von Professor Macháček im Jahre 1908 ausgemessenen Uferprofile mit den im Sommer 1927 an denselben Stellen nachgemessenen, haben sich schon innerhalb dieser kurzen Zeit ganz erhebliche Veränderungen an den Ufersäumen des Achensees nachweisen lassen.

Fast sämtliche Schuttkegel sind weiter in den See hinausgerückt und im Bereiche der Schlammzone sind im Gegensatz dazu viele kleine, aber auch einzelne größere Abrutschungen zur Auslösung gelangt.

Eine große Profilabweichung hat sich z. B. gleich südlich vom Einlaufbauwerk herausgestellt. Hier zeigt das Lotungsprofil von Professor

Machaček, Fig. 9, fast auf eine Breite von 35 m einen ganz flachen Seeboden, der dann plötzlich mit einer Neigung von 52° auf 8 m Tiefe niedersinkt.

Die neue Vermessung zeigt aber nur mehr einen flachen Ufersaum von nur zirka 10 m Breite und weiter einen ziemlich ausgeglichenen, steileren Abfall.

Hier ist also seit der Vermessung von Professor Machaček ein Ufersaum von zirka 25 m Breite und gegen 10 m Dicke zur Abrutschung gekommen.

Die heute vorliegende Böschung dürfte so ziemlich der Gleitfläche entsprechen.

Nach der neuen Tiefenkarte des Südendes des Achensees, welche von Walter Hacker und Otto Nedbal im Jahre 1926 aufgenommen

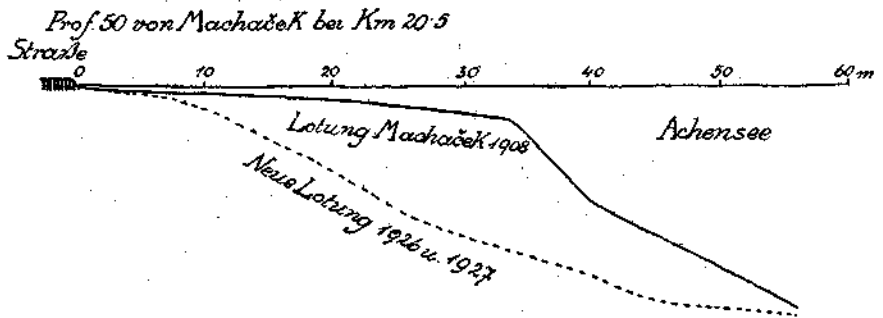


Fig. 9. Unterseeische Ableitung südlich von dem Entnahmebauwerk.

wurde, findet sich nun in schräger Richtung in einer Entfernung von zirka 300 m vom Beginn unseres Profiles eine Bodenschwelle von elliptischer Gestalt, die gegen unser Ufer zu eine Rückfälligkeit von über 2 m aufweist.

Fig. 10 gibt einen Querschnitt von dieser Bodenschwelle gegen unser Profil zu.

Wir erkennen aus dem Vergleich der vorgelegten Profile mit hoher Wahrscheinlichkeit, daß die hier vom Ufersaum abgeglittenen Massen erst zirka 300 m weit draußen in einer Tiefe von 34—36 m am Seegrund zur Ruhe gekommen sind.

Auf diese Weise sind wir zur Kenntnis einer sehr jungen und ziemlich umfangreichen Abrutschung nahe dem Südende des Achensees gelangt.

Vielleicht ist dieselbe einmal durch den Anprall einer Lawine losgelöst worden.

Eine zweite Stelle, wo sich aus dem Vergleiche der Profile ebenfalls eine größere Abrutschung ablesen läßt, liegt in der kleinen Bucht am Nordende des Schuttkegels des Dalfabaches.

Hier zeigen zwei nur 250 m voneinander abstehende Profile der Lotung Machaček erhebliche Fehibeträge, während dazwischen ein Profil liegt, das eine seitherige größere Aufschüttung beweist. In dieser Gegend zeigte sich aber auch noch auf eine Strecke von zirka 150 m

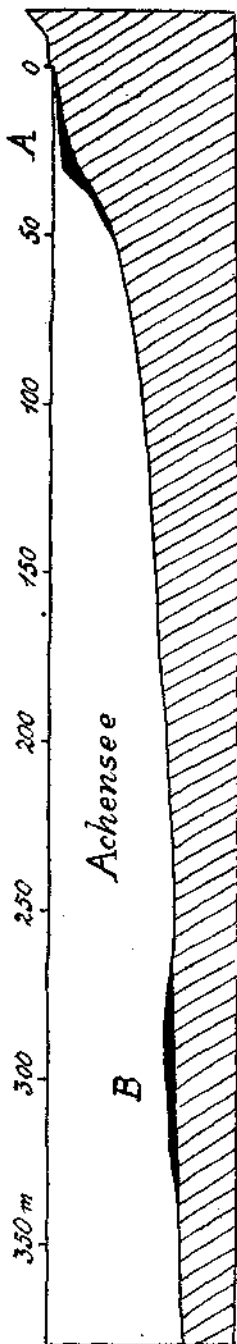


Fig. 10.

A = am Ufersaum abgeglittene Massen, B = am Seegrund ausgelotete Bodenschwelle, welche wahrscheinlich die abgeglittene Masse A in ihrer neuen Ruhelage vorstellt.

eine kleinere Abreißung der frischen Schlammzone, welche in mehreren landwärts geschwungenen Bögen angeordnet erscheint.

Interessant ist weiter ein Profil an der Front des Schuttkegels der Schwarzenau.

Hier hat gegenüber dem Profil von Machaček eine Vergrößerung des Schuttkegels stattgefunden, und trotzdem ist es am Stirnrand dieses so vorgeschobenen Schuttkegels zu einer kleinen Schlammabrutschung gekommen.

Auch am Nordende des Sees haben sich in den Buchten seitlich des Oberautalbaches große Massen von Schlamm angehäuft.

Rutschungen konnten aus den vorliegenden Profilen nicht nachgewiesen werden, dürften aber hier sicher noch zur Auslösung gelangen.

Am Westufer des Achensees haben wir drei große und ziemlich steil aufgeschüttete Schuttkegel. Es sind dies die beiden Gaisalmkegel und der große Breitlahnkegel.

Sie bestehen aus kantigem Schutt und an ihrer Front tritt auch die Schlammabildung mehr zurück.

Rutschungen wurden dagegen in den seitlichen Buchten mit reichlicher Schlammführung mehrfach beobachtet.

Bei klarem, ruhigem Wasserspiegel kann man hier deutlich den Vorgang des Anwachsens dieser Kegel unter Wasser verfolgen.

Fig. 11 gibt ein schematisches Bild davon.

Der von oben hereingeschüttete frische Kantschutt gleitet über den älteren und bereits etwas schlammbedeckten Schutt zungenförmig herab.

Da die Zufuhr des gröberen Schuttes viel rascher vor sich geht als das Anwachsen des Seeschlammes, so bildet der Schlamm nur feinere schräge Zwischenlagen innerhalb der gröberen Lagen.

Soweit sich heute die Ablagerung des Seeschlammes bereits beurteilen läßt, überzieht derselbe in wechselnder Dicke das ganze Seebecken mit Ausnahme der Brandungsterrasse.

Die Hauptanhäufungen sind seitlich der einmündenden Bachschuttkegel zu suchen.

Wenn die Ablagerung des Seeschlammes eine zu große Mächtigkeit, eine zu steile Böschung erreicht oder eine zu schwere Belastung erleidet, so scheinen sich diese Störungen seines Gleichgewichts von Zeit zu Zeit durch Ableitungen wieder automatisch auszugleichen.

Bei der Absenkung des Achensees spielt der Seeschlamm eine entscheidende Rolle. Er ist sowohl für Veränderungen des auf ihm lastenden Druckes als auch für Schwankungen des Wassergehaltes sehr empfindlich.

In ausgetrocknetem Zustande bildet der Seeschlamm eine poröse, sehr kalkreiche Masse, die recht fest erhärtet.

Wenn nun auch die Ablagerung des Seeschlammes im allgemeinen als gleichzeitig mit der Ablagerung der Bachschuttkegel und gleichsam

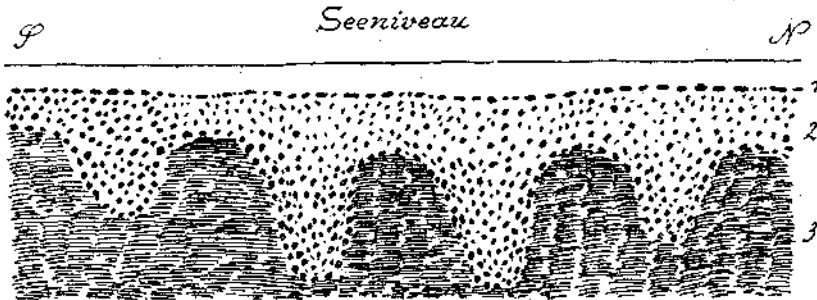


Fig. 11.

1 = natürliche Panzerung der Uferbank, 2 = zungenförmig abrutschender frischer Schutt, 3 = älterer, bereits etwas mit Schlamm bedeckter Schutt. Wachstum des Schuttkegels unter Wasser. Front des Breitflahnkegels zwischen km 45—44.

nur als ihre feinste und weitest spürbare Ausstrahlung aufzufassen ist, so kann man doch an den meisten Uferstrecken eine Überlagerung des Seeschlammes durch gröberen Schutt konstatieren.

Die Grenze des offenen, lichtgrün aufscheinenden Seeschlammes liegt zirka 0,5—2 m unter dem normalen Pegelstand.

Darüber ist eine meist sehr flache Strandterrasse (Brandungsterrasse) ausgebildet, welche übrigens auch in derselben Höhenlage sowohl in die steilsten Schuttkegel als auch die Felswände eingeschnitten erscheint.

Diese Brandungsterrasse umgürtet den ganzen Achensee und ist nur an dem seichten und schlammreichen Südufer weniger gut ausgebildet.

Sie ist aber auch die einzige Terrasse dieser Art. Es gibt weder irgendeine deutliche höhere noch tiefere Seeterrasse am Achensee.

Daraus geht hervor, daß der See schon lange Zeit in ungefähr demselben Niveau liegt, in welchem er in erster Linie durch den Schuttkegel des Oberautalbaches festgehalten wird.

Dieser breite und sehr flache Schuttkegel muß daher durch Hereinschieben von Schutt ungefähr die Erosion des Seeabflusses immer wieder aufgewogen haben. Seit längerer Zeit hat auch bereits der Mensch durch Einziehen von Holzschwellen und zeitweises Einschalten von Staubrettern regelnd auf die Erosion des Seeabflusses eingewirkt.

Die Strandterrasse, welche, wie beschrieben, den ganzen See umspannt, ist von sehr verschiedener Breite. Im Gebiete der Felsufer nur 1—3 m, an der Front der Steilschuttkegel 3—10 m, erreicht sie südlich und nördlich des Pertisauer Schuttkegels 20—35 m Breite.

Die Strandterrasse zeigt dabei hin und hin eine Art von natürlicher Pflasterung durch kleinere und größere mit ihren Breitseiten aufgelegte und aneinandergefügte Steine.

Diese natürliche Pflasterung oder Panzerung entsteht durch das Spiel der Wellen und Wogen, welche die größeren Steine solange hin und her schieben, bis sie in eine Lage geraten, wo sie dem bewegten Wasser die geringste Angriffsfläche bieten.

Diese Panzerung reicht etwa so tief als der niedrigste Wasserstand noch wirksam wird.

Die Bedeutung derselben liegt in einer erheblichen Festigung der Ufer gegen die Brandungswirkung und das Ausspülen des darunter verborgenen Seeschlammes.

Man kann bei jedem Sturm unmittelbar erkennen, wie sehr durch diese gepanzerten schrägen Anlaufflächen die Gewalt der Wogen vermindert und die Zerstörung der Ufer abgewehrt wird.

Die gepanzerten Uferstrecken haben auch bei starken Stürmen noch klares Wasser, während die ungeschützten Strecken sich gleich trüben.

Durch die Seeabsenkung wird nun in Zukunft ein neuer Zustand geschaffen, für den man sich vorausschauend etwa folgendes Bild entwerfen kann, das zugleich auch die Richtlinien für die Schutzmaßnahmen enthält, welche von Seite der Tiwa g sorgfältig studiert und vorbereitet worden sind.

Der Seespiegel wird nun den größeren Teil des Jahres unterhalb der alten Strandterrasse branden.

Daher besteht bei Stürmen, ja auch schon bei lebhafterem Wellengang für den stärker gesenkten See kein natürlicher Uferschutz mehr und die angreifende Gewalt der Wogen kann auf weite Strecken unmittelbar den weichen Seeschlamm erfassen und unterspülen.

Es ist dabei freilich noch zu bedenken, daß es manche Lehme gibt, welche dem Wasserangriff recht gut zu widerstehen vermögen.

Insbesondere bieten die Bändertone und alten Grundmoränen häufig Beispiele von zäher Widerständigkeit gegen Auflösung und Unterspülung.

Bei den rezenten Kreiden und Schlickten der Alpenseen scheint dies aber nicht der Fall zu sein. Am Walchensee, dessen Absenkung auch nahe an 5 m erreicht, haben sich bei derselben die freigelegten Schlammzonen an zahlreichen Stellen in gleitende Bewegung gesetzt.

Sie sind von der Brandung leicht und scharf angegriffen worden.

Da nun der Seeschlamm auch am Achensee mit Ausnahme der rasch wachsenden Schuttkegel die Uferbank (Brandungsterrasse) auf lange Strecken unterlagert, wird der Angriff des gesenkten Sees viel wirkungsvoller gestaltet.

Die Brandung unterspült den Seeschlamm und derselbe gerät samt der darauf lagernden Uferbank ins Gleiten.

Besonders ungünstig sind Stellen, wo von der Bergseite her Bäche oder Quellen ein Austrocknen und Hartwerden des Seeschlammes verhindern.

Ebenso wirken steil abfallende Felshänge ungünstig, besonders wenn sie etwa vom Eis noch geglättet oder mit einer Schichte von Grundmoräne überzogen sind.

An solchen Stellen verliert die Uferbank gewöhnlich zuerst ihren Halt.

Geologisch ist der Befund von Interesse, daß auch am Achensee unter der aus größerem Schuttwerk bestehenden Uferbank so ziemlich durchgehend noch eine Zone von Seeschlamm zu finden ist.

Es beweist dies einen wichtigen Wechsel in der ganzen Ufersedimentation.

Heute wird nirgends mehr im Bereiche der Strandterrasse Seeschlamm abgelagert oder vielmehr das ewige Spiel der Wellen und Wogen verhindert seine Ablagerung.

In einer älteren Zeit muß aber auch am Ufersaume feiner Schlamm abgelagert und durch längere Zeiträume angehäuft worden sein.

Heute fällt fast überall von den steileren Hängen grober, kantiger Schutt in den See und bildet so die Uferauffassungen.

In der Zeit der Feinschlammufer muß die Hangverwitterung wesentlich geringer gewesen sein. Dies kann z. B. durch einen Klimawechsel bedingt werden, wenn weniger Fröste, weniger heftige Niederschläge, weniger Gewitter und vor allem auch weniger Stürme auftreten.

Einer solchen Zeit würde dann auch eine mildere und feinere Ufersedimentation entsprechen.

Wir haben uns nun noch mit den Schuttkegeln zu befassen, welche an den Ufern des Achensees die derzeit veränderlichsten Gebilde vorstellen, so veränderlich, daß dieselben fast bei jedem schwereren Gewitter ihre Formen umgestalten.

Die mächtigsten Kegel entstammen dem Steilabfall der Seeberg-Seekarspitze. Sie sind zugleich auch die sinnfälligsten Gestalten, welche sich bereits weit in den See hinausdrängen und eine Abschnürung desselben vorbereiten. Auf Taf. XI sind diese Schuttkegel deutlich zu sehen.

Bescheidenere Schuttkegel entspringen dann aus den Steilhängen des Sockels des Sonnwendgebirges und des Bärenkopfs.

Auch hier zeigt sich wieder, daß die kalkreichen Schuttkegel viel leichter sich mit Wald bekleiden als die rein dolomitischen.

Wenn wir die nach N gerichtete Talfurche betrachten, in welcher der Achensee liegt, so gewinnen wir bald den Eindruck, daß die beiderseitigen aus Hauptdolomit bestehenden Bergflanken vom Eise bis zu einer beträchtlichen Höhe glatt abgeschliffen worden sind.

Zugleich wird in uns die Vorstellung lebendig, daß die ganzen heute aus der Hangschlifffläche vorspringenden Schuttkegel jüngere Gebilde sind, welche sich erst nach dem Rückzug des Inntalgletschers hier gebildet haben. Dieser machtvolle Eisstrom hat sicherlich die älteren hier vorhandenen Schuttkegel vollständig aus seiner Bahnfurche weggeräumt.

Nach dieser Überlegung sind also diese Schuttkegel, welche auf Taf. XI sehr deutlich hervortreten, als Einschüttungen in einen ehemals glattwandigen Eisschliffrog unbedingt nacheiszeitliche Gebilde.

Eine andere Frage ist es aber, ob man diese Schuttkegel etwa als Maßstäbe der ganzen nacheiszeitlichen Gehängeverwitterung verwenden kann. Ich bin zu der Anschauung gekommen, daß dies nicht möglich ist.

Entscheidend für dieses Urteil sind vor allem die Aufschlüsse an der Südseite des Stampfer Köpfls bei Pertisau und im Einfanggraben bei Seehof.

Im ersten Fall haben wir es mit einem seichteren, aber steilen, im zweiten mit einem tiefen, aber flacheren Felsgraben zu tun, in deren oberen Teilen noch ziemlich bedeutende Reste von Grundmoräne eingelagert sind.

Es scheint mir dies zu beweisen, daß auch die anderen tiefen Furchen, welche in die eisgeglätteten Felshänge eingegraben sind, zum größeren Teil bereits ein Werk der voreiszeitlichen Erosion darstellen.

Der Inntalgletscher vermochte diese tiefen Furchen nicht auszuschleifen, wohl aber mit dem Material seiner Grundmoräne auszufüllen.

Nach dem Rückzug des Eises waren diese Steilschluchten hoch hinauf mit Schutt ausgestopft, der keinen festen Halt besaß.

Es begann daher sofort eine Ausräumung desselben. So mußte nach dem Rückzug des Inntalgletschers gleich eine lebhafte Schuttkegelbildung einsetzen, die zum größeren Teil nur eine Umlagerung von älterem Schutt bedeutete.

Nach dieser Auffassung stellen daher die Schuttkegel des Achensees vielfach nur Umlagerungen und Tieferlegungen von Moränenmaterial vor, das der Inntalgletscher herbeigeschleppt und in den Schluchten aufgestapelt hat. Bei dieser Umlagerung ist jedoch der Grundmoränencharakter zumeist ganz verloren gegangen.

Sobald dieses lose und zum Absturz vorbereitete Schuttmaterial weggeräumt war, konnte die Verwitterung in dem Felsgrund nur mehr viel bescheidenere Fortschritte erzielen.

Das Wachstum der Schuttkegel mußte daher stark zurückbleiben.

Wenn wir die vorbildlich schönen Schuttkegel an der Westseite des Achensees näher betrachten, so sehen wir diese Entwicklungsfolge in Deutlichkeit dort durchgeführt.

Die mächtigen und einheitlich aufgeschütteten Kegel werden heute nicht mehr in derselben Stärke weitergebaut, sondern schon wieder angegriffen. Sie haben das Maximum ihrer Wachstumsgeschwindigkeit bereits überschritten.

Die ihnen zugehörigen Bäche liefern für einen Weiterbau in demselben großartigen Stil viel zu wenig Baumaterial.

Sie schneiden im Gegenteil schon in ihre Kegel ein und zerstören ihre einheitliche Gestalt. Am auffallendsten ist dies bei dem mittleren Kegel der Gaisalpe.

Hier ist bereits ein großer Teil der gut bewachsenen alten Schuttkegelspitze abgetragen und am Fuße des Kegels steil in den See geworfen.

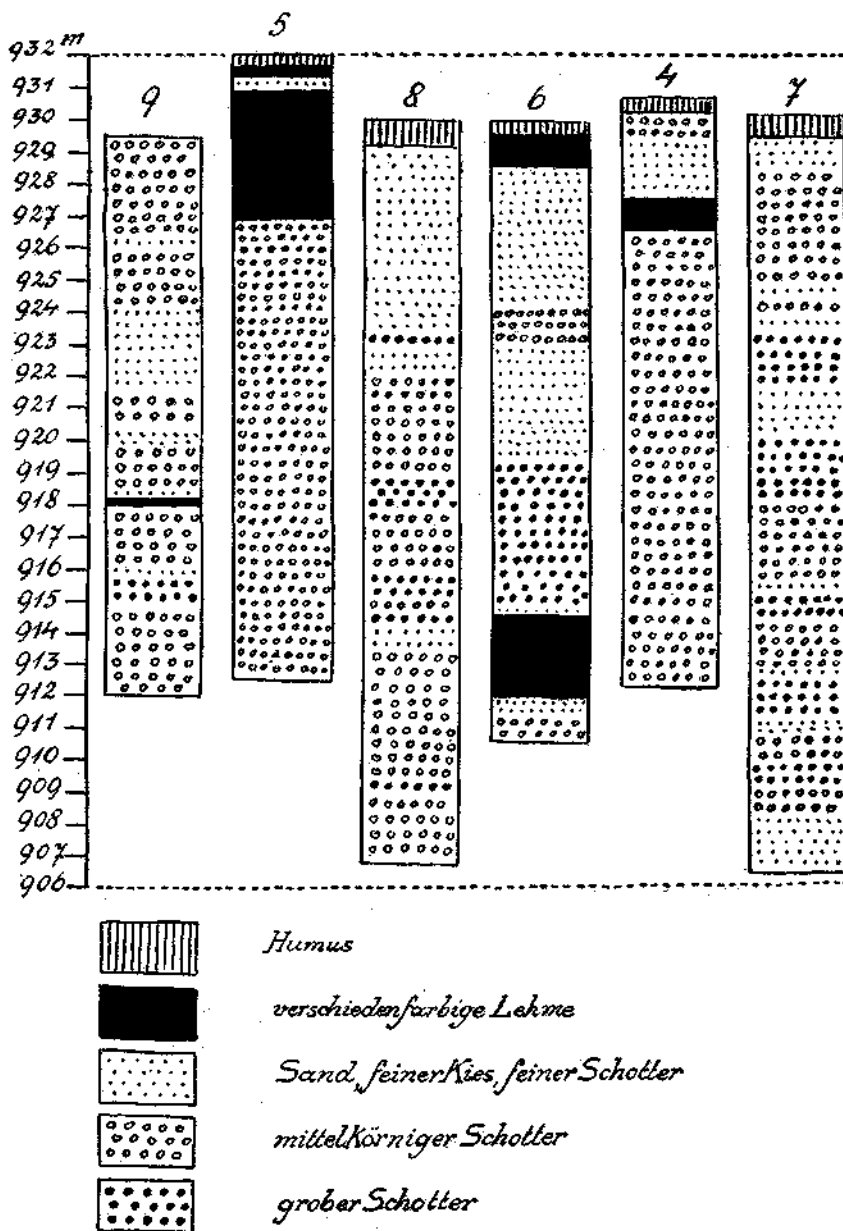


Fig. 12. Bohrungen im Schuttkegel von Pertisau.

Die Wirkung der geringeren Schutzzufuhr und daher auch größeren unbelasteten Wassermenge ist eine ruckweise Abtragung der oberen Teile und eine Verschiebung der unteren.

Es wächst also die Gesamtmasse dieser Kegel nur mehr langsam, dagegen geht die Verschiebung in den See vielleicht sogar schneller

vor sich. Dies gilt vor allem für jene Kegel, welche nicht von regelmäßigen Bächen abgelagert werden. Sie sind auch im Durchschnitt weit steiler aufgeschüttet. Die eigentlichen Bachschuttkegel sind meist flacher, wenn sie nicht gerade wie etwa der Dalfazerbach sehr viel grobes Blockwerk in Riff- und Liaskalken enthalten.

Ein besonderes Interesse nimmt hier die Verschüttung der Bucht von Pertisau in Anspruch.

Die Bucht macht mit ihren drei tief ins Karwendel hineingreifenden Armen eine seltene Schönheit des Achensees aus.

Über den Aufbau des vordersten Teiles dieser großen Schuttbucht sind wir auch durch einige Bohrungen unterrichtet, welche in der Umgebung vom Hotel Fürstenhaus abgestoßen wurden. Fig. 12 gibt eine

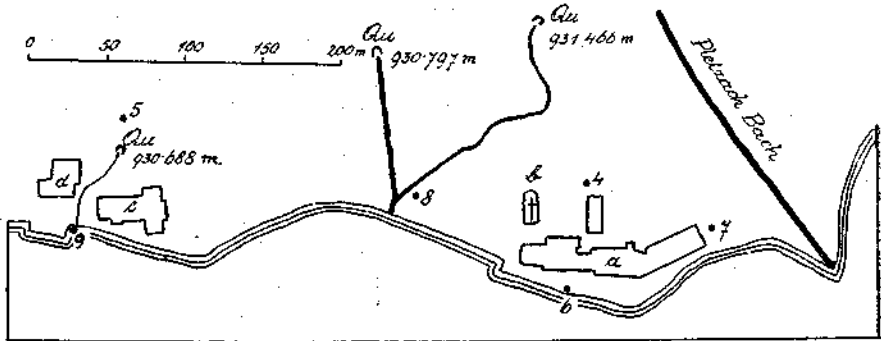


Fig. 13. Verteilung der Bohrungen (Fig. 12) am Rande des Pertisauer Schuttkegels. *a* = Hotel Fürstenhaus, *b* = Kirche, *c* = Hotel Stefanie, *d* = Hotel Post, *Qu* = Quellen.

Darstellung dieser Bohrungen, die in Rücksicht auf die geplante Seeabsenkung bereits im Spätherbste 1924 abgeteuft wurden. Ihre räumliche Verteilung zeigt Fig. 13. Diese sechs Bohrungen, welche 18—24 m tief niedergebracht wurden, zeigen im wesentlichen denselben Aufbau. Es sind vor allem feinere und gröbere Schotter, wie sie der Pletzachbach, in dessen Bereich die Bohrungen stehen, auch heute noch in den See schüttet.

Grundmoräne wurde nirgends angefahren, dagegen ~~mehrfach~~ Lehm-lagen, von denen die mächtigste bei der kleinen Quelle hinter dem Hotel Post über 4 m Mächtigkeit erreicht.

Die verschiedenen Lehmlagen bilden jedoch keinen durchstreichenden Horizont, sondern sind offenbar nur lokale und wenig ausgedehnte Ablagerungen. Das der Mündung des Pletzachbaches nächst gelegene Bohrloch hat trotz 24 m Tiefe überhaupt keine Lehmzone aufgeschlossen.

Alle Bohrungen befinden sich in dem ganz flachen Vorfeld, welches hier dem steiler ansteigenden Schuttkegel von Pertisau vorgeschaltet liegt. Längs der Linie, welche dieses Vorfeld von dem steileren Schuttkegel abgrenzt, treten eine Reihe von Quellen aus, die dem großen Pertisauer Schuttkegel entstammen. Sie kommen hier ungefähr im Niveau des Seespiegels zutage und es ist wahrscheinlich, daß dieses Vorfeld nur durch die an wechselnden Stellen austretenden Grundwasserquellen eingeebnet worden ist. Diese Quellen sind von dem

jeweiligen Stand des Seespiegels abhängig und sie werden daher bei der Absenkung des Achensees ihren Stand und Austritt wesentlich verschieben.

Noch viel ausgedehnter treten weiter hier am ganzen Ufersaum der Bucht von Pertisau unter dem Seespiegel kleine Quellen aus, deren Emporsteigen man bei ruhiger See recht gut beobachten kann.

An einer Stelle am Nordende der Pertisauer Bucht tritt eine stärkere Bodenquelle auf, die in die gepanzerte Uferbank einen kleinen Trichter eingebrochen hat. Offenbar wurde durch die aufsteigende Wasserströmung die Schlammzone unter der Panzerung ausgehöhlt, so daß durch ihr Versinken ein Trichter entstanden ist.

Die Entwässerung der ganzen Bucht von Pertisau geht also zu großem Teil in der Form von Grundwasserauftrieb vonstatten.

Nur ein kleinerer Teil findet oberflächlich in dem mit größerem Gestein gepflasterten Gerinne des Pletzachbaches seinen Abfluß.

Zur Zeit der Schneeschmelze und bei Gewittern führen jedoch sowohl der Pletzach- als auch der Falzthurn- und Tristenaubach reiche Wassermengen und liefern viel Geschiebe und Schlamm in den See. Der wildeste Schuttbringer ist dabei der Tristenaubach.

Er ist der einzige Wildbach, welcher hier sein Bett so stark erhöht hat, daß er jetzt wie auf einem breiten Damm daherkommt.

Er staut auch mit seinen Schuttmassen den Falzthurn- und Pletzachbach und hat sie ganz an den Felshang des Stampfer Köpfls gedrängt.

Der Pletzach- und der Falzthurnbach sind dagegen in ihre riesigen, größtenteils mit Wald bestandenen Schuttkegel 2—10 m tief eingeschnitten.

Im Hintergrund aller dieser Täler versinken ihre Bäche bereits in den tief verschütteten Talsohlen und wir stehen vor Bildern von wüster Zerstörung und wilder Umformung.

C. Wasserverhältnisse.

Gelegentlich des Baues des Achenseewerkes wurden zahlreiche Beobachtungen über die Quellen in den Stollen, die Käsbachquellen, die chemische Zusammensetzung der Stollenwässer, Seetemperaturen, Grundwasserbewegung, Niederschlagshöhen und Abflusmengen angestellt und gesammelt.

Es ist nicht meine Absicht, hier darüber einen zusammenfassenden Bericht zu geben.

Es sollen nur wenige Einzelheiten kurz hervorgehoben werden, die mit der Geologie näher zusammenhängen.

Das wichtigste Ergebnis der Untersuchung der Wasserverhältnisse ist der Nachweis, daß der Achensee in seinem südlichen Abschnitt mit einer natürlichen Abdichtung durch Seeschlamm und Grundmoräne auf wasserdurchlässigen Sanden und Schottern ruht, in denen jedoch ein Grundwasserstrom zirkuliert, der gegenüber dem Seespiegel durchaus höhere Stände einzuhalten scheint.

Die Versuche, den Weg dieses Grundwasserstromes und seine Geschwindigkeit durch Salzungsversuche genauer zu bestimmen, haben leider wegen gleichzeitigen starken Pumpens im Fensterstollen O zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt.

Die Feststellung, daß die Schale des Achensees gleichsam in einem davon ziemlich unabhängigen Grundwasserstrom ruht, ist auch für die Erklärung der Seebildung von Interesse.

Als der Inntalgletscher entsprechend tief gesunken war, muß die Seewanne von totem Eis und Schmelzwasser erfüllt gewesen sein.

Damals kann der Seeboden noch keine Abdichtung durch Seeschlamm besessen haben, da sich dieser ja erst in späterer Zeit gebildet hat.

Von der Grundmoräne wissen wir aber, daß sie nur eine relative Abdichtung bedeutet.

Wären also die darunterliegenden Sande und Schotter nicht damals schon mit Grundwasser gefüllt gewesen, so hätte sich der Achensee wohl kaum mit Wasser füllen und dasselbe dauernd behalten können. Gelegentlich der gemeinsam mit Herrn Ingenieur J. Berger durchgeführten Untersuchungen der Seeufer wurden auch die Porenvolumen der wichtigsten Schuttarten bestimmt.

Dabei haben sich folgende Werte ergeben:

A. Schuttkegel.

1. Frischer Murkegel des Bärenkopfhanges zwischen Seespitz und Einlaut.
Ziemlich grober, reiner, kantiger Schutt aus Wettersteinkalk.
Gewicht von 1 m³ Schutt ohne Wasserfüllung 1682 kg
Gewicht der Wasserfüllung 345 kg
2. Feinerer, ziemlich abgerollter Schotter und Sand an der Mündung des Pletzachbaches beim Fürstenhaus.
Vermischter Kalk- und Dolomitschutt.
Gewicht von 1 m³ ohne Wasserfüllung und gestampft 1946 kg
Gewicht der Wasserfüllung 199 kg
3. Ziemlich schlammreicher Schutt der frischen Mur des mittleren Gaisalmkegels.
Reiner Hauptdolomitschutt.
Gewicht von 1 m³ ohne Wasserfüllung und gestampft 2151 kg
Gewicht der Wasserfüllung 176 kg
4. Schuttkegel des südlichen Seehofbaches.
Ziemlich feiner gerollter Schotter und Sand mit gröberen Geröllen. Vermischter Kalk- und Dolomitschutt.
Gewicht von 1 m³ ohne Wasserfüllung und gestampft 2112 kg
Gewicht der Wasserfüllung 171 kg

B. Grundmoräne.

- Grundmoräne gerade oberhalb der obersten Käsbachquellen
- | | |
|---|---------|
| Gewicht von 1 m ³ ohne Wasserfüllung und gestampft | 2222 kg |
| Gewicht der Wasserfüllung | 87 kg |

C. Schotter und Sande der Innaufschüttung.

1. Mittelgrober, bunter Innschotter im Weißenbachgraben.
Gewicht von 1 m³ ohne Wasserfüllung und gestampft 2118 kg
Gewicht der Wasserfüllung 169 kg
2. Bank von feinerem Innsand im Weißenbachgraben.
Gewicht von 1 m³ ohne Wasserfüllung und gestampft 1795 kg
Gewicht der Wasserfüllung 228 kg

D. Seeschlamm.

Bei der Wasseraufnahme und -Abgabe des Seeschlammes ist die damit verbundene starke Schwellung und Schwindung zu beachten. Zwei Versuche von Ing. J. Berger, Seeschlamm zu trocknen und wieder anzufeuchten, hatten folgendes Ergebnis:

Probe I. Landungssteg Seespitz.

	Gewicht in kg	Volumen in l	Spez. Gewicht
Wasserreicher Schlamm	2.545	2.15	1.183
Wasserreicher Schlamm, getrocknet . .	0.975	1.02	0.956
Wasserverlust		1.575 = 73 ⁰ / ₀	
Mit Wasser gesättigter trockener Schlamm	1.660	1.14	
Wasseraufnahme		0.685	
Gestampfter nasser Schlamm	0.975	0.455	2.14

Probe II. Bauhof Seespitz Nord.

	Gewicht in kg	Volumen in l	Spez. Gewicht
Wasserreicher Schlamm	3.385	2.15	1.575
Wasserreicher Schlamm, getrocknet . .	2.305	1.89	1.22
Wasserverlust		1.08 = 50 ⁰ / ₀	
Mit Wasser gesättigter trockener Schlamm	3.110	1.95	
Wasseraufnahme		0.705	
Gestampfter nasser Schlamm	2.305	1.245	1.85

Eine besondere Sorgfalt wurde der chemischen Untersuchung der im Stollen auftretenden Quellen in Rücksicht auf einen vielleicht den Beton zerstörenden höheren Sulfatgehalt gewidmet.

Die Untersuchungen dieser Wässer wurden in Innsbruck im chemischen Laboratorium der Universität von Herrn Dr. Rudolf Gräner ausgeführt.

Insbesondere war das reichliche Auftreten von Rauhdecken, welche im Karwendelgebirge und auch sonst in den Nordalpen die ständigen Begleiter des Salz und Gips führenden Haselgebirges sind, die Veranlassung zu einer sorgfältigen Prüfung der Stollenwässer.

Die Untersuchungen haben aber durchaus nur für den Bau günstige Ergebnisse zutage gefördert.

Ich führe im folgenden nur einige wenige Analysen an, die eine Übersicht gewähren können.

Sulfatgehalt der Rauhdecken.

Drei verschiedene Proben wurden sowohl getrennt als auch vermischt analysiert.

Durchschnittsprobe:	0·059% SO_2 gerechnet als Gips
	0·100% CaSO_4
Einzelproben:	0·148% SO_3 , bzw. 0·251% CaSO_4
	0·005% SO_3 , bzw. 0·009% CaSO_4
	0·013% SO_3 , bzw. 0·022% CaSO_4
Daraus berechneter	
Durchschnittsgehalt:	0·055% SO_3 , bzw. 0·094% CaSO_4

Analyse von Wasserproben aus Stollenfenster O \longleftrightarrow Achensee.

1000 cm^3 des filtrierten Wassers enthalten Milligramm, bzw. deutsche Härtegrade:

Gesamtrückstand (110°)	164·0 mg
Kieselsäure SiO_2	1·0 mg
Kalk CaO	66·2 mg
Magnesia MgO	13·7 mg
Schwefelsäure SO_3	6·2 mg
Schwefelsäure, gerechnet als Gips CaSO_4	10·5 mg
Chlor in Chloriden Cl	4·6 mg
Angreifende Kohlensäure CO_2	0·4 mg (0·36)
Karbonathärte	7·9 d°
Gesamthärte	8·5 d°

Analysen von Stollenwasserproben zwischen Fenster O—1 pro 1000 cm^3 .

	CaSO_4	CaO	MgO	Gesamthärte	Karbonathärte
Stat. 246 m	0·0015 g	0·0532 g	—	6·22 d°	6·15
	0·0026 g	0·0525 g	0·0065 g		6·03
	0·0033 g		0·0068 g		6·00
Stat. 253 m	0·0020 g	—	—	6·10 d°	6·01
	0·0036 g	0·0531 g	0·0053 g		5·81
	0·0033 g	0·0538 g	0·0055 g		5·92
Stat. 269 m	0·0031 g	0·0569 g	0·0071 g	6·64 d°	6·54
	0·0029 g	0·0567 g	0·0066 g		6·50

Analyse des Achenseewassers und Vergleiche.

Die Probeentnahme erfolgte in Tiefen von 15 bis 25 m und in Entfernungen von 50 bis 200 m vom Ufer bei Fenster O. (Milligramm in 1000 cm³ Wasser.)

Chlor	Freie Kohlensäure	Angreifende Kohlensäure	Gelöster Sauerstoff	Kalk	
Achensee 0·7	3·5—3·7	0	cm ³ 8·1—8·87	51·93	neutral
Spullersee 5·0	3·3	0·3—1·1	7	39—41	neutral
Kochensee 2·6	27	—	10·58	79·37	
Walchensee 2·5	11	—	10·05	50·60	
Bodensee 0·4	—	—	—	62·6	Reaktion
Chlor	Magnesia	Schwefelsäure	Karbonathärte	Gesamthärte	
Achensee 0·7	14—15·4	3—3·29	7·1—7·25	7·15—7·35	neutral
Spullersee 5·0	16—19	8·5—9·2	6·4—6·6	6·3—6·6	neutral
Kochensee 2·6	14·75	26·18	—	—	
Walchensee 2·5	18·00	7·59	—	—	
Bodensee 0·4	11·1	22	—	—	Reaktion

Bezüglich der Angriffsfähigkeit des Achenseewassers auf Zement und Eisen kommt Dr. Grüner zu folgendem Ergebnis:

1. Chlor: Der vorliegende äußerst geringe Chlorgehalt ist ohne Einfluß.
2. Freie Kohlensäure: Freie Kohlensäure wirkt bei weichen Wässern (unter 8 d°) viel angreifender auf Kalksteinmaterial als bei harten Wässern. Jeder Bikarbonatgehalt (Karbonathärte) eines Wassers bedingt eine bestimmte Menge gelöster freier Kohlensäure, um Bikarbonate in Lösung zu halten; die dazu nötige freie Kohlensäure ist ohne angreifende Wirkung.
3. Angreifende Kohlensäure: Drei verschiedene Versuche, angestellt mit Laaser Marmor ergaben keinerlei angreifende Kohlensäure, so daß eine Einwirkung durch diese ausgeschlossen erscheint.
4. Gelöster Sauerstoff: Im allgemeinen greifen lufthaltige Wasser unter 7 d° Metalle mehr weniger an. Weil das Achenseewasser etwas oberhalb dieser erfahrungsmäßigen Grenze liegt und Wasser von 7 d° aufwärts einen Wandbelag von Kalziumkarbonat bilden, dürfte der hier gelöste Sauerstoff ohne starke Wirkung sein.
5. Schwefelsäure: Der vorliegende geringe Sulfatgehalt kommt um so weniger störend in Betracht, als nur ein geringer Teil desselben als Gips gebunden ist.

Über die Temperaturverhältnisse des Achensees sind wir durch Messungen unterrichtet, welche die Herren Walter Hacker und Ing. Otto Nedbal im Herbst 1926 ausgeführt haben.

Eine Messung ungefähr in der Mitte des Sees zwischen Percher und der Mündung des Dalfazerbaches ergab am 7. September 1926 folgende Werte:

0	m	Tiefe	16·84°	C
1	m	"	16·84°	C
2	m	"	16·84°	C
4	m	"	16·65°	C
6	m	"	15·98°	C
8	m	"	14·98°	C
10	m	"	14·29°	C
12·5	m	"	13·19°	C
15	m	"	11·37°	C
17·5	m	"	10·05°	C
20	m	"	7·79°	C
25	m	"	6·36°	C
30	m	"	5·74°	C
40	m	"	5·37°	C
50	m	"	5·21°	C
60	m	"	5·12°	C
70	m	"	5·04°	C

Die untere Grenze der Sprungschichte liegt bei 20 m Tiefe.

Die Oberflächentemperaturen betragen am folgenden Tag bei einer Lufttemperatur von 19° C:

Seemitte	nördlich	Pertisau	16·15°	C	
"	bei	Pertisau	16·75°	C	
"	beim	Prälatenhaus	16·85°	C	
"	beim	Einlaufwerk	16·95°	C	
"	beim	Försterhaus	17·10°	C	
"	beim	Dampfersteg	Seespitz	17·20°	C
Am	Südende	des Achensees	18·20°	C	

Eine Temperaturmessung in der Seemitte zwischen den Schuttkegeln von Seehof und Gaisalm ergab in einer Tiefe von 132·5 m = 4·83° C.

II. Technischer Teil.

Vorbereitende Arbeiten, Bodenaufschlüsse, Fensterstollen.

Vor dem Beginne eines bedeutenden Ingenieurbaues sind der offenen Fragen so viele, daß der Projektverfasser nicht alle beherrschen kann. Es hat sich deshalb im Laufe der letzten Jahrzehnte — und in diesen Zeitraum fällt ja auch der Ausbau der Großwasserkräfte — zum Nutzen der Bauvorhaben die Gepflogenheit herausgebildet, schon vor Inangriffnahme des Baues, also noch im Projektstadium, geologische Sachverständige heranzuziehen, nach deren Angaben und Weisungen die viel gescheuten und doch so wertvollen Bodenaufschlüsse, Sondierungen und Bohrungen vorzunehmen. Beim Bau des Achenseekraftwerkes war es ein besonders glücklicher Umstand, daß der geologische Berater, Herr Oberbergrat Dr. Otto Ampferer, nicht nur seit einer Reihe von Jahren

den verschiedenen Entwurfsbearbeitern mit seinem Rat zur Seite stand, sondern daß er, selbst ein Sohn des Landes, als begeisterter Alleingehrer und junger Geologe schon am Beginne des Jahrhunderts seine wertvollen Entdeckungen im Karwendelgebirge, also im Gebiet des Achensees, gemacht hat. Seitdem sind seine Veröffentlichungen wiederholt als Grundlagen für die Projekte verwendet worden, und so lag es im hohen Interesse der im Jahre 1924 gegründeten Tiroler Wasserkraftwerke-Aktiengesellschaft, diesen genauen Kenner der Umgebung des Achensees zu ihrem geologischen Gutachter zu gewinnen. Mir persönlich gereicht es zur hohen Ehre, nach einem Zeitraum von drei Jahren gemeinsamer Zusammenarbeit einige technische Erfahrungen beim Ausbau des Achenseekraftwerkes dem vorstehenden, tief durchdachten und mit gewandtem Stil verfaßten Aufsatz des Herrn Oberbergrates Dr. Ampferer anfügen zu dürfen, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen möchte.

Nachdem die Gestaltung des Bodens, in welchem die Hauptobjekte der Kraftanlage zur Ausnutzung des Achensees errichtet werden sollten, bekannt war, mußte in die Detailarbeit eingetreten werden. Das Programm der Bauarbeit, für die ein Zeitraum von September 1924 bis September 1927, einschließlich der gesamten Maschinenmontage und des umfangreichen Probetriebes, vorgesehen war, verlangte den raschen Entschluß, den 4520 m langen Druckstollen und den 513 m langen Druckschacht sofort in Angriff zu nehmen. Es galt, die Anlagen der Fensterstollen so zu treffen, daß sie möglichst kurz werden und dennoch in das Grundgebirge führen. Beim Fenster I im Weißenbachgraben, beim Fenster III in der Höhe von 363 m über dem Krafthausplateau auf der Nordseite des Innetales und bei den Fenstern IV und V des Druckschachtes selbst und beim Rohrstollen am unteren Ende des Druckschachtes war der Anschlag überall im Felsen vor sich gegangen. Schwieriger war dagegen die Anlage des Fensters II im Tiefenbachtale und des Fensters O in der Seenähe.

Der Tiefenbachgraben ist ein Lawinengraben, weshalb das Mundloch und die Installationen so angelegt werden mußten, daß deren Betrieb auch im Winter möglich war. Die kürzeste Strecke bis zum Hauptstollen war nahezu mit 460 m Länge abgesteckt worden und sollte nach Durchföhrung von Gehängeschutt und Rauhwacke in ihrem letzten Stück den Wettersteinkalk treffen. Hier erwies sich die Voraussage des Geologen als auf den Meter genau. Der Zugangstollen mußte fast auf seiner ganzen Länge verzimmert werden. Die Unterföhrung des Tiefenbachgrabens selbst geschah in der wasserarmen Zeit, so daß kein Wassereindrang erfolgte. Der Stollen war mit 0.5 Prozent Steigung und mit Rigole vorgetrieben worden. An seiner Mündung in den Hauptstollen war sowohl ein Zugangsast gegen den südlichen als auch gegen den nördlichen Teil angeordnet worden, um ihn als Förderstollen für beide Richtungen auszubilden. Seine Abmessungen waren die gleichen wie die des Richtstollens (Fig. 14), und zwar: 2.0 m mittlere Breite auf 2.20 m lichte Höhe. Auch die übrigen Zugangsfenster hatten diese Abmessungen erhalten, mit Ausnahme des Fensters III zur Apparatckammer und des Fensters IV als Transportfenster für die Blechrohre der Druckschachtauskleidung, die entsprechend größer ausgebrochen wurden.

Die Anlage des Fensters O war etwa 11 m über dem Seespiegel gewählt worden, um auch auf dem nächsten Weg den Anschluß der Bodenverhältnisse herbeizuführen und das Ausbruchsmaterial von der Terrasse vor dem Fenster gleich auf die Kippe und Deponie zu bringen. Man rechnete anfangs auch damit, daß man auf diese Weise das Betonmaterial entsprechend leicht zu einer unterhalb anzuordnenden Auf-

RICHTSTOLLEN

im festen Wetterstein Kalk

in der trockenen Raubwacke

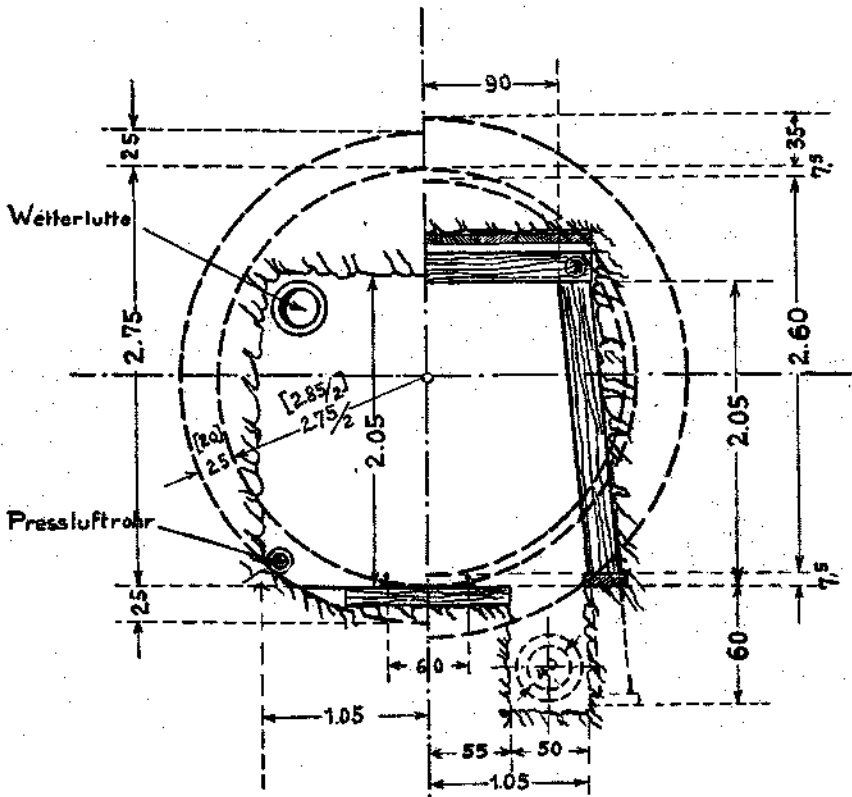


Fig. 14.

bereitungsanlage bringen kann. Diese Voraussicht hat sich als nicht richtig erwiesen, weil das hier gewonnene Stollenausbruchsmaterial sich nicht zu Betonzwecken verwenden ließ. Durch die angetroffenen Wasser- verhältnisse war außerdem die Ausbruchsstrecke und somit die Förderung von diesem Orte wesentlich geringer als die benötigte Betonschotter- menge. Überdies waren die Aufschlüsse für das wichtige Entnahmebau- werk erst begonnen worden, so daß dem Fenster O von Anfang an

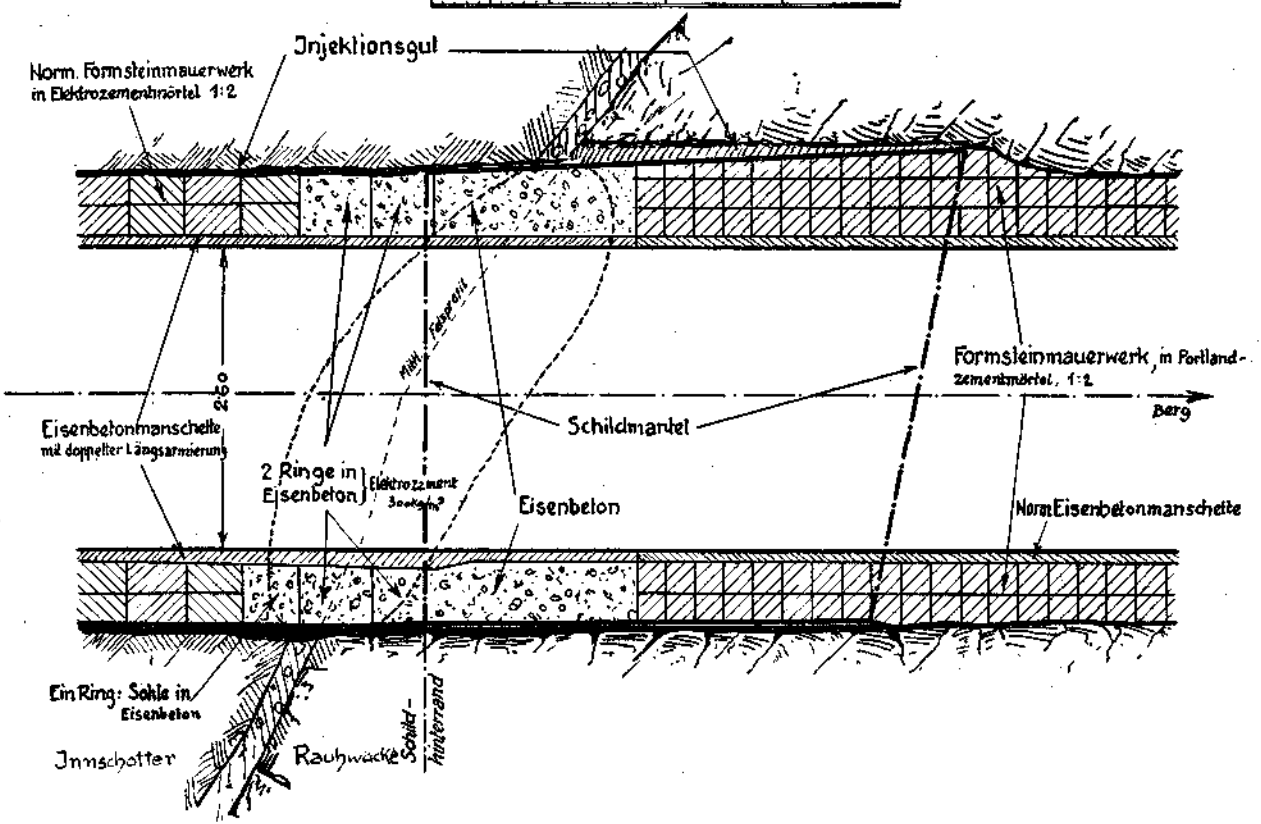
nur eine aufschließende Bedeutung zukam, obgleich dann später die Anordnung beibehalten werden konnte. Nach einer Länge von 132 m wurde ein schiefer Stollen von 80 m Länge und 40 Prozent Neigung bis zum Hauptstollen niedergetrieben. Durch den Einbau eines Schrägaufzuges und einer Weichenanlage war der Transport ermöglicht worden. Der Vortrieb im geneigten Stollen war wegen des Wasserandranges sehr zeitraubend, das Versetzen der Pumpen in einzelnen seitlich ausgebrochenen Nischen und die Errichtung einer Pumpstation beim Übergang zum Hauptstollen erforderte großen Kostenaufwand. Die Sohle des Schachtes mußte besonders gesichert und der Einbau der Zimmerung in der unteren Rauwackenstrecke durch Mauerung ersetzt werden.

Einlaufbauwerk.

Im Frühjahr 1925 waren die Bodenaufschlüsse soweit gediehen, daß ein den geologischen Bodenverhältnissen entsprechendes Projekt für das Einlaufbauwerk nach mehreren Wahlvorschlägen zur Ausführung angenommen werden konnte. Nur die Übergangszone von der Innschotterlage zur Rauwacke war ungeklärt, und es mußte daher der Zusammenschluß zwischen Einlaufbauwerk und Druckstollen mittels Druckluft projektiert werden. Die geplanten Bauweisen teilten sich folgendermaßen: 127 m Caissonstrecke, 35 m Schildvortrieb und 100 m Druckluftstollen. Die wirklichen Ausführungslängen waren 127·30 m Caissonstrecke, 38·15 m Schildvortrieb und 13·37 m Druckluftstollen. Der bergmännisch vorgetriebene Stollen von der Bergseite her durchörterte eine wenig kalkige, sondern stark mergelige Rauwacke, derzufolge die Wasserführung so gering war, daß auf Druckluftbetrieb verzichtet werden konnte und die wirkliche Länge gegen die angenommene so erheblich verkürzt wurde. Die Trennung zwischen der caissonierten Strecke und der Schildstrecke war so gezogen worden, daß nach den vorliegenden Aufschlüssen der Schild nur die Innschotterschichte durchfahren hatte, weil in der Moräne größere Blöcke und Baumstämme eingelagert sind, die dem Schildvortrieb große Schwierigkeiten bieten. Diese Auffassung hat sich bei der Bauausführung als völlig richtig erwiesen. Der Schild wurde noch so weit in den angetroffenen Fels vorgetrieben, daß sein Mantel vollkommen im Fels steckt und so gewissermaßen einen gepanzerten Übergang bildet (Fig. 15).

Baulich hat sich die Arbeit, dank der geologischen Aufschlüsse und der hervorragenden technischen Einrichtungen unter sachkundiger und fachmännischer Leitung ganz im Rahmen des Programmes abgespielt. Ein Bauwerk von solcher Wichtigkeit muß aber auch stets als Qualitätsarbeit ausgeführt werden. Gerade hier, wo zu der Bezwingung des Wassers die Verschiedenheit der Bodenmaterialien kommt, Seeschlamm, kalkige Grundmoränen, Innsand und Innschotter und kalkige und mergelige Rauwacke zu durchfahren sind, gibt es genug Schwierigkeiten, denen nur mit Erfahrung und technischer Sorgfalt beizukommen ist. Glücklicherweise hat die Mitwirkung sämtlicher Faktoren harmonisch zusammengeklungen und ein Bauwerk hervorgebracht, das allen Anforderungen entspricht.

ENDSTELLUNG DES SCHILDES



Einzelne technische Daten über dieses wichtige Objekt seien im folgenden gegeben, während ein genauer Bericht in der „Wasserwirtschaft“ erscheint. Das kreisrunde Zuleitungsrohr hat Eisenbetonwandungen und einen leichten Durchmesser von 2.60 m. Es liegt auf acht eisernen Caissons, die 11 bis 18 m lang und bis 5.60 m breit sind. Vor dem Eingang ist ein Feinrechen aufgebaut. Das Rohr ist durch eine Schutzze abschließbar.

Fig. 15.

An der Straße Seespitz-Pertisau ist über dem letzten Caisson ein Schacht mit einem darüber erbauten Haus für zwei weitere Abschlußschützen errichtet. Die Gründungstiefe war beim Einlaufcaisson am größten und erreichte 22,5 m unter dem Wasserspiegel. Der Einlauftrichter ist so angelegt, daß eine Absenkung des Seespiegels um 10 m eintreten kann, ohne daß Luft in das Rohr eindringt. Die bei der Absenkung der Caissons erzeugte Rigole wurde später mit dem deponierten Material wieder aufgefüllt. Der Luftverbrauch war bei Hochbetrieb etwa 27 bis 30 m³ pro Minute angesaugte Luft, in bestimmten Schildstellungen war jedoch bis 58 m³ Luft erforderlich. Beim Vortrieb des Schildes mußte ein besonderer Zement verwendet werden, weil die Arbeitsweise verlangte, daß der Zementmörtel nach 8 Stunden bereits eine Festigkeit von 60 bis 80 kg/cm² aufweist. Diesen Bedingungen entsprach der Elektrozement, der von Moutiers (Savoyen) und von Pola bezogen wurde.

Hauptstollen.

Der kreisrunde Hauptstollen hat einen lichten Durchmesser von 2,75 m und sollte im festen Fels eine Mauerungsstärke von 0,25 m erhalten. Im druckhaften Gebirge war eine Stärke von 0,35 m bis 0,50 m vorgesehen. In besonders schlechten Strecken war innen eine Eisenbetonmanschette von 7,5 cm geplant, die die lichte Weite auf 2,60 m vermindert. Nach erfolgtem Ausbruch zeigte sich, daß der angetroffene Fels fast durchwegs so gut beschaffen war, daß die Verkleidungsstärke auf 20 cm herabsetzt und der Stollendurchmesser dadurch auf 2,85 m erhöht werden konnte. In der Rauhackenstrecke dagegen wurde das Mauerungsprofil mit 35 cm beibehalten. Der Übergang der einzelnen Profile im Innern wurde durch 5 m lange Übergänge ausgeglichen (Fig. 16).

Der Stollenausbruch erfolgte in zwei Abteilungen; dem Vortrieb des Richtstollens und der Ausweitung. Die Rigole wurde meist gleich beim Vortrieb mitgemacht. Es hat sich als empfehlenswert erwiesen, den Vortrieb des Richtstollens bis zum Durchbruch des ganzen Stollenastes fortzuführen und hierauf erst die Ausweitung zu betreiben, weil auf diese Weise die Installation am besten ausgenützt werden konnte. Die Tagesfortschritte im Richtstollen im Wettersteinkalk sind über das gewöhnliche Maß hinausgegangen, es wurden im steigenden und im fallenden Stollenast mehrere Male solche von 8 m erreicht, wobei selbstverständlich die Stollenarbeiter an dem Fortschritt finanziell interessiert waren. Die Sprengungen wurden mit Dynamit und Dynamon durchgeführt, der Verbrauch an Sprengstoff wurde durch Prämien geregelt. Häufiger Wechsel im Gestein hat Veranlassung gegeben, daß die Verbrauchsmengen öfters geändert werden mußten, weil bei Mehrverbrauch Abzüge vom Verdienst gemacht wurden. Zu den Bohrungen wurden Böhler- und Flottnannhämmer verwendet und bei der Ausweitung des Profils wurde, insbesondere beim Reinprofilieren, der vom Bergbaubetrieb übernommene Ablauhammer mit Erfolg angewendet. Bei der Ausweitung wurden die Sprengschüsse nicht so tief gesetzt und dann der übriggebliebene Teil abgeschrämt, wodurch auch die Felslaibung geschont wurde, was beim Druckstollen sehr erwünscht ist (Fig. 17).

Es war von vornherein anzunehmen, daß bei der Durchörterung des Gebirgsstockes des Bärenkopfes, des Schwarzeckes und des Weihnachts-
eckes mit verschiedenen Wassereinbrüchen zu rechnen sein wird. Ins-
besondere war das Wettersteinkalkmassiv des Bärenkopfes mit seiner
senkrechten Schichtung vom Geologen als wasserführend bezeichnet
worden, auch die Unterfahrung des Weißenbachgrabens war zu beachten.

FERTIGES PROFIL

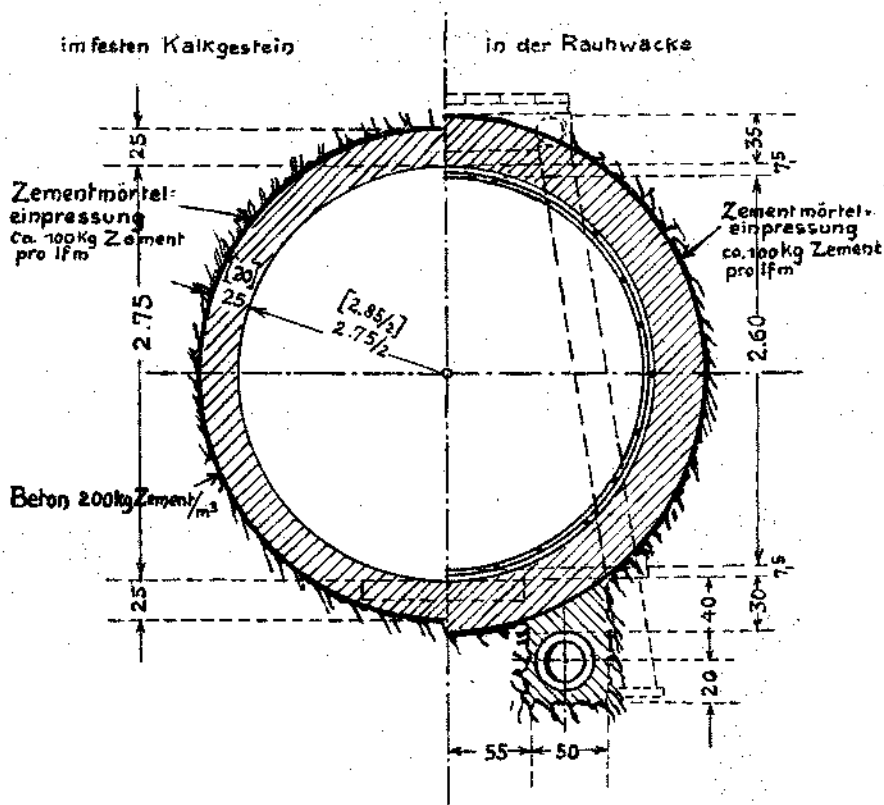


Fig. 16.

Schließlich konnte die Nähe des Sees und des außerhalb desselben liegenden Grundwasserbeckens nicht ohne Einfluß auf die Wasserverhältnisse im Stollen bleiben. Dagegen hat die Voraussage für das Weihnachtseck keine Wasserführung angezeigt, weil die Entwässerung viel tiefer, und zwar an der Inntalsolehle stattfindet. Die Prognose hat sich in allen Teilen als richtig erwiesen. Es war nun Sache des Ingenieurs, dem Wasserandrang sowohl beim Ausbruch als insbesondere auch bei der Betonierung, und hier wieder in ausgesprochener Weise bei der Sohlenbetonierung, beizukommen. Das Rätselraten über die

Wassermengen, die angetroffen werden, zog sich lange hinaus. Und doch sollte ein Entschluß über die baulichen Anordnungen, die sich über die Größe der Betonrohre, die Lage derselben, die Pumpenaufstellung und den Kraftbedarf erstrecken, getroffen werden. Da das Bergwasser nicht dem fertigen Stollen zugeleitet, sondern schließlich beim Betrieb der Anlage wieder seinen normalen Ablauf finden sollte, sofern nicht

FERTIGES PROFIL

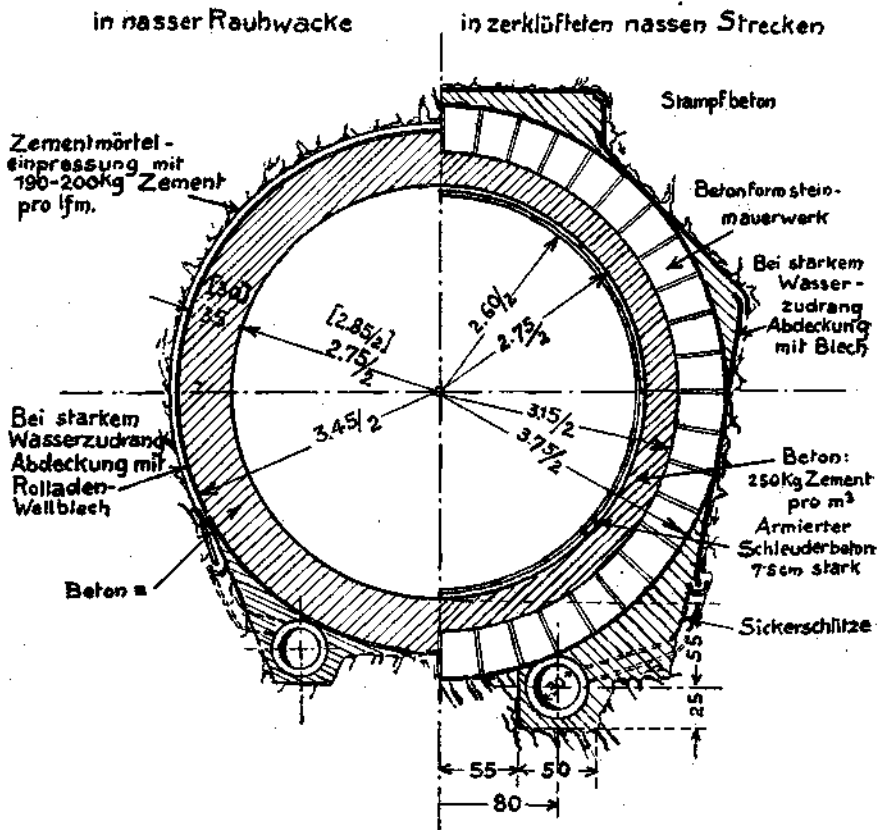


Fig. 17.

aus baulichen oder wasserwirtschaftlichen Rücksichten eine Einleitung in den Stollen erwünscht ist, mußte durch Verbindung mit Absperrorganen und Schiebern Vorsorge getroffen werden. Da weiters der Konsens in einer seiner Bedingungen vorschreibt, daß bei nachweisbarem Ausbleiben oder eintretender Verminderung der sogenannten Karstquellen Zuschußwasser aus dem Stollen abgegeben werden muß, wurde eine Wasserabgabe durch das immer zugängliche Fenster I vorgesehen.

Es hat sich schließlich im Laufe der Arbeiten folgender Entwässerungsplan entwickelt: Vom Ende des Druckluftstollens wurde anfangs ein Rohr von 40 cm, nach kurzer Strecke wurde ein zweites von 30 cm verlegt. Vom Winkelpunkt beim Fenster O gegen Fenster I kamen auf der ganzen Länge zwei Betonrohre von 40 cm lichte Weite zur Verlegung, die beim Pfropfen Winkelpunkt Fenster I durch Absperrschieber bedienbar sind. In der Strecke unterm Bärenkopf wurden 20 Ventile mit dem Betonrohr verbunden, die den Zweck haben, bei der Entleerung des Druckstollens die Entlastung herbeizuführen. Beim Winkelpunkt Fenster I befinden sich weiters ein Schieber von 30 cm lichte Weite, um das Zuschußwasser in den Weißenbachgraben abzugeben. In dem Stollenstück unter dem Schwarzeck zwischen Fenster I und II ist nur ein Betonrohr mit 15—20 cm lichte Weite angeordnet worden, das durch das Fenster II entwässert. Vor Füllung des Druckstollens wurde dieses Rohr vollkommen geschlossen. Der Stollen vom Fenster II bis zum Wasserschloß war durchwegs trocken, so daß nur in der unteren Strecke ein Rohr von 15 cm verlegt wurde, was sich bei der Reinigung und Betonierung des Stollens immerhin als vorteilhaft erwies. Die Ausführung dieses Entwässerungsrohres geschieht durch das Zugangsfenster III mittels eines eigenen bedienbaren Schiebers in der Apparatekammer.

Wemgleich die Ableitung des Wassers durch die vorausgeführte Drainage bewerkstelligt werden konnte, weil der Stollen mit 0.5% Gefälle ausgeführt wurde, so war doch die Menge des Bergwassers gerade im Stollenstück unter dem Bärenkopf insbesondere nach dem erfolgten Durchbruch zum oberen Stollentrum eine sehr große. Während der Betonierung der Sohle wurden ständig 300 sek/lit abgeführt und nur durch Errichtung von fliegenden Pumpstationen oder Rohrüberleitungen war dies möglich geworden. Im Winkelpunkt Fenster I arbeitete monatelange eine Pumpengruppe, um das Wasser durch das Stollenfenster zu leiten. Aber diese Leistungen waren alle noch leicht zu nennen im Vergleich zu der Wasserhaltung, die im nördlichen Stollentrum einsetzen mußte und schließlich auch zur Stilllegung des Vortriebes wegen des großen Kosten- und Kraftaufwandes führte. Dazu kam noch die Gefährdung von Menschen und Maschinen im Falle des Versagens der Pumpen oder beim Ausbleiben von Strom. Deshalb wurde Ende März 1926 der Entschluß gefaßt, den Stollenvortrieb einzustellen, den Stollen zu räumen und ihn ersäufen zu lassen. Fürwahr ein Rückzugsgefecht gegen das Element, das in den Dienst des technischen Menschen gestellt werden soll. Die Vorbereitungen wurden jedoch so gründlich getroffen, daß nach einer halbjährigen Unterbrechung keine Überraschungen entstehen sollten. Als im September desselben Jahres der Durchschlag von S her erfolgte, sank der inzwischen auf 13 m über den Seespiegel gestiegene Bergwasserspiegel (3.2 Atmosphären Druck an der Durchbruchstelle) rasch ab und der Stolleninhalt entleerte sich in wenigen Minuten. Allerdings waren auch der Vorbereitungen viele getroffen worden, ehe es zu diesem wichtigen Ereignis kam. Ganz genau auf den Tag, sozusagen mit der Uhr in der Hand, wurde nach dem vor Monaten aufgestellten Programm dieser Akt vollzogen. Gerade in der Nähe der Durchbruchstelle haben mehrere große Quellen die Arbeiten sehr er-

schwert. Die Leistungen, die hier von braven Stollenleuten Tag und Nacht vollbracht wurden, sind vollster Achtung wert. Es mußte alles aufgeboten werden, um das Ziel zu erreichen, weil die bevorstehende Zeit von Herbst und Winter wegen der geringen Regenniederschläge ausgenützt werden sollte, um die Mauerungsarbeiten durchführen zu können. Denn diese sind in ihrer Güte wesentlich von der Wasserführung des Gebirges abhängig. Schon nasser Fels allein, von dem Tropfwasser niederfällt, kann dem frischen Betonmörtel verhängnisvoll werden. Ausgewaschene Schotternester, ungebundener, weil ausgeschlämmter Zementmörtel und schließlich viel Injektionsgut sind die unangenehmen Folgen.

Für die Auskleidung des Druckstollens, der unter einem Wasserdruck von 17 bis 46 m zu stehen kommt, wurde im allgemeinen Betonmauerwerk verwendet. Nach Fertigstellung der Betonröhre wurde sie zwei bis viermal mit Zementmörtel unter 4 Atmosphären Druck hintergespritzt. Verputz wurde keiner aufgetragen, sondern durch Verwendung von gehobelter Schalung sollte eine saubere Oberfläche erzielt werden. Der Beton hat in trockenen Strecken durchwegs eine Zementbeigabe von 200 kg erhalten. Durch Verwendung richtiger Korngrößen bei den Zuschlagsstoffen (42% Sand bis 7 mm : 19% Kies bis 25 mm : 39% Schotter bis 80 mm) war ein recht guter Beton herzustellen, der auch in jeder Hinsicht befriedigte.

Die Untersuchungen über die Zuschlagsstoffe und Zemente oblag dem bewährten Fachmann auf diesem Gebiete, Herrn Oberbaurat Ing. Spindel von der Bundesbahndirektion Innsbruck. An der Baustelle war ein kleines Laboratorium eingerichtet, in welchem laufend die Zementproben durchgeföhrt wurden. Sehr vorteilhaft erwiesen sich die Festigkeitsbestimmungen mit dem Probek balken nach dem System Emperger-Naehr. Wesentliche Beachtung fand die Zusammensetzung des Sandes, weil das an der Baustelle vorhandene Sandmaterial aus den Innschottern wegen des großen Glimmer- und Staubgehaltes nicht ohne Einfluß auf die Güte des Betons war. Es wurde daher die Herstellung von Qualitätsbeton ganz auf das Stollenausbruchmaterial abgestellt, das in reichlicher Menge vorhanden war. Allerdings mußte das Stollenmaterial über den Steinbrecher und die Sandmühle geleitet werden, damit die richtigen Korngrößen erhalten wurden. Die in Verbindung mit den Brechanlagen geschaffenen Silos ermöglichten weiterhin die gewünschte Dosierung der Korngrößen. Auch beim Mauerungsprofil von der Stärke 20 cm wurden Schottersteine über 6 cm Größe verarbeitet, dagegen wurde die mittlere Korngröße (7 bis 25 mm) möglichst ausgeschieden. Das zur Verwendung gekommene Steinmaterial und Wasser wurde auf seine Eigenschaften genau geprüft, um vor Überraschungen geschützt zu sein.

Der Vorgang bei der Mauerung war folgender: Nach Verlegung der Betonrohre und deren Einbetonierung wurden die Lehrbögen für die seitlichen Mauerteile aufgestellt und die Schalbretter nach Maßgabe des Fortschrittes des Betonmauerwerkes bis zu der Höhe hochgezogen, bei welcher der Stampfbeton nicht mehr eingebracht werden konnte. Die Schlußbetonierung erfolgte dann vor Kopf unter Zuhilfenahme von

kurzen Schalungsbrettern und Blechstreifen. Die Schalung wurde etwa eine Woche gelassen und nach dem Freiwerden wieder verwendet. Die Einbringung des Sohlenbetons erfolgte in einem Zuge. Vorher mußte das Zufahrtsgleis auf lange Schwellen, die auf dem fertigen Mauerwerk auflagen, hochgelegt werden. Da sowohl der Haupt- als auch der Sohlenbetonierung eine Reinwaschung der Felslaibung vorausging, war auch ein gründliches Anbetonieren an den Fels zu erzielen. Nur in der Kalotte war eine mehrmalige Injizierung notwendig, während hinter den Ulmen und unter der Sohle keine Zementmilch eingepreßt werden konnte. An allen Stellen, an denen Quellen oder Wasseraustritte vorhanden waren, mußte mit Hilfe von einbetonierten Röhren, eingelegten Sickergängen oder in größeren Strecken durch Wellblechtafeln der Wasserzudrang mit großer Sorgfalt abgehalten werden.

Der fertige Stollen stellt sich als glattwandige Röhre dar. Nur an den Stößen der einzelnen Mauerungsringe, alle 3·92 m, und an einzelnen Horizontalschalungsfugen zeigten sich Grate, die leicht abgenommen werden konnten.

In seinem letzten Stück, 50 m vor dem Steigschacht, erhielt der Stollen eine Bewehrung durch eine Manschette von 7·5 cm Stärke, wobei die Eisenbeanspruchung mit 1800 kg/cm² angenommen wurde. Auch der Übergang zum Steigschacht und die untere Wasserschloßkammer wurden nach den gleichen Berechnungsgrundlagen armiert.

Der kreisrunde, im lichten Durchmesser 4 m weite Steigschacht, ist 40 m hoch. Er endet in der Mitte der oberen Kammer, die 2 × 40 m lang und 6 m hoch ist. Seine Mauerstärke ist mit 40 cm bemessen. Die obere Kammer blieb bis auf die Sohle unverkleidet, herabfallende Felsstückchen werden durch eine Abfallstufe und ein Fußgitter an dem Eindringen in den Steigschacht behindert. Ebenfalls in Fels gehauen ist die Kammer, in der die Apparate, der Venturimesser, zwei Drosselklappen und das Luftventil eingebaut wurden.

Druckschacht.

Die vorzügliche Beschaffenheit des Felsens unterm Weihnachtseck gestattete die Ausführung eines Druckschachtes. Unter 45° geneigt ist der Schacht 513 m lang. Der Ausbruch erfolgte von unten auf 2·70 m lichte Weite, im untersten Hektometer 3·50 m. Dem Sprengen folgte die Schutterung von selbst. Im Rohrstollen wurde dann das Material durch eine Schnauze entnommen und abgefahren. Der Einbau der Blechpanzerung von 12 bis 28 mm Wandstärke bei einer lichten Weite von 2·30 m erfolgte von unten nach oben. Doch mußten die 4 m langen Rohrschüsse erst auf einem Schrägaufzug hochgezogen, in einen der Zugangsstollen eingefahren und im Druckschacht selbst durch eine Seilwinde abgelassen werden. Zu dieser letzteren Arbeit war im Druckschacht ein Gleis von 1 m Spur genau einbetoniert worden, auf dem die Rohre mit vier aufgeschweißten Gleitbacken zu liegen kamen. Das schwerste Rohrstück wog 7100 kg. Jedes eingebrachte Rohr wurde sofort einbetoniert, worauf die Montage des nächst höher gelegenen Rohres folgte. Die Verbindung der Innenmuffen geschah durch elek-

trisches Schweißen. Hierzu wurden Gleichstromschweißaggregate und Elektroden von 6 bis 10 mm Stärke verwendet. Die Rohre wurden später angebohrt und mit Zementmilch unter 4 Atm. Druck hinterspritzt. Wenn keine hohlen Stellen mehr zu verspüren waren, wurden in die Bohrlöcher Gewinde eingeschnitten und mit Gewindepfropfen verschlossen und zugeschweißt.

Als Grundlage für die Beanspruchung der Blechauskleidung galt die Maßgabe, daß das freiliegende Rohr, also wenn Beton und Fels nicht wirksam wären, durch den Betriebsdruck nur bis zur Fließgrenze (2000 kg/cm^2) beansprucht wird. Infolge der satten Ausbetonierung zwischen Rohr und Fels sollte eine solche Sicherheit wie bei einer freien Druckrohrleitung erzielt werden, d. h. die Eisenbeanspruchung soll nicht über 800 kg steigen. Bei der ersten Füllung des Druckschachtes waren zwei Dehnungsmesser eingebaut, die den Nachweis erbrachten, daß die Beanspruchung noch unterhalb der errechneten blieb. An einzelnen Stellen war im Druckschacht der Fels nicht hart klingend. Da wurde die Wandstärke des Blechrohres verstärkt.

Verteilrohrleitung, Krafthausanlage, Unterwasserkanal.

Die horizontale Verteilrohrleitung schließt sich an den unteren Druckschachtkrümmer mit einem Konusstück $2300/2000 \text{ mm}$ an. Die Abzweigrohre zu den Turbinen gehen unter 45° vom großen Rohr ab. Die einzelnen Schüsse sind 6 m lang und wiegen bis 22 t . Die Rohre sind wassergas-überlappt-geschweißt und haben eine Wandstärke von 55 mm bei 2000 mm lichte Weite.

Die Bodenverhältnisse für die Anlage des Maschinen- und Schalthauses waren nicht die günstigsten. Ein Grundwasserbach (Gießen) zog mitten durch das versumpfte Gelände. Die Probebohrungen ergaben zwar in 3 m Tiefe gut gelagerten Schotter, doch war zur Freilegung der Baugrube Wasserhaltung notwendig. Der Inn macht sich durch Rückstau sehr unangenehm bemerkbar und demzufolge muß das ganze Bauwerk hochgelegt werden. Schotter und Sand aus dem Untergrund sind wegen hohen Staub- und Glimmergehaltes zu Betonierungszwecken nicht verwendbar. Es muß daher nicht nur der ganze Ausbruch vom Rohrstollen und dem Druckschacht, sondern auch noch vom Hauptstollen für die Krafthausanlage deponiert werden. Schließlich genügen diese Mengen nicht und es wird eine Schotterwäsche an einem Schuttkegel aufgestellt. Das im Rückstau im Innhochwasser stehende Krafthausgelände mußte durch Aufhöhung um mehr als 1 m trockengelegt werden.

Das Kraft- und Schalthaus und die Montagehalle müssen rasch erbaut werden, um für die Maschinenaufstellungen Platz zu schaffen. Für den ersten Ausbau werden fünf Maschinengruppen von zusammen 54.000 PS aufgestellt. Gleich anschließend werden drei weitere Aggregate in Auftrag gegeben, so daß die gesamte Maschinenleistung 124.000 PS betragen wird. Die Schaltanlagen für die 55 kV und 115 kV Einrichtungen sind als Freiluftanlagen ausgeführt.

Durch die Einmündung des 640 m langen Unterwasserkanals in den Inn ist der in früherer geologischer Zeit bestandene Zusammenhang zwischen Achensee und Inn in Erinnerung gerufen. Von nun ab werden in Niederwasserperioden des Inns die 25 Sekundenkubikmeter Betriebswassermenge ihm einen beachtenswerten Zuschuß bringen.

Vom Krafthaus führen die Hochspannungsleitungen zu den Verbrauchern. Für Industrie- und Überlandversorgung wird Drehstrom mit 115.000 und 25.000 Volt, für den Betrieb der Bundesbahnen Einphasenwechselstrom mit 55.000 Volt abgegeben.

Tafel IX—XI:
Ampferer-Pinter: Achenseewerk.

Erläuterungen zu den Tafeln IX—XI.

Taf. IX bringt 17 Bohrprofile und ein schematisches Profil des Hauptstollens.

Die Anordnungen der Bohrungen sind auf Fig. 18 wiedergegeben.

Taf. X stellt einen Teil des Hauptstollens zwischen Fenster I und II im Detail dar. Außerdem ist ein Profil des Einlaufbauwerkes beigegeben.

Taf. XI führt zwei Ansichten des Achensees vor. Das obere Bild stellt den größeren gerade gegen N gerichteten Teil des Sees vor.

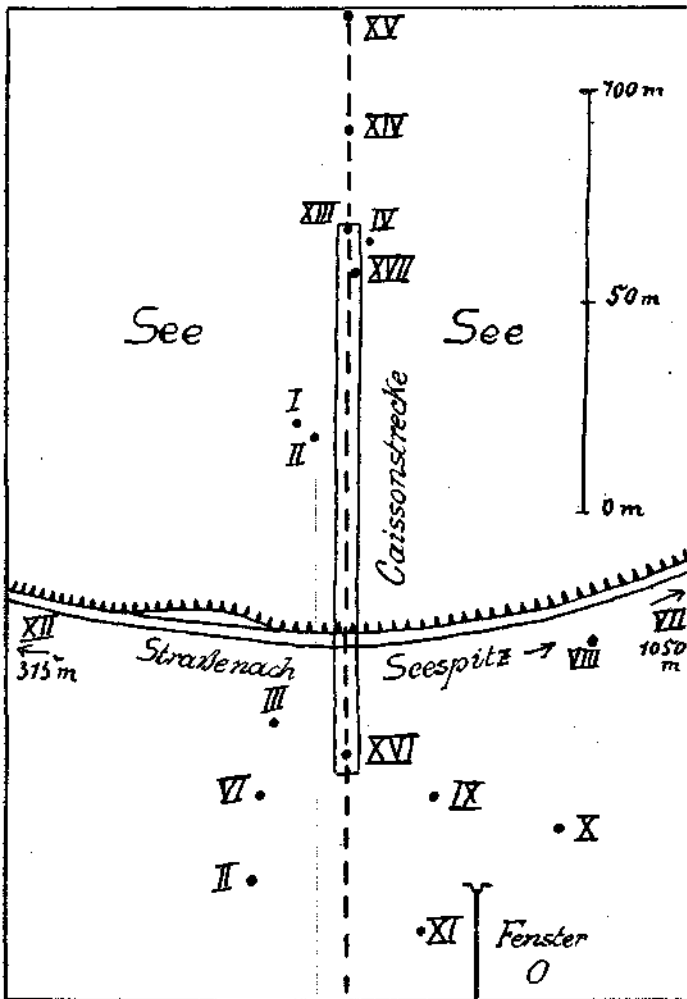


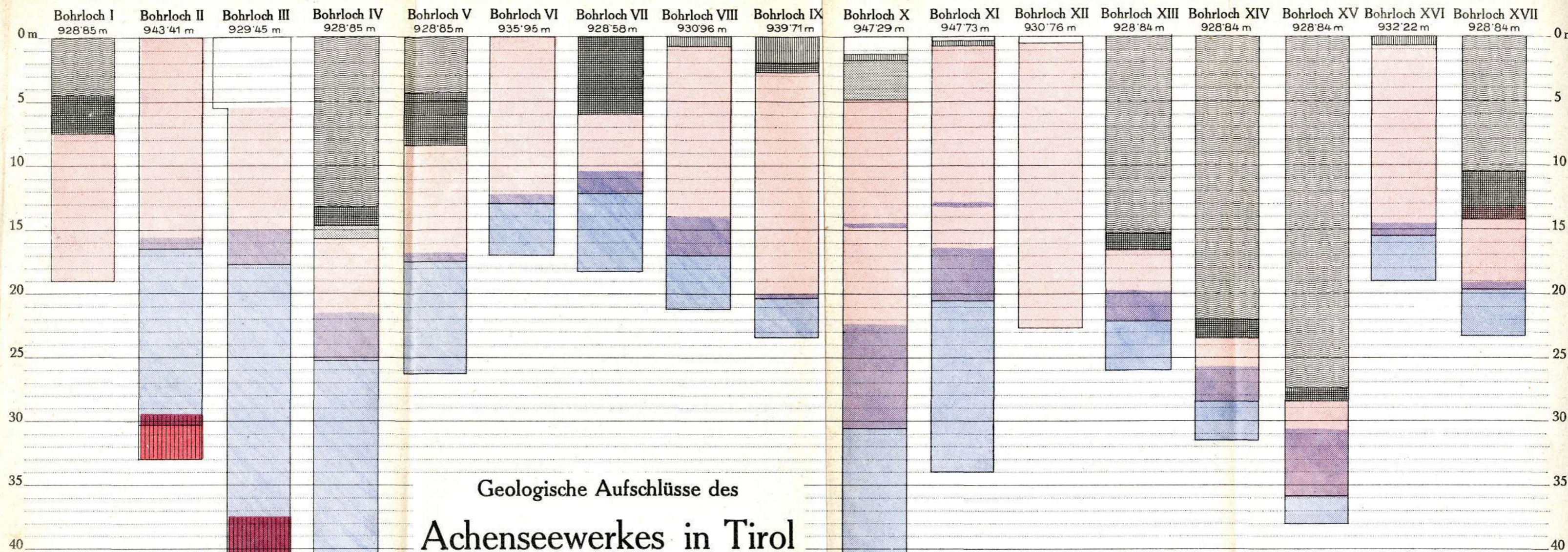
Fig. 18. Verteilung der Bohrungen, welche auf Taf. IX abgebildet sind.

Die Bucht von Pertisan und die Schuttkegel der Breitlahn und Gaisalm sind deutlich zu sehen. Der Kamm von Seeberg- und Seekarspitze trägt hoch hinauf eiszeitliche Rundung zur Schau. Die Kammzone selbst ist aber nicht mehr eingerundet.

Das untere Bild führt das Südende des Sees samt dem Einlaufbauwerk vor. Man erkennt deutlich das flache Südufer und die breit vorgelagerte Schlammbank.

Links erhebt sich der Bärenkopf, welchen der Hauptstollen durchdringt.

Dahinter sieht man die Höhen von Stanserjoch—Kaserjoch—Rappenspitze—Tristkogel und im Hintergrund das Karwendelhochgebirge mit Hochniel—Bettelwurf—Spritzkarspitze—Grubenkarspitze—Sonnjoch—Gamsjoch—Schaufelkarspitze—Bettlerkarspitze—Faltthurnerjoch.

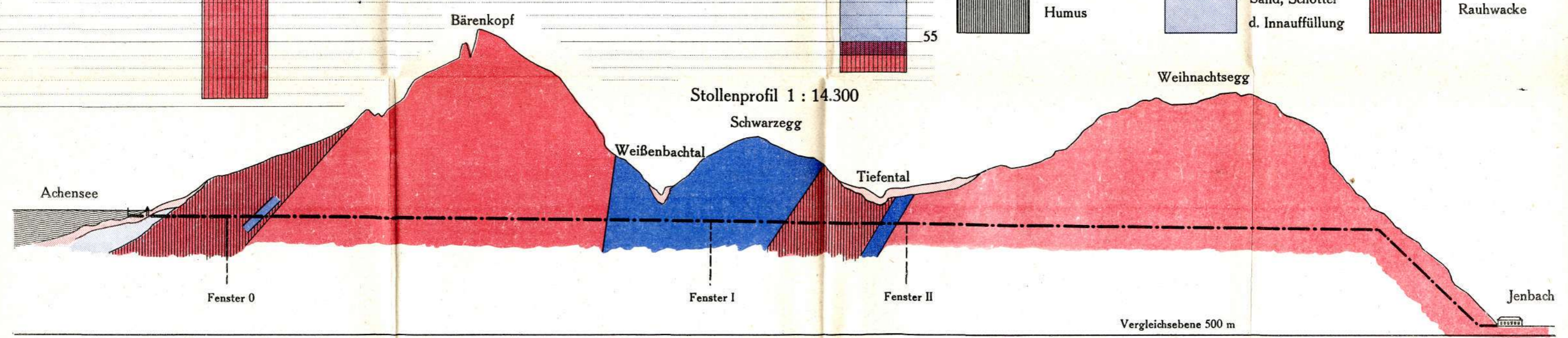


Geologische Aufschlüsse des Achenseewerkes in Tirol

Bohrprofile 1 : 290

FARBENERKLÄRUNG:

- | | | | | | |
|--|------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------|
| | Wasser | | Kies und Hängeschutt | | Wettersteinkalk und Dolomit |
| | Seeschlamm | | Grundmoräne | | Muschel- und Gutensteinerkalk |
| | Humus | | Sand, Schotter d. Innauffüllung | | Rauhacke |

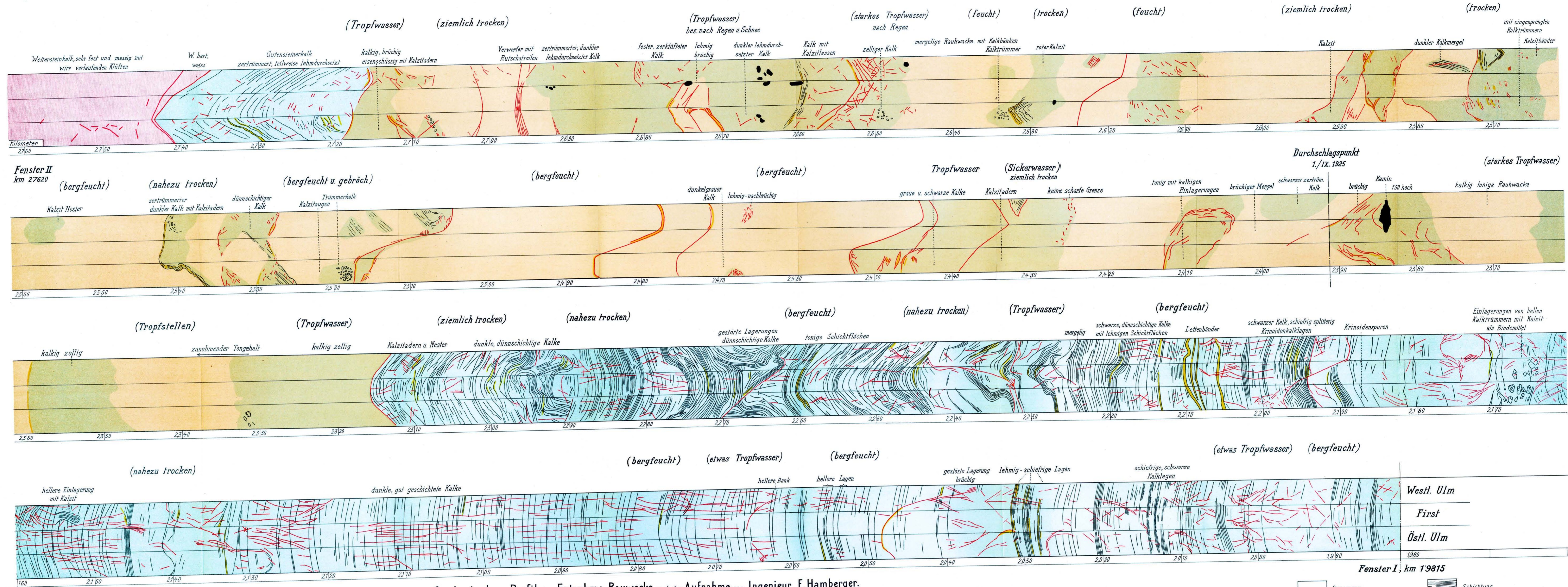


Stationierung in m: 0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000

Geologisches Detailprofil des Hauptstollens zwischen Fenster I u. II nach der Aufnahme von Bergingenieur E. Hammerle.

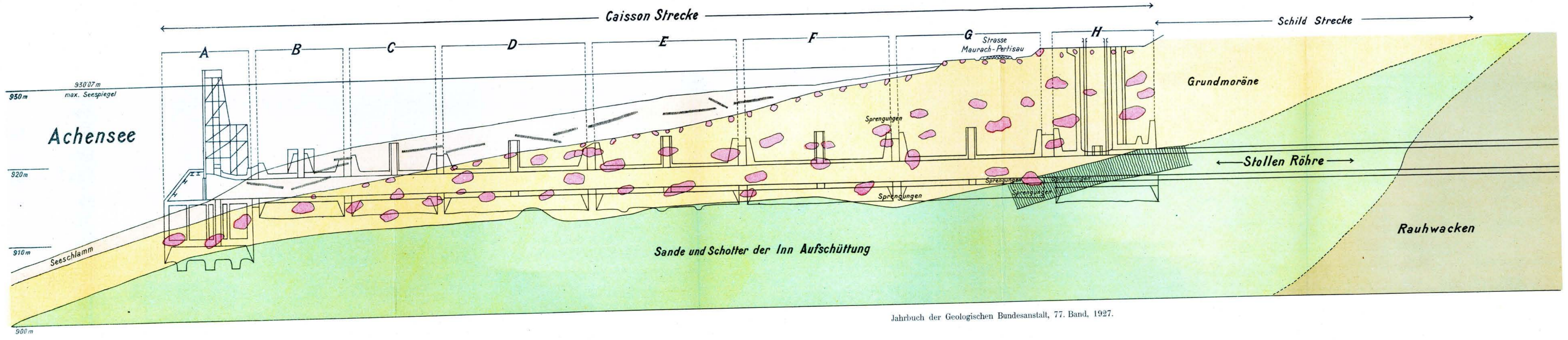
1 : 200

O. Ampferer: Achenseewerk.



Geologisches Profil des Entnahme Bauwerks nach der Aufnahme von Ingenieur E. Hamberger.

1 : 300



Fenster I, km 19815

	Seewasser		Schichtung
	Seeschlamm mit Baumstämmen		Bewegungsflächen
	Grundmoräne mit Blöcken		Harnische
	Sande u. Schotter der Innenaufschüttung		Lettenklüfte
	Verkittete Sande u. Schotter		Kamine
	Wettersteinkalk		
	Muschelkalk		
	Gutensteinerkalk		
	kalkreiche		
	mergelige		

A-H
Bezeichnung für die einzelnen Caisson.
Caisson A, B u C wurden von einer Schwimmbatterie, D, E, F von einem Gerüst, G u H vom festen Boden aus abgesetzt.



Kunstverlag A. Stockhammer -- Hall -- Tirol.