

Die geologischen Verhältnisse des Stau- und Kraftwerkes Wäggital.

Von H. SCHARDT (Zürich).

Mit 3 Tafeln (XVII—XIX) und 6 Textfiguren.

A. Geologische Übersicht.

Das Wäggital, mit rund 15 km Länge, durchschneidet die nördlichen, aber südlicher stammenden helvetischen Deckfalten und die Zone der subalpinen Molasse. Seine Länge verteilt sich ungefähr je zur Hälfte auf diese beiden Gebiete. Der obere Teil — das *Innertal* —, ein altes Seebecken, durch Verlandung trockengelegt, besitzt einen rund 4 km langen und im Mittel 600 m breiten, flachen Boden. Der Ausgang desselben ist eine enge Felschlucht, im Schräh genannt, welche den Gugelberg im Osten, vom Aubrig oder Auberg im Westen trennt.

Durch Abdämmung dieses Engpasses, der auf der Höhe des Talbodens (835 m) kaum 60 m breit ist, wird nun im Innerntal ein See geschaffen, der, bis 900 m gefüllt, 140 Millionen Kubikmeter Wasser aufnehmen kann (Fig. 1, 2 und 3).

Das *Vordertal*, 720 m nördlich vom Gugelberg, liegt auf der Grenze zwischen den helvetischen Kreide- und Eocaenschichten der Gugelberg-Aubrigfalte und der Molassezone. Diese, aus Nagelfluh, Sandstein und Mergel bestehend, bildet mehrere Falten und Schuppen. Die *Aabachschlucht* durchschneidet dieselbe auf eine Länge von etwas mehr als 6 km

und öffnet sich bei Siebnen (450 m) auf dem flachen Alluvialboden von Wangen-Schüblbach, einem früheren Laufe der Linth und noch früher ein Arm des Zürichsees.

Am Aufbau der helvetischen Falten der Umrandung des Innertales beteiligen sich ausschliesslich Teilstücke der obersten Deckfalte, der Drusbergdecke mit ihren drei Frontallappen, der Fluhbrig-, Räderten- und Säntis-Teildecken.

Die *Fluhbrigfalte* erhebt sich auf der Westseite des Innertales, während auf der Ostseite die *Rädertenfalte* steil einsinkt und unter den Talboden eintaucht. Das Innertalbecken ist in bezug auf diesen Verlauf der beidseitigen Falten ein *Längstal*, obschon genau quer zur Alpenfaltung gerichtet. Der Gugelberg-Aubrig-Zug gehört der Säntisteildecke an und steht wohl mit der Wurzel derselben nicht mehr in Zusammenhang, indem dieses Faltenstück — nach unten keilförmig sich zuspitzend — von seiner tieferen Fortsetzung abgequetscht zu sein scheint. Ebenso ist auch Abquetschung in der Längsrichtung konstaterbar, indem am Calvarienberg im Osten des Gugelberges der Kieselkalk des Hauterivien zwischen Oberkreide und Flysch eingeklemmt, deutlich in die Luft ausgeht, während das Westende dieser Falte am Klein-Aubrig unter Obere Kreidemergel eintaucht. Im Osten bilden der *Friedlispitzgrat* und im Westen die *Rigihochfluh* wiederauftauchende Fortsetzungen der Frontalzone dieser Teildecke.

Östlich vom Vordertal zeigt sich ein weiteres tektonisches Element, nämlich der *Wageten-Köpplergrat*, der aus einer einfachen Schichtenreihe vom Malm bis zum Eocæn in fast senkrechter Stellung besteht. Am Rande des Linthtales, zwischen Nieder- und Ober-Urnen auftauchend, verschwindet derselbe 8 km westlich über dem Trebsenbachtobel urplötzlich, ohne irgend welche Spur auf der anderen Seite des Tobels erkennen zu lassen. Die Stollenarbeiten zwischen Innertal und Aabach-Schlucht haben ebensowenig Anzeichen von einer Fortsetzung in der Tiefe festzustellen gestattet. Der Wagetengrat zeigt kein Anzeichen von Gewölbebau. Der Malm liegt isoklinal auf sehr gequetschtem Flysch (Wildflysch). Der Facies nach zu schliessen sind dessen Schichten der *Mürtschendeckfalte* zuzurechnen. Der direkte Zusammenhang ist zwar nicht sichtbar, aber sehr wahrscheinlich. Oberholzer sieht darin einen abgequetschten Frontalfetzen einer parautochthonen Decke.

Die *stratigraphischen Verhältnisse* sollen hier noch kurz erläutert werden. Die Schichtenreihe der *helvetischen Deckfalten* ist aus der beigegebenen stratigraphisch vergleichenden Tafel XVII ersichtlich, so dass auf eine nähere Beschreibung hier verzichtet

NW.
K-W Wäggital.
Gugelbergwald

GEOLOG. PROFILE RECHTS SE. VOM DAMM. 1:2500.

[Topographie von Prof. II u. III approximat.]

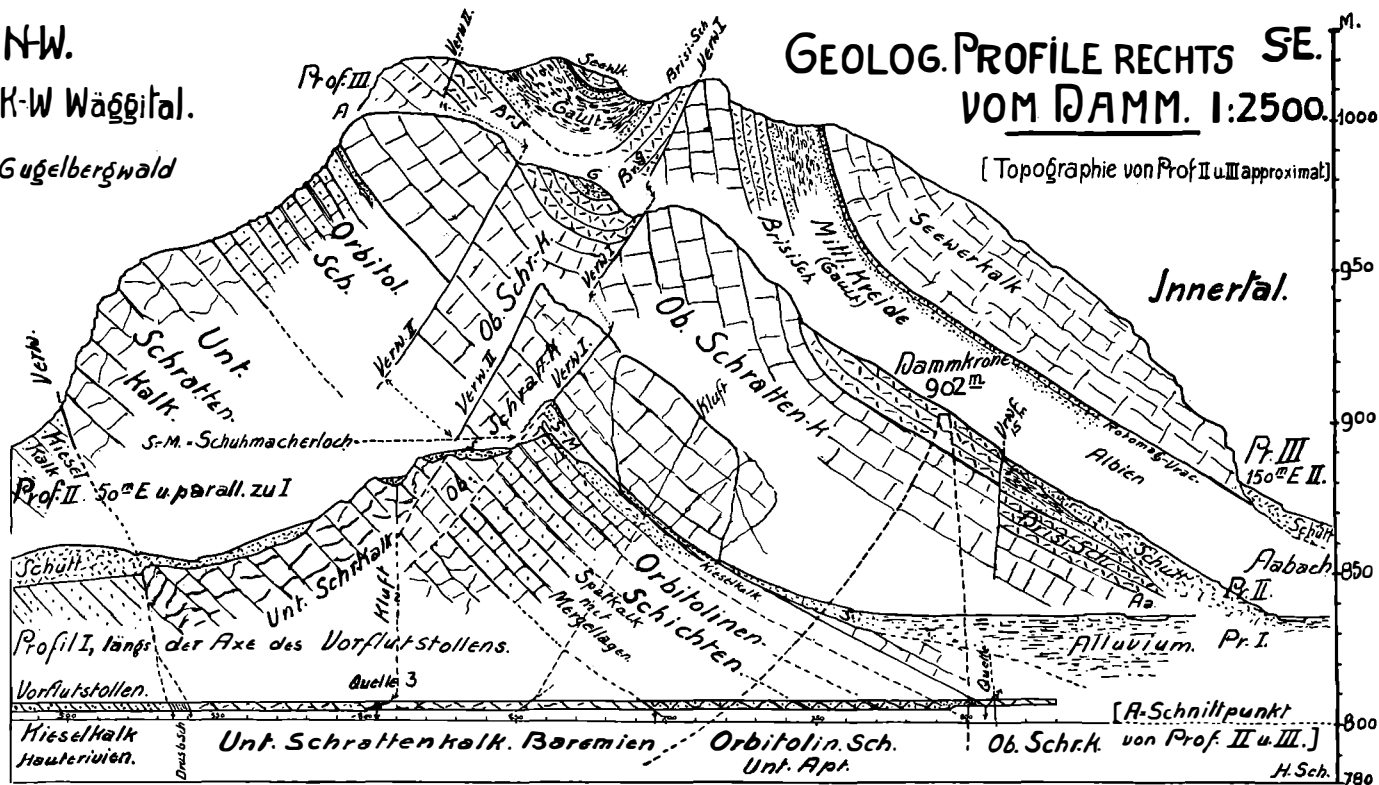


Fig. 1.

werden kann. Es ergibt sich hieraus, dass die untere Kreide allein die hervorragenden Teile dieser Falten bildet. Nur an der Wagetenkette kommt noch Malm hinzu. An den Drusbergteildecken fehlt der Jura vollständig; er ist weit im Süden zurückgeblieben und heute zum grössten Teil abgetragen. Es ergibt sich aus der Tafel auf den ersten Blick, dass von S nach N, d. h. von der Drusbergzone nach der Wageten-Mürtschen-*decke*, die Mächtigkeit der unteren Kreide abnimmt. Im Autochthonen reduziert sie sich auf ein geringes Minimum und fehlt sogar auf grossen Strecken ganz. Bei dieser Orientierung sind die Deckfalten ausgeglättet gedacht. Die Mächtigkeitsverhältnisse sind für die untere Kreide etwa folgende:

| | |
|-----------------------------|-------|
| Fluhbrig (Drusberg) . . . | 900 m |
| Räderten | 700 m |
| Gugelberg-Aubrig (Säntis) . | 530 m |
| Wageten-Köpfler | 120 m |

wobei für die drei ersten die Mächtigkeit der Valangenschichten, die kaum anstehend sichtbar sind, auf 100 m geschätzt werden, was eher ein Minimum ist.

Die *mittlere Kreide* folgt diesen Veränderungen in viel geringerem Masse. In den drei Teilfalten der Drusbergdeckfalte hat dieselbe im Mittel 30 m gegenüber 15 m an der Wageten. Die *obere Kreide* verhält sich ähnlich, wobei die Seewer-Schichten umgekehrt wie das Neocom von S nach N mächtiger werden, während die Amdener Mergel abnehmen und so eine Kompensation erzeugen. Die *Amdener Mergel* können zwar bezüglich Mächtigkeit nicht genau gemessen werden, der Verschülfungen dieses plastischen Gesteins wegen, welches oft mehrere hundert Meter erreicht und dann wieder durch Ausquetschung sehr reduziert erscheint. An der Wageten fehlen diese Schichten vollständig.

Die *Nummulitenschichten* des *Eocaens* zeigen durchwegs eine geringe Mächtigkeit von ca. 10—15 m und sind entweder als *Grünsandstein* (Bürgenschichten) oder als *Kalk* und *Mergelschiefer* ausgebildet, über welchen die *Stadschiefer* (Globigerinenschiefer) folgen, in denen auch einzelne Einschaltungen von Grünsandstein sich zeigen (Bärlaualp). Die lithologische Ähnlichkeit der *Stadschiefer* mit dem Amdenermergel führt dann dazu, ein Übergang der oberen Kreide in die Nummulitenschichten zu vermuten (Kreidenummuliten). Diese Verbindung ist aber durch Schuppungen leicht erklärbar: Wo *Wagschichten* vorhanden sind, ist eine solche Verbindung von Kreide und Tertiär absolut ausgeschlossen. Wagschichten (Danien, oberste

K-W Wäggitäl.

GEOLOG. PROFIL IN DER DAMMAXE.

1:2500.

Schährücken.

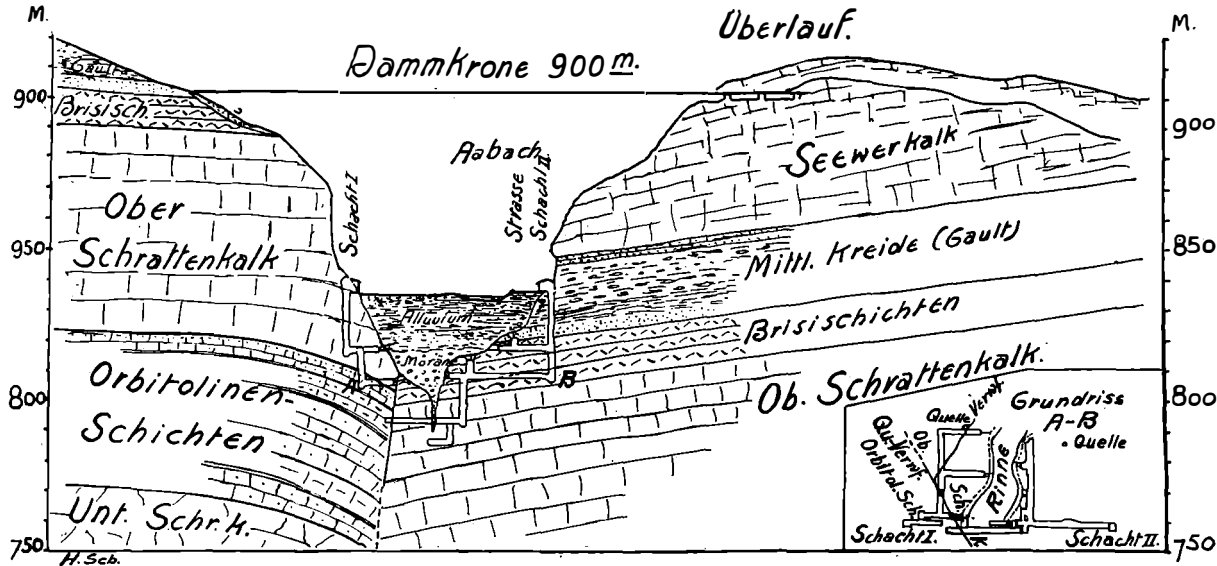


Fig. 2.

Kreide) konnten in diesem Gebiet in direkter Verknüpfung mit den verschiedenen helvetischen Falten nicht beobachtet werden, wohl aber als gewaltiger *Rutschfetzen* nördlich des Fluhbrigs (Rotwand, siehe Taf. XIX, Profil der westlichen Talseite), welcher Schichtenkomplex vom Dach der Fluhbrig- (Drusberg-) Falte abgerutscht sein muss. Hier kann auf der Grenze von Kreide und Eocæn keine Rede von einem Übergang oder gar von Wechsellagerung sein. Der Nummulitenkalk überlagert in unebenem Kontakt die Wangschichten; einzelne Teile der Wangsedimente greifen in die Nummulitenschichten hinein, was auf einen noch ziemlich unverfestigten Zustand jener zur Zeit der Ablagerung der letzteren auf der Transgressionsfläche zurückzuführen ist. Ausserdem beobachtet man an der Grenze der abgerutschten Schollen jeweilen mehr oder weniger dünne Platten von verquetschtem Flyschsandstein und grober Breccie, während auf den Nummulitenkalken typische Globigerinenschiefer folgen. Über diesen folgt dann wieder verschürfter Wildflysch mit exotischen Blöcken und Schollen (Triasquarzit und -dolomit, Liaskalke, Neocom, rote obere Kreide usw.), Beweis, dass hier sehr weitreichende tektonische Schubbewegungen im Spiele gewesen sind.

Die Stad- oder Globigerinenschiefer werden als helvetischer Flysch bezeichnet. Der übrige Flysch besteht aus Wechsellagerungen von grauen Schiefen mit mehr oder weniger groben Sandsteinen, der aber wohl zum kleinsten Teil als normale Überlagerung der helvetischen Schichten gelten kann. Er ist begleitet von exotischen Blöcken ostalpiner Sedimente und muss deshalb zum Grossteil als penninischer Herkunft betrachtet werden. In der Nähe der Schubflächen sind diese Schichten sehr gequetscht und verbogen (Wildflysch), in grösseren Komplexen hingegen ganz regelmässig gelagert. Eine scharfe stratigraphische Grenze zwischen Wildflysch und dem übrigen (ungestörten) Sandsteinflysch ist nicht vorhanden. Beide gehören zusammen und sind nur tektonisch verschieden beansprucht. Hingegen besteht immer eine scharfe Abgrenzung gegenüber dem helvetischen Flysch, und zwar nicht stratigraphisch, sondern in Form von Gleit- und Quetschflächen, was eben die penninische Herkunft dieses Flysches bekräftigt. Es ist derselbe Sandstein-Breccien, und Schieferflysch, der auch die Deckschollen der Klippen begleitet.

Auf die *Quartärablagerungen* sei hier nur beiläufig hingewiesen. Sie sind in engster Beziehung mit der Entwicklung der heutigen Landschaft im Verlaufe der Gletscherzeit und seit dem Rückzug der diluvischen Gletscher.

K-W Wägital

GEOLOG. PROFIL LINKS VOM DAMM. 1:2500. Schrährücken.

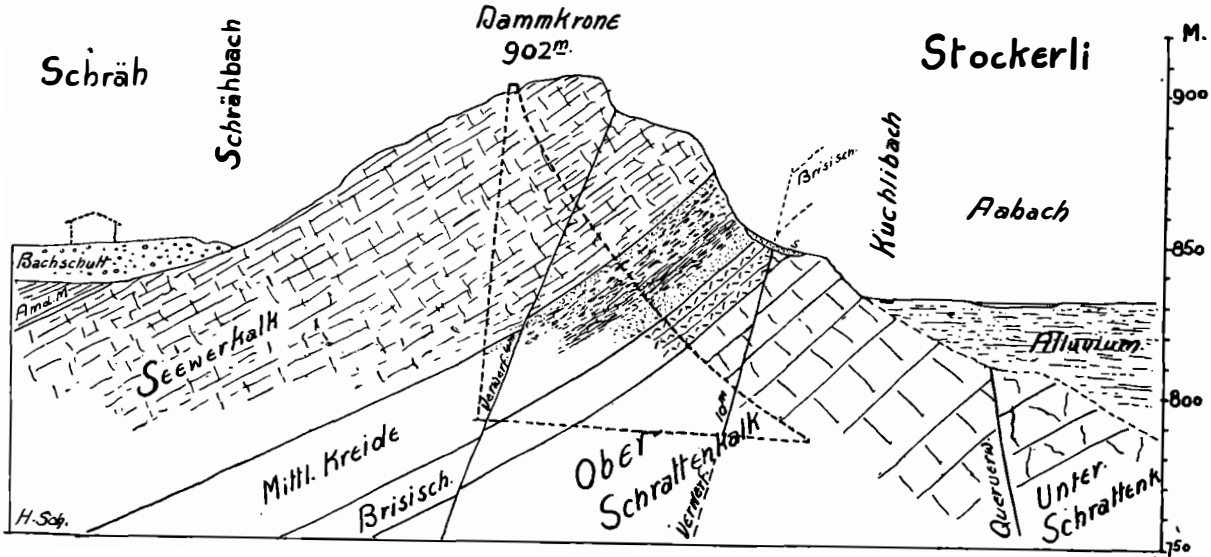


Fig. 3.

Das Innertal sowohl als das Vordertal sind ohne weiteres als Trogbekken des einstigen Aa-Gletschers zu erkennen, der als Zufluss des Linthgletschers vom Pragelpass herunterfloss und seitlich zahlreiche Zuflüsse aufnahm. Während des Maximalstandes des Linth - Rheingletschers zur Zeit der Würmvergletscherung wurde der Aagletscher bis in die Nähe des Vorder-ales gestaut.

Der Gletschererosion ist die Auskolkung der beiden Becken zuzuschreiben, dort wo die weichsten Schichten (obere Kreidemergel und Flysch im Innertal, Wildflysch, Staadschiefer und Molassemergel im Vordertal) die Ausbreitung und Vertiefung zu fördern gestatteten. Durch die Felsmasse des Gugelberg-Aubrig wurde vom Gletscher auf der Höhe des Schrährückens, 920 m, und durch die gestörte harte Molassenagelfluh zwischen Vordertal und Siebnen auf der Höhe des Schwendibodens eine breite Rinne ausgegraben. Die Schrährschlucht und die Aabachschlucht sind dem Wasser allein zuzuschreiben, was durch die besondern Formen der Erosion an deren Wandungen bewiesen wird. Gletscherschliffe finden sich auf dem Schrährücken, nicht aber in der Schlucht. Die Einschnitte sind entweder schon während der Interglazialzeiten oder auch erst später — Aabachschlucht — vertieft worden.

Das Innertalerbecken hat wohl zwei Seephasen hinter sich. Zuerst war dasselbe ein glazialer Erosionssee, der während der Interglazialzeiten bestand; dann aber wurde der Felsriegel im Schräh durchsägt, und zwar bis auf die Tiefe von 790 m, 50 m unter der heutigen Oberfläche, und der See entleerte sich, wahrscheinlich vor der Würmvergletscherung. Zur Zeit des Bühlrückzugstadiums wurde zwischen Vorder- und Innertal im Falz eine Stirnmoräne abgelagert; dazu gesellte sich dort noch ein gewaltiger Schuttkegel aus der Lindenruns und obendrein noch ein Bergsturz vom Aubrig herunter, so dass die Felsrinne dort verschlossen wurde und ein Stausee entstand, der nicht nur das Innertal, sondern auch den Stockerliboden zwischen Falz (Vordertal) und dem Schrähengpass überflutete. Die Fundierungen zum Bau des Staudammes haben bis 30 m unter der Oberfläche Seeschlamm, horizontal geschichtet, mit Holz und Torfzwischenlagerungen abgedeckt; darunter Grundmoräne in der engen Klamm. Also war die Rinne schon vor der letzten Vergletscherung übertieft. Der durch Abdämmung entstandene See (postglazial) wurde fast ausschliesslich durch Verlandung, zum mindesten durch Einschneiden in die abdämmende Schuttablagerung, seines Wasserinhaltes beraubt, um so weniger,

als der Überlauf durch den Lindenruns-Schuttkegel an die felsige Talseite des Gugelberges gedrängt wurde.

Im Innertal haben zahlreiche Schuttkegel, besonders derjenige des Schlierenbaches, welcher im Flysch der Tannstofelalp sein Einzugsgebiet hat, zur Auffüllung des Seebeckens mächtig beigetragen. Das auf seiner Sohle stark geneigte Vordertalbecken hat wohl nie einen See beherbergt. Moräne, Bergsturzschutt und Gehängeschutt bedecken seinen Boden und die unteren Flanken. Dazwischen ragen einzelne Felsrippen von Nummulitenkalk und -sandstein hervor, zum Beweis, dass der Felsuntergrund nicht sehr tief unter der heutigen Oberfläche liegt. Der Gletscher hat hier mangels an Gefäll nur ausbreitend gewirkt und nicht übertieft.

Die vorangehenden Erläuterungen mögen als Grundlage dienen zum Verständnis der folgenden Ausführungen über die Eignung dieses Gebietes zur Anlage des in Ausführung begriffenen Stau- und Kraftwerkes.

B. Geologische Grundlagen des Staubeckens und des Kraftwerkes.

1. Historisches.

Schon im Jahre 1896 wurde zur Anlage eines Kraftwerkes mit Staubecken eine Konzession erteilt. Aber erst später wurden ernstliche Untersuchungen ausgeführt, um die Möglichkeit der Verwirklichung des Planes zu prüfen. Ein 16 m tiefer Schacht in der Schrähkluse erreichte aber den Felsuntergrund nicht und der Wasserzufluss war auch so bedeutend, dass die Ausführung einer Staumauer damals als undurchführbar erachtet wurde. Hierauf wurde die Anlage eines Erddammes im unteren Teil des Innertales, als Verlängerung des Schlierenbachschuttkegels, in Aussicht genommen, dort, wo dieser den Talboden auffallend zuschnürt (Fliengli). Es wurden zu diesem Zwecke nicht weniger als 92 Sondierungen, als Schächte oder Tiefbohrungen, z. T. über 20 m tief vorgenommen, um über die Beschaffenheit des Untergrundes Aufschlüsse zu gewinnen. Es wurde dabei festgestellt, dass unter dem Bachschutt und dem lehmigsandigen Sealluvium blockiges Material (wahrscheinlich Grundmoräne) liegt. Im mittleren Teil des Talbodens wurde nirgends der Felsuntergrund erreicht, wohl

aber in der Nähe des Talrandes. Aber es blieb bei diesen Untersuchungen, an welchen sich die kantonalen und stadtzürcherischen Elektrizitätswerke beteiligt haben.

Erst im Verlaufe des Weltkrieges, da überall Mangel an Elektrizitätskraft herrschte, wurde das Projekt wieder aufgenommen, mit gründlicheren Untersuchungsmethoden. Mittels Anlage von Sondierschächten in den beidseitigen, fast wasserundurchlässigen Felswänden des Schrähengpasses wurde die Form und die Tiefe der mit Schutt gefüllten Felsrinne durch horizontal von 10 zu 10 m angelegte Fühlstollen abgetastet und so festgestellt, dass sich dieselbe nach der Tiefe zu auf wenige Meter verengt und dass ihre Sohle zwischen 45 und 52 m unter der Oberfläche sich befindet. Damit war die Aufgabe der Fundierung der Staumauer genau festgelegt (Fig. 2). Zur Ausführung dieser Arbeit wurde hierauf ein Entwässerungsstollen von rund 800 m Länge begonnen, der in einer Tiefe von 30 m unter der Oberfläche in die zukünftige Baugrube einmünden sollte, also bis auf diese Tiefe alle Wasser frei ableiten konnte (Fig. 1). Auf dieser Tiefe wurde dann auch der grosse Damm fundiert und der tiefere Teil der Rinne mit ihrer Grundmoränenfüllung vorerst unberührt gelassen. Erst später wurde dieselbe bergmännisch ausgeräumt und mit Beton ausgegossen. Die Höhe des Dammes war ursprünglich auf die Meereshöhe von 880 m angenommen worden, später aber auf 900 m festgesetzt, so dass der nun bald fertige, als Gewichtsdamm ausgeführte Betonmonolith, eine Höhe von 68 m über dem Talboden, von über 100 m über der Sohle der Felsrinne hat. Es sei noch nebenbei angeführt, dass dieser Talverschluss weitgehende Veränderungen notwendig gemacht hat, wie die Verlegung des Dörfleins Innertal mit Kirche, Schul- und Pfarrhaus und zahlreicher Wohnsitze, die im Tale zerstreut lagen. Dann den Bau einer neuen Landstrasse bis auf die Dammhöhe, von wo aus zwei den Ufern entlang verlaufende Strassen den See umfassen.

2. Die Eignung des Innertales als Staubecken.

Sie wird vor allem durch den Hauptfaktor, *die Undurchlässigkeit des Talbodens, der Talränder* und *des natürlichen Querverschlusses* des Gugelberg-Aubriggrates bedingt.

In den Schuttablagerungen des Talbodens ist selbstverständlich ein Grundwasserstrom enthalten. Färbungen mittels Fluorescein haben gezeigt, dass dieses Wasser durch den Engpass hindurch zu Grundwasserquellen gelangt, welche im

Vordertal beim Kilchblatt entspringen. Der Versuch gelang, sowohl durch Färbung des Aabaches selber — in der Nähe der Schlierenbachmündung —, als auch durch Versenkung des Farbstoffes in der Schrähklus, nach Abdeckung des Grundwassers mittels einer etwa 1 m tiefer Schürfung.

Die *westliche Talwandung* zwischen Fluhbrig und Aubrig besteht auf der ganzen durch den See bespülten Strecke aus Flysch, der nicht nur durch seine eigene lithologische Zusammensetzung, sondern ganz besonders noch durch die fast durchgehend vorhandene lehmige Verwitterungskruste als völlig wasserdicht gelten kann. Anders verhält es sich mit der *Ostseite* des Innertales. Hier ist allerdings die untere Hälfte, vom Gugelberg an bis zum Fläschenloch, gegenüber von Bad Innertal wiederum aus Flysch und vom Dorfbach aufwärts von tonigen Mergelschiefen der Oberkreide gebildet, bedeckt von der lehmigen Verwitterungskruste. Diese Strecke darf als absolut wasserdicht bezeichnet werden. Hingegen kommen vom Fläschenloch aufwärts Schichten des oberen Schrattenskalkes und des Seewerkalkes an den unteren Talrand. Hier entspringt aus Seewerkalk auch die *Grosse Fläschenlochquelle* (Fig. 4), die bei Mittelwasserstand wohl 1000 Sek.-Liter Wasser führt und offenbar mit einem weitverzweigten Spaltensystem unterhalb der Schinberg-Bockmattli und Hohfläschenalp in Verbindung steht. Noch mehr bedeutungsvoll ist das Vorhandensein — 1800 m talaufwärts, fast in derselben Lage — einer temporären Quelle, Hundsloch genannt (Fig. 5), wo bei Regen und Schneeschmelze oft eine gewaltige Wassermenge aus einem schiefliegenden Schieferungs- (oberer Schrattenskalk) hinuntersteigenden Schlund ausgestossen wird. Der Überlauf des Hundsloches liegt bei 903 m. Am Fläschenloch existiert ebenfalls bei 905 m ein Überlauf, der aber nur selten in Tätigkeit tritt, denn die permanenten Quellen entspringen etwas tiefer auf verschiedenen Höhen, zwischen 870 und 885 m, aus Klüften des Seewerkalkes. Trotzdem zwischen diesen beiden Öffnungen die Synklinale des Aberli-Hohfläschentales eingesenkt ist, den Rädertenberg von Schinberg trennend, war die Vermutung dennoch berechtigt, dass diese beiden Wasserausflussöffnungen unterirdisch in Zusammenhang seien, durch ein durch Korrosion gebildetes Netz von Kanälen, längs dem im Schrattenskalk durchwegs vorhandenen Spaltensystem. Die Hundslochquelle wäre somit als Überflussquelle der Fläschenlochquelle zu betrachten, obschon diese eine unabhängig von jener funktionierende, sogar 2 m höher gelegene eigene Überflussöffnung besitzt. Dieser Umstand erklärt sich übrigens leicht durch die Länge der

Verbindungskanäle und durch die Herkunft der Zuflüsse, welche beidseitig der trennenden Mulde in den gemeinschaftlichen Sammelkanal einmünden und je nach dem Abstand die eine oder die andere Überflussöffnung in Tätigkeit setzen können, wenn nicht gar beide zugleich fließen.

Gestützt auf obige Voraussetzung wurde eine Färbung beschlossen. Diese sollte beweisen, dass kein Wasser aus dem Spaltensystem, das sich wohl weit unter dem Talboden ausdehnt, anderswo ausfließt, als durch die Fläschenlochquelle. — Der Versuch musste also im Winter bei Niederwasserstand ausgeführt werden, wenn die Hundslochquelle versiegt ist. In diesem Falle ist es sogar möglich, bis 20 m tief in den Schlund hinabzusteigen, wo dann ein ruhiger Wasserspiegel sich zeigt, etwa auf der Höhe der untersten permanenten Fläschenlochquellen.

Der angesetzte Tag, der 9. November 1919, fiel leider in eine Regenzeit. Das Hundslloch war bis 50 cm unterhalb des Überlaufs voll Wasser. Es floss aber kein Wasser über die Kante; nur zwei kleine Verlustquellen flossen aus Spältchen des Albien. Ein Einsteigen in den Schlund war unmöglich und das Einschütten des Farbstoffes in der Nähe des Überlaufes hätte zur Folge gehabt, dass viel davon durch die Verlustquellen herausgeflossen wäre. Zur Vermeidung dieser Möglichkeit wurde das wasserlösliche Fluorescein in 3, je 1 kg haltenden Büchsen, soweit wie möglich vom Überlauf entfernt, als Ganzes versenkt, nachdem dieselben aufgeschnitten und in Papier eingewickelt worden waren. So gelangte jede in eine tiefgelegene Stelle, ehe die Auflösung beginnen konnte, und die sich allmählich bildende konzentrierte Lösung musste in dem ruhigen Wasser langsam nach der Tiefe zu abfließen.

Das Resultat war überzeugend. Die am 9. November 11 Uhr versenkte Farbe erschien am Fläschenloch schon in der folgenden Nacht. Vom 10. bis 12. November war das Wasser der Quelle sichtbar grün fluoreszierend. Mit dem Fluoreskop konnte die Färbung anfänglich rasch abnehmend, dann nur noch sehr schwach sichtbar, bis zum 23. Dezember beobachtet werden. Am 20. November trat die Hundslochquelle infolge Regen und Schneeschmelze in Tätigkeit und die seit 8 Tagen dem Auge unsichtbar gewordene Fluoreszenz erschien wieder für kurze Zeit im Aabach, nicht aber an der Fläschenlochquelle. Durch die rückläufig gewordene Strömung ist ein Rest der noch in der Tiefe weilenden konzentrierten Lösung ausgestossen worden.

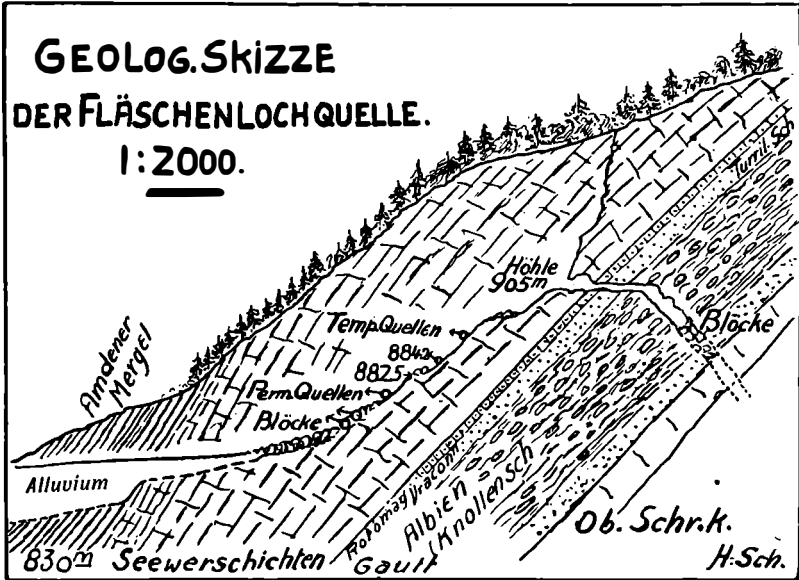


Fig. 4.

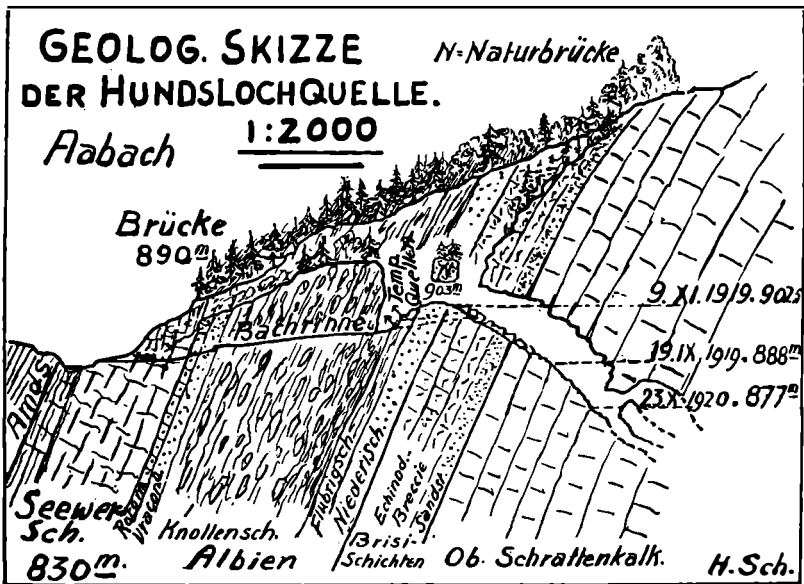


Fig. 5.

Die Berechnung der nach den täglich entnommenen Wasserproben konstruierten Kurve des Fluoresceingehaltes per Kubikmeter, multipliziert mit dem Ertrag der Fläschchenlochquelle, hat ergeben, dass durch diese rund 2600 gr Farbstoff ausgeflossen sind — 400 gr müssen durch die Verlustquellen des Hundsluches und beim Überfließen derselben, am 20. November, hier ausgestossen worden sein.

Dieses Ergebnis beweist, trotz des störenden Einflusses der Tätigkeit der Hundsluchquelle, dass das auf der östlichen Talseite durch das Kalkgebirge (Karrenfelder und Karstlöcher des Schinberges und der Rädertenalp) aufgenommene Wasser *vollständig* in das Innertal ausfließt und dass keine unterirdischen Verluste etwa westwärts unter dem Talboden hindurch in der Richtung des Eutales stattfinden. Die Möglichkeit von Abflüssen ostwärts nach dem Oberseetal ist vollständig ausgeschlossen, weil dieses Tal höher als 900 m liegt und weil unter dem Schrattenkalk mehrfache wasserdichte Schichten sich vorfinden.

Der Talboden sowohl als die Talwände können somit als wasserdicht gelten. Es bleibt noch der Abschluss im Norden, gebildet durch Teile des Gugelberges und den, Schrährücken genannten Ausläufer des Aubrigs, zwischen welche der Staudamm gebaut wird. Hier kommen Seewerkalk und sogar eine geringe Oberfläche des oberen Schrattenkalkes mit dem Stauwasser in Berührung. Der Seewerkalk ist oberflächlich verkarrt und tief zerklüftet. Die Unterlage desselben, das Albien, ist hingegen wasserdicht, dank seinen schiefrigen Bestandteilen. Unter dem ebenfalls zerklüfteten und verkasteten oberen Schrattenkalk liegen die 50 m mächtigen, zum Teil mergeligen Orbitolinenschichten. Sollte nicht die eine oder die andere der grösseren Verwerfungen wasserableitend auftreten, so dürften die betreffenden Gebirgsteile als wasserdicht aufgefasst werden, wenigstens in der Querrichtung. Anders in der Längsrichtung. Hierüber hat die Bohrung des Entwässerung- (Vorflut-) stollens wichtige Aufschlüsse erbracht. Der bei 800.7 m angesetzte Stollen hat nämlich drei Quellen angeschnitten: eine auf der Grenze der Drusbergschichten der Nordflanke, eine zweite im Kieselkalk und eine dritte im unteren Schrattenkalk der Südflanke, die beiden letzteren mit Zuflüssen von der Berg- und Talseite.

Das Wasser dieser Quellen muss früher dem Grundwasserstrom des Stockerlibodens zugeflossen sein. Die Quelle 2 bildete sogar einen am Talrand aufsteigenden Wasseraufstoss, nördlich der Stockerlihütte, der natürlich infolge des Stollenbaues verschwand. Die Quelle 3 besteht aus zwei vollständig getrennten

Zuflüssen: Einem *bergseitigen*, aus einer schiefen Kluft herunterfallenden, und einem *talseitigen*, aus derselben Kluft, aber am Boden aufsteigenden. Jener kann als der normale Quellauf betrachtet werden, dieser als rückläufig gewordenes Grundwasser des Stockerlibodens, durch den vom Stollen abgeschnittenen Kanal zufließend. Die Färbungen des Grundwassers, von denen oben die Rede war, haben dies bewiesen. Die talseitigen Zuflüsse dieser Quellen wurden beeinflusst, die bergseitigen nicht. Diese Wasserläufe bewegen sich in der Längsrichtung des Gugelberges, und nicht quer dazu. Eine Färbung der 8 Versickerungstrichter auf dem Gugelberg (.000 m) hat ergeben, dass alles dort versickernde Wasser in den etwa 1500 m entfernten Vorflutstollen gelangt und der bergseitigen Quelle 3 zugute kommt. Diese ist sehr veränderlich, die talseitige nicht. Die Temperatur beider ist auch verschieden.

Merkwürdig ist, dass die sog. Kuchlibachquelle, die auf einer Verwerfung zwischen dem Brisiechinodermen-Kalk und dem oberen Schrattenkalk neben der Schrähkluse entspringt, weder durch den Vorflutstollen noch durch die Abteufung der Baugrube abgeleitet worden ist. Beim Bau der Sondierungsschächte und Stollen im Schräh wurde durch Anschneiden der Querverwerfung ein Teil dieser Quelle abgeleitet. Die Zuflüsse konnten aber verschlossen werden. Sie wird heute zur Wasserversorgung verwendet.

Die langandauernde Abteufung des Grundwassers in der Baugrube im Schräh hat dazu geführt, dass die talseitige Quelle 3 allmählich abnahm und zuletzt verschwand. Ein Teil des Stollenwassers floss sogar durch den Kanal ab. Eine Färbung dieses Wassers hat ergeben, dass dieses nun dem Grundwasser des Stockerlibodens zufloss, dessen Spiegel also tiefer als der Stollen gesunken war, und in die Grundwasserquelle beim Kilchblatt gelangte, die übrigens durch dieselbe Ursache sehr abgenommen hatte. Der zu verschliessende Engpass im Schräh fällt zusammen mit einer Querverwerfung (Blattverschiebung), die am oberen Eingang den oberen Schrattenkalk auf der Gugelbergseite mit dem Seewerkalk des Schrährückens in Berührung bringt. Am Ausgang desselben stehen sich unterer Schrattenkalk und Brisibreccie gegenüber. Der tiefste Teil der Schlucht des alten Aabachs verfolgt genau diese Kluft, wo Orbitolinen-Schichten rechts und oberer Schrattenkalk links sich berühren. Die Verwerfung hat also den Durchpass provoziert. Sie ist trotzdem nicht von Belang betreffs Wasserverluste, indem die Betonausfüllung einen vorzüglichen Verschluss bildet und der Dammselber aufs sorgfältigste an dem

Fels angeschlossen wird (Fig. 1, 2 und 3). Zur Vermehrung der Sicherheit und um irgendwelchen Überraschungen auszuweichen, wird nun zudem auf der ganzen Länge des Schrägrückens und dem nicht genügend geschützt scheinenden Teil der Gugelbergseite eine Reihe von Tiefbohrungen in Abständen von je 10 m ausgeführt, bis auf die undurchlässigen Schichten des Albien bezw. der Orbitolinen-Schichten. Durch Einpressen von Zementmilch (mit 30 Atm.) — was bis 5 m³ und mehr verlangt — werden die Klüftchen und Risse des Gesteins im Umkreis des Bohrloches wasserdicht gemacht, so dass, wenn diese Wirkung — wie vermutet — 5 m im Umkreis erreicht, im Innern des Gesteins eine wasserdichte Zone geschaffen wird.

Durch elektrostatische Untersuchungen wurde von der Gesellschaft Erda in Göttingen das Vorhandensein von Hohlräumen festzustellen versucht. Es sind besonders die wasserführenden Klüfte erkannt worden, die übereinstimmend durch direkte Beobachtung bekannt waren.

Das Hauptobjekt des Unternehmens, der Stausee, erscheint somit durch vorliegende Befunde gewährleistet.

3. Geologische Verhältnisse der Ausnutzung des Gefälles.

Der Höhenunterschied zwischen Innertal und Siebnen mit rund 560 m, soll zweistufig ausgenutzt werden. Ein oberes Kraftwerk wird im Rempen (Rötitali) gebaut; Gefälle 258 m. Der Seespiegel wird Schwankungen von 60 m haben, je nach der Wasserentnahme, so dass das absolute Gefälle nicht immer dasselbe ist. Der Zuleitungstollen zur Druckleitung wird dementsprechend mehr oder weniger unter Druck gesetzt (Druckstollen). Derselbe durchschneidet mit 3675 m Länge, vom Innertal ausgehend, zuerst die nur durch einige Verwerfungen gestörte Schichtenreihe des Gugelberges vom Seewerkalk bis zum Kieselkalk des Hauterivien. Dieser ist sehr reduziert durch Ausquetschung und berührt mit deutlicher Schubfläche den Seewerkalk der Nordflanke, welcher mit Nummuliten-grünsandstein und Stadschiefer zusammengequetscht erscheint.

Diese wechsellagern hierauf schuppenförmig mehrmals mit Nummulitenschichten und Wildflysch, worauf eine mächtige, mehr oder weniger verfaltete und gepresste Flyschmasse folgt, deren Mergelpartien sich oft in linsenförmige Fragmente mit allseitig glänzender Oberfläche auflösen (Spiegelbreccie). Mitten im Flysch liegt sogar ein keilförmiger Fetzen mergeliger Molasse. Kurz vor dem definitiven Eintritt in das Molassegebiet zeigt sich noch einmal Nummulitensandstein- und -kalk mit wenigen

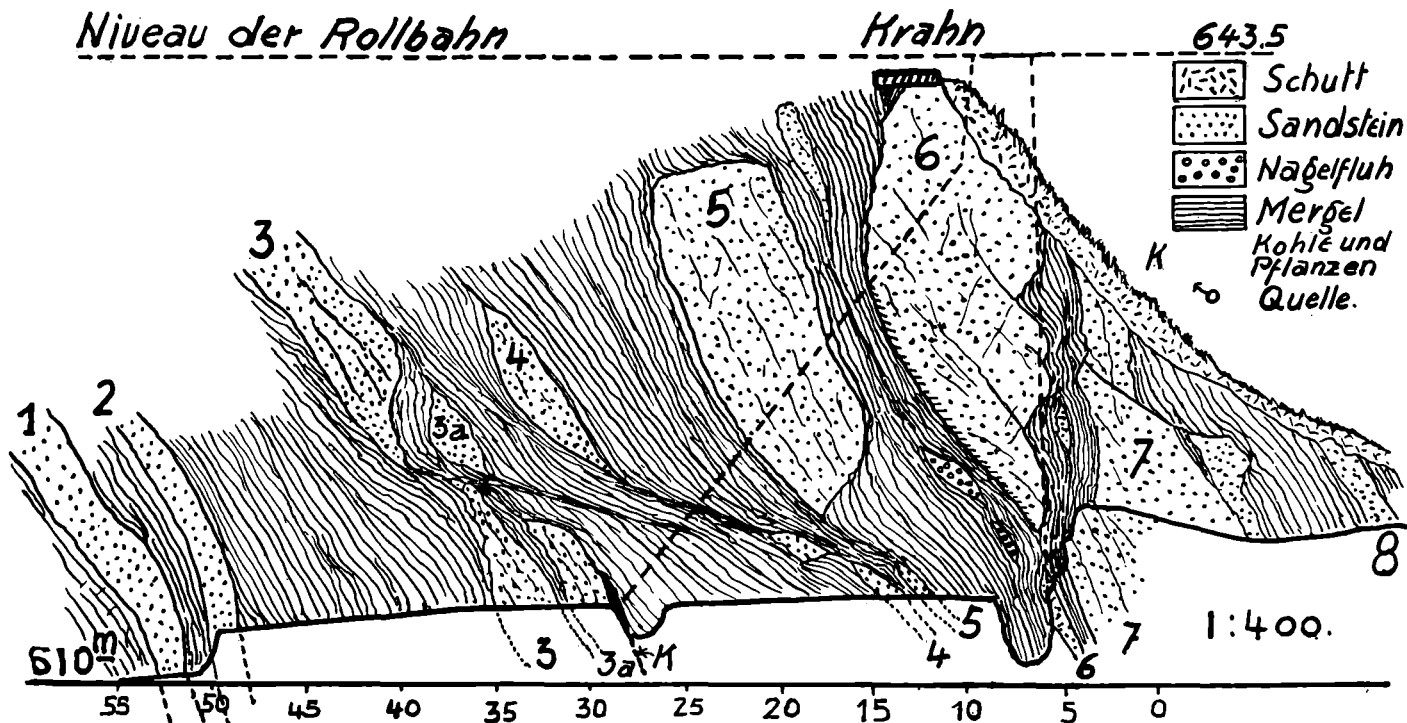


Fig. 6. Profilsicht des rechten Hanges der Baugrube für den Staudamm im Rempen. Gequetschte und gestreckte Molasseschichten (Aquitane). Nach den Vermessungen von Ing. DUBS, ergänzt von H. SCHARDT.

Deutliche Harnischfläche auf Sandsteinlinse 6.

Metern Wildflysch. Diese Flyschmasse zwischen dem Gugelberg und der subalpinen Molasse hat also die Eigenschaft einer *Schuppenzone*, in welcher die Begleitgesteine der helvetischen Deckfalten, nach weitgehender tektonischer Verfrachtung, mehrfach übereinander geschoben wurden. Der Stollenbau hat merkwürdigerweise von der Schichtenreihe der Wageten keine sicher erkennbare Spur angeschnitten; es müsste denn eine zwischen Trittwald (Rustel) und Stössen vorhandene schmale Wildflyschzone sein, wie auf dem rechtsseitigen Profil, Taf. XIX, angedeutet ist.

Der untere Teil dieses oberen Druckstollens liegt in der Molasse, die hier vorherrschend mergelig ist und deshalb beim Bau viel Schwierigkeiten bereitet hat, besonders in der Nähe des Auslaufes und beim Wasserschloss.

Erwähnt sei hier, dass sowohl im Flysch als auch in den Molasseschichten Ausströmungen von Kohlenwasserstoff (CH_4) aufgetreten ist. Einige davon sind bis heute brennend geblieben. Bei der Inbetriebsetzung des Stollens müssen dieselben selbstverständlich abgeschlossen werden durch einfache Zumauerung.

Dass der Stollen nur die unteren mergeligen Molasseschichten angeschnitten hat, so nahe bei dem aus Nagelfluhbänken bestehenden Spitzberg, ist durch den Umstand erklärt, dass die Schichten des Nagelfluhkomplexes des Spitzberges eine horizontale Umbiegung von fast 90° um eine vertikale Axe beschreiben. Dem Südostrand dieser abgelenkten Schichten entlang, diese fast quer abschneidend, verläuft die schon erwähnte Einschaltung von Nummulitenschichten zwischen Flysch und Molasse. Also eine deutliche Querverschiebung.

Die Molasseschichten selber sind äusserst gequetscht, die Mergel oft spiegelbreccienartig verschürft. Beim Bau der Stauwand für das Ausgleichbecken Rempfen (Inhalt 368000 m^3) zeigte es sich, dass die dem Talhänge entlang auftretenden Wechsellagerungen von Nagelfluh oder Sandstein mit Mergelschichten gar keine ganzen Lager, sondern ringsum zugeschärfte Linsen darstellten, allseitig von Mergel eingeschlossen (Fig. 6). Die Ausquetschung und Streckung der Mergelschichten hat eine förmliche Zerstückelung der harten Zwischenlager verursacht, welche in Form von Linsen aneinandergereiht in den Mergelschichten eingelagert erscheinen. Diese sind äusserst unregelmässig, oft auf ein Minimum reduziert; dann wieder sehr mächtig und durchwegs gequetscht schieferig. Im Zuleitungsstollen des unteren Trebsenbaches (Länge 250 m), dessen vorläufiges geologisches Profil in der Voraussetzung regel-

mässiger Schichtenfolge gezeichnet wurde, haben sich dieselben Verhältnisse gezeigt wie in der Baugrube Rempen.

Der untere *Druckstollen* (2570 m incl. 50 m Aquaedukt) durchschneidet ausschliesslich Schichten der Molasseformation. Im oberen Teil sind zahlreiche Nagelfluhbänke vorhanden, die beim oberen Einlauf beim Trebsental eine scharfe Antiklinale bilden, worauf eine deutliche, breite, unsymmetrische Synklinale folgt. Bis zum Auslauf oberhalb Siebnen fallen die Schichten gleichmässig nach S ein.

Das Alter dieser Molasseschichten ist schwer zu bestimmen, da fast keine Fossilien gefunden werden konnten. In den bunten Mergeln des unteren Teiles des oberen Stollens und im Zuleitungstollen des Trebsenbaches in das Rempenbecken fanden sich mehrere Abdrücke von Palmenblättern (*Sabal*), die auf aquitanes Alter schliessen lassen. In den grauen sandigen Mergeln beim Auslauf des unteren Stollens wurden einige *Helix* gefunden, nämlich *H. (Galactochilus) pomiiformis*, A. Braun, und *H. (Coryda) rugulosa*, V. Mart., welche ebenfalls dieselbe Stufe bezw. das Stampien bezeichnen. Also wäre der ganze mächtige untere Schichtenkomplex dieser subalpinen Molasse ins Aquitan und Stampien zu stellen. Dann gehören wohl die Schichten mit Nagelfluh der Synklinale einer höheren Stufe (Burdigalien) an; paläontologische Gründe hierfür konnten indessen nicht erbracht werden. — Die Druckleitung Rempen sowohl als diejenige von Siebnen, nebst den dazugehörigen Wasserschlössern, liegen in bezw. auf Molassegestein, zum Teil mit beträchtlicher Bedeckung von Gehängeschutt und Moräne.

Bemerkungen zu den Beilagen.

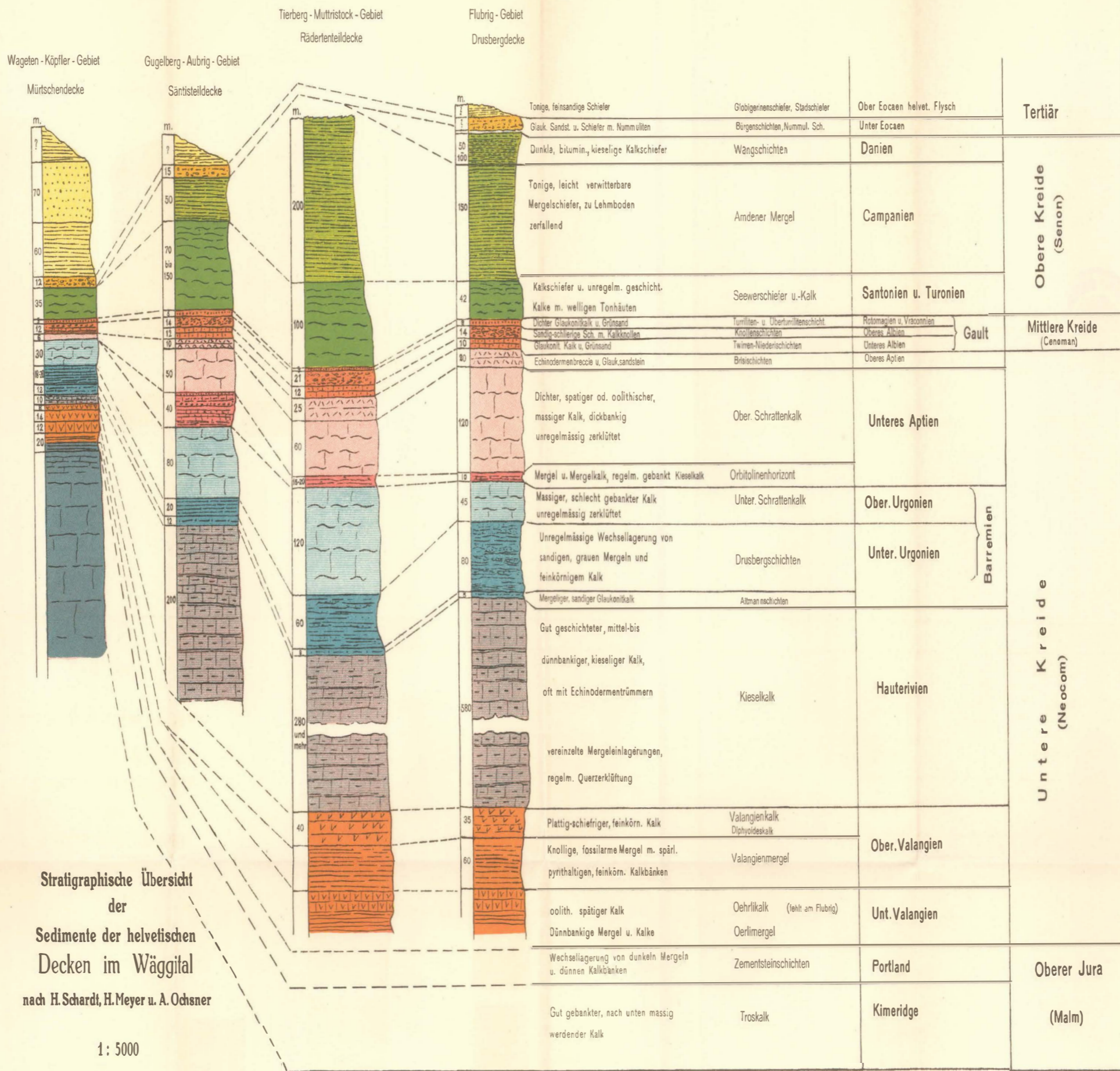
Die leitenden Organe der A.-G. Kraftwerk Wäggital haben in einsichtsvoller Weise für die geologischen Untersuchungen im Bereich des von den Bauarbeiten berührten Gebietes gesorgt. Nachdem die Vorstudien abgeschlossen waren, wurde, neben der Fortsetzung der den Bau direkt betreffenden Untersuchungen, eine geologische Karte im Massstab 1:10000 der engeren Bauzone aufgenommen und hierauf beschlossen, eine zu publizierende geologische Karte eines weiteren Umkreises vorauszusehen, wozu die drei Siegfriedkarten 246bis, 248 und 262 dienen sollten. Die Ausführung dieser weitgehenden Arbeiten war aber nur mit Hilfe eines Assistenten möglich. Zuerst arbeitete als solcher Dr. A. OCHSNER, dessen schon vorhandene Bearbeitung des Fluhbrig und nördlich von diesem gelegenen Gebiete (Dissertation) ohne weitere Revision Verwendung

finden konnte. Nach dessen Abreise ins Ausland trat Dr. H. MEYER, der den Wageten-Köpflergrat als Dissertation bearbeitet hatte, an dessen Stelle. Er hat die von OCHSNER begonnene Aufnahme der Karte 1 : 10000 auch im nördlichen Flysch- und Molassegebiet vollendet und den östlichen und nördlichen Teil der Karte 1 : 25 000 aufgenommen.

August 1924.

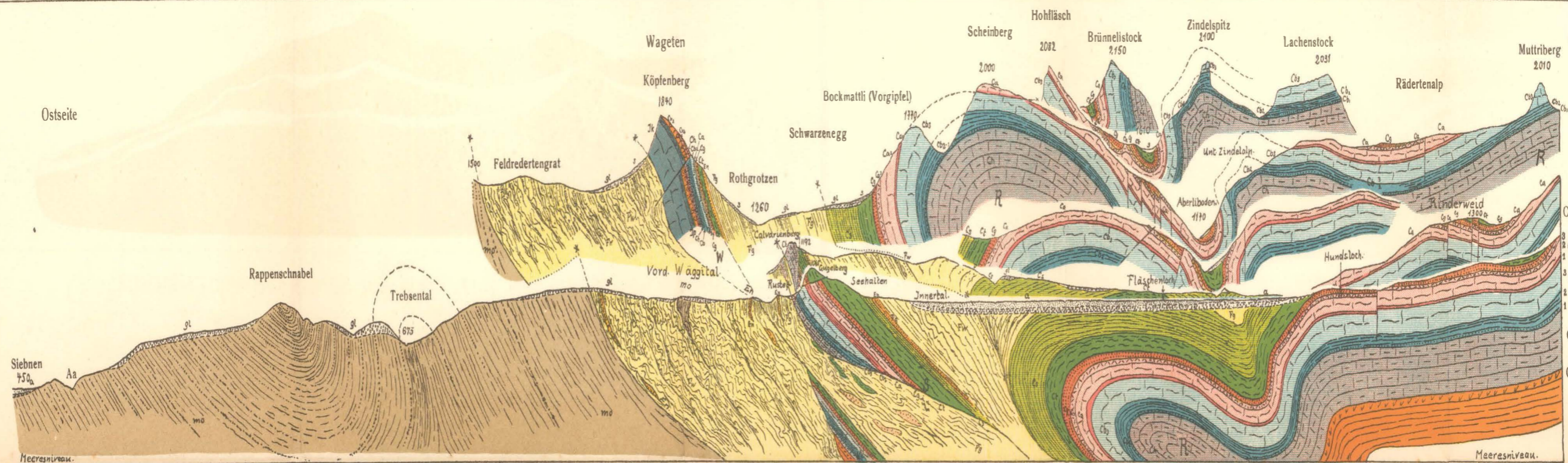
H. SCHARDT.

Manuskript eingegangen am 18. August 1924,



Stratigraphische Übersicht der Sedimente der helvetischen Decken im Wäggitale nach H. Schardt, H. Meyer u. A. Ochsner

1: 5000



Legende :

1 : 25.000

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|----|-----------|----|--|----|-----------------|---------|-----|----------------------|------------------------------|--------|----------------------|------------------|----------------|-------------|------------|----------------------|---------------------|
| a | Alluvialboden | mo | Mergel | Fw | Flysch (Wildflysch) (z. T. helvetisch?) | Cw | Wangschichten | Obere | Cg | Gault | Mittlere Kreide (Cenoman) | Cb3 | Unter. Schraffenkalk | Ch | Kieselkalk | Hauterivien | Jp | Cementsteinschichten | } Ob. Jura Malm. |
| S | Gehängeschutt | | Sandstein | Fg | Globigeninenschiefer | Cs | Amdener Mergel | Kreide | Ca3 | Brisibrecce | } Apt. | Cb2 | Drusbergsschichten | Urgon. | Diphyoidenkalk | Valangien | Jk | Troskalk | |
| st | Bergsturz | | Nagelfluh | En | Nummullenschichten (Eocen) | Ct | Seewerschichten | (Senon) | Ca2 | Oberer Schraffenkalk | | } Apt. | Cb1 | Altmannschichten | Barrem. | Val. Mergel | | | |
| qt | Moräne | | | | | | | | Ca1 | Orbitolinearhorizont | | | | | | Oerlikalk | Oerlmergel | | |

M. u. O. Oligocaen u. Miocaen

Unt. Oligoc.

Verwerfungen

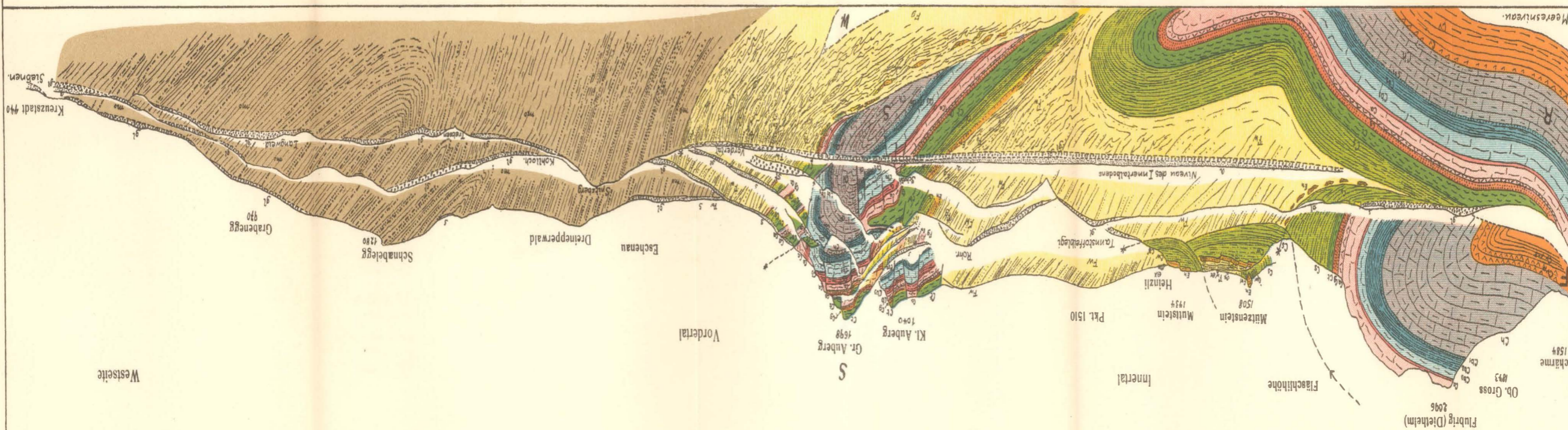
Oberschiebungen

Ex. Exotische Blöcke

Geologische Profile beiderseits des Wäggitales nach den Aufnahmen von H. Schardt, H. Meyer u. Albert Ochsner.

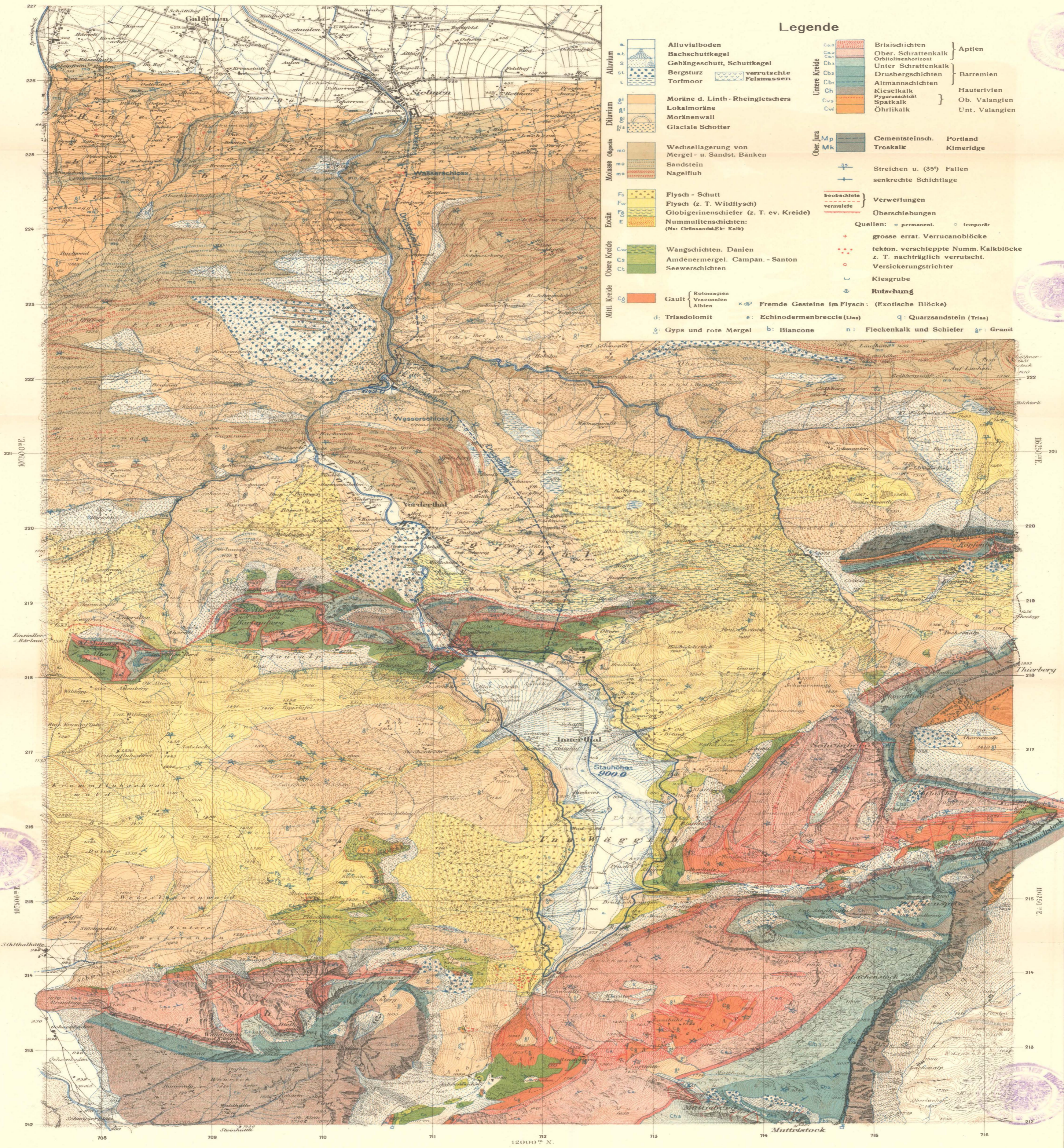
Brünnelstock nach Oberholzer.

F: Flubrigteildecke R: Rädertenteildecke S: Sämtisteildecke W: Mürtschendecke (Wageten)



Geologische Karte des Wäggitales u. seiner Umgebung

nach den Aufnahmen von H. Schardt, H. Meyer u. A. Ochsner, 1918 - 1923 im Auftrag der A. G. K - W Wäggitäl.



Legende

- | | | | | | | |
|--------------------------|---|--|---|--|---|---|
| Alluvium | Alluvialboden | Bachschuttkegel | Gehängeschutt, Schuttkegel | Bergsturz | Torfmoor | verrutschte Felsmassen |
| Diluvium | Moräne d. Linth-Rheingletschers | Lokalmoräne | Moränenwall | Glaciale Schotter | | |
| Molasse Oberrhein | Wechsellagerung von Mergel- u. Sandst. Bänken | Sandstein | Nagelfluh | | | |
| Eocän | Flysch - Schutt | Flysch (z. T. Wildflysch) | Globigerinenschiefer (z. T. ev. Kreide) | Nummulitenschichten: (Ns: Grönsandst., Ek: Kalk) | | |
| Obere Kreide | Wangschichten, Danien | Amdenmergel, Campan. - Santon | Seewerschichten | | | |
| Mittl. Kreide | Gault | Rotomagen | Vraconien | Albien | Fremde Gesteine im Flysch: (Exotische Blöcke) | |
| | d: Triasdolomit | e: Echinodermenbreccie (Lias) | q: Quarzsandstein (Trias) | g: Gyps und rote Mergel | b: Biancone | n: Fleckenkalk und Schiefer & r: Granit |
| Untere Kreide | Brissidichten | Ober. Schratenkalk | Orbitolitenhorizont | Unter Schratenkalk | Drusbergsschichten | Altmannschichten |
| | | | | | | Kieselkalk |
| | | | | | | Pygroschicht |
| | | | | | | Spatkalk |
| | | | | | | Öhrlikalk |
| Oberjura | Cementateinsch. | Troakalk | Portland | Kimeridge | | |
| | Streichen u. (35°) Fallen | senkrechte Schichtlage | | | | |
| | beobachtete | Verwerfungen | | | | |
| | vermutete | Überschiebungen | | | | |
| | Quellen: e permanent, o temporär | | | | | |
| | + | große errat. Verrucanoblöcke | | | | |
| | + | tekton. verschleppte Numm. Kalkblöcke z. T. nachträglich verrutscht. | | | | |
| | o | Versickerungstrichter | | | | |
| | u | Kiesgrube | | | | |
| | ⊕ | Rutschung | | | | |

Mit Bewilligung der Landestopographie vom 30. August 1924. Ueberdruck aus dem topogr. Atlas der Schweiz. Blätter No. 246 bis, 248, 262.

Massstab 1:25000 1cm = 250 Meter

Kartographische Anstalt J. Flach, Männedorf.