

Geologie des Pilatus

Autor(en): **Buxtorf, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **105 (1924)**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90338>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Geologie des Pilatus

Von

A. BUXTORF, Basel

(Mit 1 Profiltafel und 3 Textfiguren)

Der Nordrand der Schweizeralpen ist ein Gebiet schärfster landschaftlicher Gegensätze. Vom Thunersee bis zum St. Galler Rheintal wird das mittelschweizerische Molasseland im Süden unmittelbar überragt von der Stirne der helvetischen Kalkalpen. Aber es ist kein einheitlicher und gleichförmiger Gebirgszug, der uns hier entgegentritt: Die Randkette der Alpen erscheint vielmehr aufgelöst in einzelne Teilstücke, deren jedes nach Gestalt und Bau seine Eigenheiten aufweist. Unter all den Gliedern aber ragen zwei als selbständige Gebirgsgruppen weit über alle andern hinaus: im Osten der Säntis, in der Zentralschweiz der Pilatus. Hier wie dort zeigt sich ein wildes „Sich-Aufbäumen“ der Falten, viel energischer als wir es sonst am Alpenrande gewohnt sind.

Als vor 19 Jahren die Schweizer Naturforscher in Luzern tagten, war es dem Altmeister der Schweizer Geologen, Prof. ALB. HEIM, vergönnt, sie mit dem Säntisgebirge vertraut zu machen. Heute, wo uns die Wege wieder in diese gastliche Stadt geführt haben, sei mir gestattet, die Geologie des Pilatus darzulegen, dessen vielzackige Silhouette den markanten westlichen Abschluss im Panorama der Vierwaldstätterberge bei Luzern bildet.

Es würde gewiss eine reizvolle Aufgabe sein, mit Ihnen der Erforschungsgeschichte des Pilatus nachzugehen und zu verfolgen, wie es der Jahrhunderte bedurfte, um an Stelle sagenhafter oder abergläubischer Überlieferung ganz allmählich naturwissenschaftliches Erkennen zu setzen. Berühmte Namen würden uns begegnen: CONRAD GESSNER, FELIX PLATTER, J. W. CYSAT, KARL NIKLAUS LANG, J. J. SCHEUCHZER, MOBITZ ANTON CAPPELER; sie alle, um nur die wichtigsten zu nennen, haben ihre Spuren in der Erforschung des berühmten Berges zurückgelassen; allein ich muss es

mir versagen, ihre Verdienste im einzelnen zu würdigen und zu prüfen, was wir ihnen an Wertvollem verdanken.

Eines Mannes der neuern Zeit aber haben wir an dieser Stelle eingehend zu gedenken, nämlich des Luzerner Geologen Prof. FRANZ JOSEPH KAUFMANN, dessen Werke für alle Zeiten den Ausgangspunkt jeder geologischen Erforschung der Zentralschweiz, besonders der Gegend von Luzern, bilden werden.

Als im Jahre 1860 die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft eine besondere „Geologische Kommission“ einsetzte und damit beauftragte, die Erstellung einer geologischen Karte der Schweiz an die Hand zu nehmen, war Prof. KAUFMANN der gegebene Mitarbeiter. Seit 1854 erteilte er den naturwissenschaftlichen Unterricht an der Luzerner Kantonsschule; ein Auftrag Dr. KASIMIR PFYFFERS, für eine Beschreibung des Kantons Luzern den geologischen Teil zu liefern, war für KAUFMANN Mitte der fünfziger Jahre die äussere Veranlassung, sich mehr und mehr der Geologie zuzuwenden. Seine 1860 erschienenen „Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse“ waren der denkbar beste Ausweis für sein geologisches Können.

KAUFMANN ist in der Folge einer der erfolgreichsten Mitarbeiter der Schweizerischen Geologischen Kommission geworden; wir verdanken ihm nicht bloss die geologische Karte 1 : 100,000 ausgehnter Gebiete der Voralpen der Zentralschweiz und des miltel-schweizerischen Molasselandes, sondern auch eine Reihe von Textbänden, sogenannten Beiträgen, in denen er mit äusserster Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit seine Beobachtungen niedergelegt hat. Unter all den Arbeiten KAUFMANNs nimmt aber eine besondere Stellung ein: es ist seine 1867 erschienene „Geologische Beschreibung des Pilatus“.¹ Was KAUFMANN anstrebte, das sagt uns am besten das Vorwort des Werkes: „Der Wichtigkeit des Gegenstandes entsprechend und nicht ohne einige Vorliebe für denselben (uns Luzernern allen ist er ja nahe ans Herz gewachsen), habe ich dem Pilatus nicht nur alles dasjenige abzugewinnen gesucht, was für die geologische Wissenschaft und Landeskunde von Interesse sein kann, sondern auch ein besonderes Gewicht gelegt auf Verständlichkeit und Brauchbarkeit, damit auch Laien, die sich mit der Geologie vertraut machen und den Pilatus als Lehrmeister benutzen

¹ Diese kleinen Zahlenhinweise im Text beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss.

wollen, insbesondere junge Leute, denen die Anfangsgründe der Geologie nicht ganz unbekannt sind, in den Stand gesetzt seien, sich bei ihren Exkursionen leicht zurecht zu finden und die Kluft, welche zwischen dem toten Buchstaben der Theorie und dem lebensfrischen Borne der Erfahrung besteht, aus eigenen Kräften auszufüllen.“ KAUFMANN hat das Ziel, das ihm vorschwebte, in allen Teilen erreicht; Text und Illustration seines Pilatusbandes fügen sich zu einem vollendeten Ganzen zusammen, das seinen Wert auch dann beibehalten wird, wenn neue Ideen längst einer andern Betrachtungsweise gerufen haben.

Zu Karte und Text hat KAUFMANN noch ein drittes gefügt: das geologische Relief des Pilatus. Als im September 1867 in Luzern der Schweizerische Alpen-Club seine 5. Jahresversammlung abhielt, konnte KAUFMANN namens der Sektion Pilatus als ihr Erstlingswerk zwei Reliefs des Pilatusberges vorlegen, das eine in landschaftlicher, das andere in geologischer Bemalung: ein Gedanke, der, wie wir sehen werden, fünf Jahrzehnte später erneut aufgegriffen worden ist.²

All diesen, mit ebenso viel Sachkenntnis als Sorgfalt und Liebe durchgeführten geologischen Arbeiten KAUFMANNS war es zu verdanken, dass schon vor mehr als 50 Jahren der Pilatus der bestbekannte Schweizerberg geworden war.

Die Besucher unserer Jahresversammlungen sind damit vertraut, dass die letzten drei Jahrzehnte für das Alpengebiet eine ganz neue Betrachtungsweise des geologischen Baues gebracht haben; die genannte Zeitspanne bedeutet den Siegeszug der Lehre von den grossen Überschiebungen, der sogenannten Deckentheorie, als deren Begründer M. BERTRAND, H. SCHARDT und M. LUGEON zu gelten haben. Die Anregung, die von diesen neuen Gedanken auf die Alpengeologie ausging, war eine gewaltige, bis heute unvermindert fortwirkende. Das gesamte Alpengebiet musste nun einer Neubearbeitung unterworfen werden; mit Feuereifer hat sich eine grosse Zahl von Forschern dieser Arbeit zugewandt und heute ist zum mindesten für das Gebiet der Schweiz, dank dem vorgeschrittenen Stand seiner topographischen und geologischen Karten, eine weitgehende Abklärung erreicht worden.

Das eben Gesagte gilt auch für das Gebiet des Vierwaldstättersees. Ausgehend von der Bearbeitung der Aufsamm-

lungen des 1895 in Basel verstorbenen Geologen ULR. STUTZ, hat bald nachher A. TOBLER, im Auftrag der Schweizerischen Geologischen Kommission, es unternommen, die sogenannten Klippen: Stanserhorn, Buochserhorn und Mythen neu zu bearbeiten. Weitere Kräfte untersuchten in der Folge die umgebenden Gebirge und die Gegend von Luzern und so entstand im Zeitraum 1896—1912 durch die gemeinsame Arbeit von A. TOBLER, G. NIETHAMMER, E. BAUMBERGER, P. ARBENZ, WALTER STAUB und A. BUXTORF die 1916 von der Schweizerischen Geologischen Kommission herausgegebene „Geologische Vierwaldstättersee-Karte“ 1 : 50,000.³

Der Umstand, dass für den Alpenrand die geologische Originalkartierung in 1 : 25,000 ausgeführt worden war, veranlasste die Schweizerische Geologische Kommission, vom Bürgenstock und der Rigihochfluhkette Detailkarten in diesem grössern Massstabe herauszugeben. Eine entsprechende Einzelkarte ist für den Pilatus geplant; sie würde wohl längst fertig vorliegen, wenn nicht seit einer Reihe von Jahren eine leider viel zu lang sich hinziehende topographische Neubearbeitung des Siegfriedblattes Pilatus stattfände. Hoffen wir, die Eidgenössische Landestopographie liefere das längst versprochene neue Blatt bis Ende dieses Jahres, damit dann endlich die Übertragung der auf alter Topographie erstellten geologischen Aufnahmen auf die neue Unterlage von statten gehen kann!

Als Ersatz für die noch ausstehende geologische Karte aber mögen Sie das heute hier ausgestellte „Geologische Relief des Pilatus“ 1 : 10,000 betrachten, dessen erste Vorarbeiten zurückgehen auf XAVER IMFELD, den 1909 verstorbenen berühmten Ingenieur-Topographen. Nach IMFELDS Tod erwarben Professor ALB. HEIM und der Sprechende das erst im „Rohbau“ fertige Relief und unter der Leitung Professor HEIMS hat der inzwischen verstorbene Reliefkünstler C. MEILI die Modellierarbeit zu Ende geführt, so dass dann 1914 der Sprechende die geologische Kolorierung vornehmen konnte. Ein landschaftlich bemaltes Exemplar ist im Luzerner Gletschergarten ausgestellt; das geologische aber ist, abgesehen von der kurzen Zeit, da es 1914 an der Landesausstellung in Bern zu sehen war, zu einem Dornröschenschlaf verurteilt gewesen.*

* Das hier erwähnte Relief ist inzwischen von einem Freunde der Naturwissenschaft erworben und dem Naturhistorischen Museum der Kantonsschule Luzern geschenkt worden; dort soll es seine Aufstellung finden. (Anmerkung während des Druckes.)

Nach diesen einführenden Darlegungen wollen wir uns nun dem Pilatus selber zuwenden, und zwar werden wir zunächst die ihn aufbauende Gesteinsfolge zu prüfen haben und dann den Gebirgsbau.

Die Gesteinsserie des Pilatus verteilt sich auf Bildungen der Kreide und der ältern Tertiärformation, beides in sogenannter helvetischer Facies.

Queren wir das Pilatusgebirge von Norden nach Süden, so lässt sich leicht erkennen, dass auf diesem Wege die Gesteinsfolge mannigfachen Wechsel aufweist. Für die Kreidebildungen gilt ganz allgemein, dass im Süden die Mächtigkeit der einzelnen Glieder eine etwas grössere ist als im Norden; wir haben dies wohl zurückzuführen auf primäre Unterschiede in der Sedimentation: das südliche Gebiet war in etwas stärkerer Senkung begriffen als das nördliche, wodurch die Möglichkeit grösserer Sedimentaufhäufung gegeben war. Ausserdem aber ist die Kreideserie im Süden vollständiger vorhanden und umfasst noch jüngere Glieder als im Norden; zur Erklärung dieser Erscheinung nehmen wir an, es seien die jetzt fehlenden jüngern Stufen ehemals auch im Norden vorhanden gewesen, hier aber wieder der Abtragung anheim gefallen. Eine nach Absatz der Kreidesedimente erfolgte Trockenlegung und Verstellung der Sedimentplatte mag eine Senkung des südlichen und eine Hebung des nördlichen Abschnittes erzeugt und damit im Nordgebiet eine Abtragung der jüngern Kreidestufen ermöglicht haben. Als dann später das Eocänmeer seine Sedimente ablagerte, kamen diese nach Norden zu auf immer ältere Kreideniveaux zur Ablagerung.

Über die Kreidebildungen am Pilatus gilt nun im einzelnen das Folgende (vgl. Fig. 1):

Die Serie weist als Ältestes das Valangien auf, das naturgemäss ausschliesslich in den innersten Kernen der Gewölbe sich findet. Der einwandfreie Nachweis dieser Schichten ist ein Ergebnis der neuen Aufnahmen; KAUFMANN hat die betreffenden Bildungen nicht besonders unterschieden, sondern sie in den meisten Fällen mit den nächstjüngern zusammengefasst. Von den drei am Pilatus erkennbaren Gliedern sind die zu unterst liegenden Valangienmergel im Süden und Norden ähnlich entwickelt; der darüber folgende Valangienkalk dagegen ist typisch nur im Nordpilatus ausgebildet, im südlichsten Gewölbe ist er oft gering-

mächtig, nur in Spuren angedeutet oder fehlt ganz. Ein wichtiger Horizont ist der das Valangien abschliessende Valangienglaukonit, den ich nach der reichsten Fundstelle, am sogenannten „Gemsmättli“ im Westpilatus, „Gemsmättlischicht“ benannt habe. Wir wissen heute, dass diese wichtige Fossilbank vom Vorarlberg (neueste Aufnahmen von P. MEESMANN) bis zum Thunersee in gleicher stratigraphischer Stellung ab und zu sich findet; möglicherweise wird ihr Nachweis auch in den Kreideketten der westschweizerischen Kalkalpen (Wildhorn-Diablerets) gelingen.

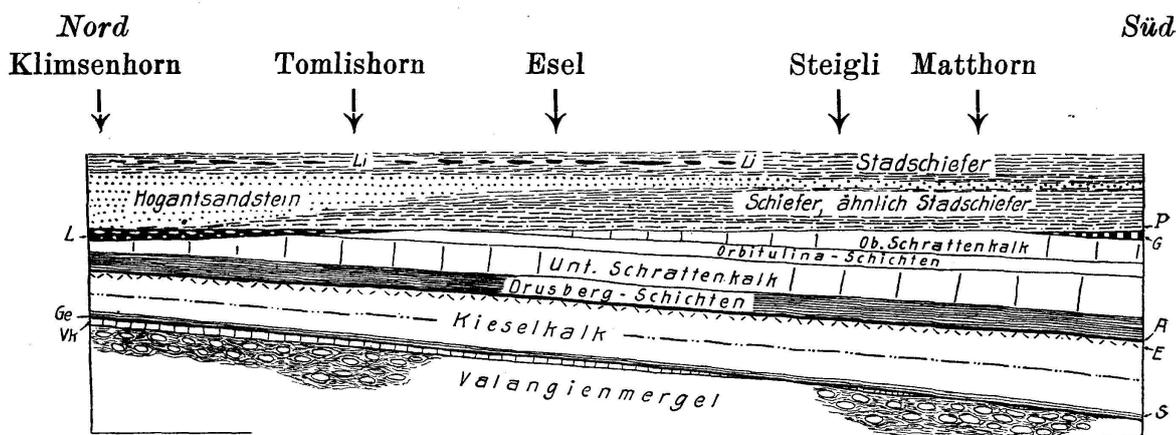


Fig. 1. Schematisches Profil der Kreide- und Eocänbildungen des Pilatus

- Li = Lithothamnienkalk (Priabonien)
- P = Pectinitenschiefer (Auversien)
- L = Nummulitenkalk und -Sandstein (Lutétien)
- G = Gault (Albien und Oberes Aptien)
- A = Altmansschichten (Unteres Barrémien)
- E = Echinodermenbreccie (Oberes Hauterivien)
- S = Schiefer an der Basis des Kieselkalks (Unterstes Hauterivien)
- Ge = Gemsmättlischicht (Oberstes Valangien)
- Vk = Valangienkalk

Für die das Valangien überlagernden Bildungen können wir in allen Teilen KAUFMANN'S Darstellung zu Grunde legen.

Die nächstjüngere Stufe, das Hauterivien, umfasst am Pilatus den mächtigen Kieselkalk, dessen basale Schichten meist schiefrig ausgebildet sind; den obern Abschluss bildet eine weitverbreitete Echinodermenbreccie.

Das darüberliegende Barrémien gliedert sich in wenig mächtige grünsandige Altmansschichten, mergelige Drusberg-schichten und untern Schrattenkalk. Drusbergschichten und unterer Schrattenkalk treten im Landschaftsbilde scharf her-

vor; die erstern bedingen ein sanftgeböschtes Band über den Abstürzen des Kieselkalks und werden scharf überragt von den Steilwänden des untern Schrattenkalks.

Die nächst jüngere Stufe, das Aptien, ist durch drei leicht kenntliche Glieder vertreten: die sogenannten Orbitulina-bänke, den obern Schrattenkalk und eine glaukonit-führende Echinodermenbreccie. Als leichtkenntliches Mergel- und Mergelkalkband trennen die Orbitulinabänke den untern vom obern Schrattenkalk; die glaukonitische Echinodermenbreccie überlagert den Schrattenkalk mit scharfer, oft verzahnter Grenzfläche, offenbar infolge eines kleinen Unterbruches der Sedimentation. Es ist bei den Schweizer Geologen seit Alters üblich, die Echinodermenbreccie wegen ihres Glaukonitgehaltes mit zum Gault zu zählen.

Echte Albiën-(Gault)sedimente finden sich in geringer Mächtigkeit einzig auf der Südflanke des Pilatus.

Auch was die Gliederung der alttertiären Sedimente des Pilatus betrifft, möchte ich mich ganz den Ansichten KAUFMANNs anschliessen. Die Eocänbildungen sind vertreten durch das Lutétien, bestehend aus Sandsteinen und Nummulitenkalk, beide beschränkt in ihrem Auftreten auf den Nordpilatus. Zum Auversien wären zu stellen KAUFMANNs Pectinitenschiefer, welche einen sehr charakteristischen Horizont bilden und im mittleren und südlichen Pilatus direkt auf dem Schrattenkalk ruhen. Im Süden entwickeln sich nach oben aus den Pectinitenschiefern sehr rasch dünnblättrige Schiefer, von den jüngern Stadschiefern nicht unterscheidbar. Dem Schieferkomplex ist eingeschaltet eine Sandsteinserie, welche im Nordpilatus die grösste Mächtigkeit aufweist und hier stellenweise auch die Pectinitenschiefer umfasst; es ist der Hogantsandstein. Die den Abschluss des Eocäns bildenden Stadschiefer (Priabonien) sind im mittlern und nördlichen Pilatus durch Einlagerungen von Lithothamnienkalk gekennzeichnet; KAUFMANN hat für diese den Namen Wängenkalk vorgeschlagen, benannt nach der Wängentalp im Westpilatus.

Der starke Wechsel in der Gesteinsbeschaffenheit der einzelnen Glieder dieser Kreide-Eocänserie bedingt, dass dieselben der Verwitterung und Abtragung gegenüber sehr verschiedenen Widerstand leisten. Am widerstandsfähigsten erweisen sich Schratten-

kalk, Hogantsandstein und Kieselkalk; sie sind es ausschliesslich, welche die Bergspitzen bilden.

Damit hätten wir das Baumaterial des eigentlichen Pilatus kennen gelernt; über die angrenzenden Zonen müssen wenige Worte genügen.

Nach Norden zu ruht der Pilatus auf dem sogenannten Subalpinen Flysch, einer sehr heterogen zusammengesetzten Zone, in der helvetisches und fremdartiges Material aufs engste vermischt worden ist. Die subalpine Flyschzone ruht ihrerseits im Norden auf Molassebildungen, die aber unter dem Druck der alpinen Massen gleichfalls schwer entzifferbare Lagerungsverhältnisse aufweisen; wir bezeichnen diese südlichste Molassezone als „Aufgeschobene Molasse“.

Nach Südwesten taucht die Pilatusserie unter einer neuen tektonischen Einheit unter, es ist dies die Flyschmasse der Schliertäler Obwaldens, der sogenannte Schlierenflysch, den wir wohl am ehesten zu den ultrahelvetischen Schubmassen zu stellen haben. Näher hierauf einzutreten, müssen wir uns versagen.

Nachdem wir nun die helvetische Serie des Pilatus kennen, verfügen wir über das Rüstzeug zur Entzifferung des *geologischen Baues*. Auch dieser ist in seinen grossen Zügen von KAUFMANN richtig erkannt worden; freilich hat die Neuaufnahme ergeben, dass im einzelnen das tektonische Bild eine Kompliziertheit erreicht, die jeder Beschreibung spottet; erst die neue Karte wird zeigen, welche Unzahl von lokalen Begleitstörungen, wie Brüchen, Überschiebungen, Ausquetschungen etc. die einzelnen Falten beeinflussen, sodass es oft schwer hält, die Leitlinien durchzuverfolgen.

Werfen Sie einen Blick auf die Profilsreihe (Tafel I), so zeigt sich ein recht wechselndes tektonisches Bild, je nachdem wir den westlichen Pilatus oder das gegen Luzern gerichtete Ostende betrachten. Wir folgen wiederum KAUFMANN, wenn wir unsere Betrachtung im Westen beginnen und dann schrittweise gegen Osten vordringen.

Profil 7, gelegt durch den Wängengrat, zeigt Verhältnisse, wie sie für den ganzen Alpenrand vom Thunersee an nach Nordosten zu gelten: Von der subalpinen Flyschzone ausgehend, bis hinauf auf den Grat finden wir eine einfache Schichtfolge, nach der Härte des Gesteins treppenartig gegliedert. Der Valangien-

kalk, hier das älteste Glied, ruht mit scharfer Überschiebung auf dem Flysch, es fehlt jegliche Spur eines Gewölbemittelschenkels. Diese einfache Schichtfolge streicht ostwärts ununterbrochen weiter zum Klismenhorn; wir wollen sie Klismenhornserie (I) nennen. In der Südabdachung ist das gleichförmige Einfallen der Hogantsandsteine unterbrochen durch eine schmale Zone flacher Lagerung. Weiter südwärts überlagern dann mächtige Stadschiefermassen die Serie der ältern Gesteine und lassen uns im Ungewissen über deren Lagerungsverhältnisse in der Tiefe. Auf die Stadschiefer legt sich endlich die mächtige Schlierenflyschmasse.

Profil 6 ist gelegt durch den Gnepfstein. Für den Nordabhang gilt dasselbe was für den Wängengrat; die Südseite aber zeigt schon eine weitergehende Gliederung; zunächst macht sich in der Südflanke des Nätsch eine flexurartige Biegung (II), verknüpft mit Brüchen, geltend. Weiter südwärts haben die Quellflüsse der kleinen Schliere die Stadschiefer weitgehend abgetragen und den Hogantsandstein blossgelegt; dieser lässt vier Falten erkennen, je eine grosse im Norden und Süden, dazwischen zwei kleinere, nach Art von Stauchungsfalten. Von diesen vier Falten ist die südlichste die wichtigste; aus ihr geht, wie wir sehen werden, die Südkette des Pilatus, das Matthorn gewölbe (V) hervor. Die südliche Überdeckung wird hier wieder vom Schlierenflysch gebildet.

Profil 5, etwa 1½ km östlich vom vorigen liegend, zeigt nun schon deutlich die weiterschreitende Steigerung der Faltung. Der Nordabhang unter der Bründlenalp, von der Klismenhornserie (I) gebildet, bietet freilich noch das alte Bild; Bründlenalp aber entspricht einer tiefeingesenkten Mulde, denn aus der Flexur am Nätsch hat sich nach Osten zu ein breites Gewölbe entwickelt, das hier bei der Alp Feld kulminiert; weiter im Osten gehört diesem Gewölbe auch der höchste Pilatusgipfel, das Tomlishorn, an, weshalb wir es Tomlishorn gewölbe (II) nennen wollen. Die Südflanke dieser Falte ist wieder von Brüchen staffelartig gegliedert. Unten, im Tal der Wängenschliere und des Schiebaches sind von den vier Gewölben des Profils 6 nur noch die beiden südlichsten oberflächlich erkennbar. Durch axiales Aufsteigen nach Osten zu hat das Matthorn gewölbe (V) schon bedeutend an Ausmass gewonnen, gleichzeitig hat sich sein Bau wesentlich kompliziert. Am Gemselätsch wird der Gewölbescheitel

von einem Bruch durchsetzt, der einen steil aufgerichteten Nord-schenkel von einem flachen südwärts neigenden Südschenkel trennt. Dieser letztere wird seinerseits in der Schlucht der Längenschwandschliere von einem Bruch abgeschnitten und südwärts versenkt. Diesem Bruch kommt regionale Bedeutung zu, er reicht, wie wir sehen werden, nordostwärts bis in die Kretzenalp (Prof. 3), wir nennen ihn Kretzenalpbruch. Über den Bau des Gewölbes am Gemselätsch ist noch nachzutragen, dass die Faltung sich disharmonisch vollzogen hat. Der Kieselkalkkern ist in der Tiefe zurückgeblieben; gleitend auf den Drusbergschiefern ist der Schrattenkalk nach Norden gepresst worden und dabei zerbrochen; die Drusbergschichten haben sich aufgehäuft und intensiv verfältelt.

Profil 4 zeigt uns die weitere Steigerung des bisher verfolgten Baues. Die Bründlenalpmulde sticht noch tiefer ein, das Tomlishorngewölbe (II) ist axial noch höher aufgestiegen und liegt etwas nach Norden über; sein Schrattenkalkscheitel bildet das Widderfeld, den westlichsten der Gipfel des eigentlichen Pilatus. Die Matthornfalte (V) hat sich, nach Osten gleichfalls axial ansteigend, mächtig entwickelt; das nördliche Überliegen kommt noch viel stärker zum Ausdruck als beim Widderfeld. Der verkehrte Nord-schenkel ist in seiner Mächtigkeit stark reduziert und ausserdem von horizontalen Brüchen durchsetzt, längs welchen das jeweils höhere Stück weiter nach Norden gepresst worden ist. Dadurch wird die Müsfluh ganz nahe an die Südflanke des Widderfeldes herangerückt. Ungemein kompliziert gebaut sind Kern und Südschenkel der Matthornfalte. Bis hinauf nach Längenmatt bildet der Südschenkel eine in leicht geschwungenem Bogen ansteigende Schichtplatte mit normaler Mächtigkeit der Schrattenkalk-Drusbergserie. Mit dem Durchstreichen des Kretzenalpbruches wird von Längenmatt an nordwärts der Bau sofort ein anderer: Kern und Südschenkel erscheinen stark ausgedünnt und nordwärts verschleppt, sodass an der Melchegg Schrattenkalk ganz nahe an den Valangienkern zu liegen kommt. Es fällt schwer, für diesen Bau eine zufriedenstellende Erklärung zu finden. Längs dem Kretzenalpbruch ein Absinken des südlichen Abschnittes anzunehmen, widerspricht dem Gesamtbau. Eher möchte ich daran denken, es sei der Nordabschnitt längs dem Kretzenalpbruch heraufgepresst und dann nordwärts verwalzt worden, beides unter dem Einfluss von Druck-

kräften, welche auf die gesamte Südflanke wirkten, herrührend von Massen, die heute längst der Erosion anheimgefallen sind.

Profil 3 quert das interessante Gebiet der Kastelen, des Tomlishorns und des Matthorns. Die Tomlishornfalte (II) erreicht ihre maximale Entwicklung. Gewölbekern und Nordschenkel sind auf die östliche Verlängerung der Bründlenalpmulde hinausgeschoben; der merkwürdige Kastelendossen ist ein auf halbem Wege zurückgebliebenes Stück des Nordschenkels. Am Tomlishorn erzeugt ein Bruch eine Doppelung des Schrattenskalks. Der nächst-südlich folgende Kamm des Matthorns zeigt in der Gipfelpartie eine sehr interessante Komplikation: die Schrattenskalkserie des Gipfels, die ungefähr der Gewölbebiegung entspricht, ist längs einem Bruch nordwärts in die Tiefe gepresst, sodass das Gewölbe gleichsam seinen Kopf in die Eocänschiefer einbohrt. Im Gebiet der Kretzenalp spielt der Kretzenalpbruch eine ähnliche Rolle wie im vorigen Profil; die Südflanke endlich zeigt im mittleren Teil mehrfach nach Norden gerichtete Verschiebung der Schrattenskalkserie längs flach verlaufenden Bruchflächen, während ganz unten, durch einen andern Bruchtypus bedingt, Schrattenskalk an eocäne Schiefer angeschoben erscheint. In allen diesen Störungen, vom Kastelendossen, Tomlishorn, Matthorn bis an den Südhang manifestiert sich immer die gleiche Kraft: der von SSE nach NNW wirkende Horizontalschub.

Profil 2 schneidet den nordöstlichen Teil des Pilatus und erläutert die Verhältnisse, die der Berg auf seiner gegen Luzern gerichteten Flanke aufweist. Gegenüber Schnitt 3 sind gewaltige Unterschiede zu verzeichnen. Die Klismenhornserie (I) ist immerhin noch ähnlich wie in den früheren Profilen; denn die hier auftretende Doppelung im Schratten- und Nummulitenkalk besitzt nur lokale Bedeutung. Von der Bründlenmulde ist der Südschenkel fast ganz verloren gegangen, die Tomlishornfalte (II) ist weit hinausgeschoben auf die Muldenfüllung. Auf das Tomlishorngewölbe aber folgt nun nach Süden nicht eine weite tiefeinstechende Tertiärmulde, sondern nur ein schmaler Muldenzug, der beim alten Hotel die Bergkontur erreicht. Südöstlich erhebt sich dann aber sofort eine schmale, firstförmig hochgepresste Schrattenskalkfalte, es ist das Eselgewölbe (III), dessen enggepresster Drusbergkern unharmonisch auf der Stirn des zugehörigen Kieselkalkkerns reitet. An den Esel schliesst sich nach Südosten wieder eine

Eocänmulde, die aber von zwei Brüchen durchsetzt wird und daher recht kompliziert gebaut erscheint. Weiter nach Südosten finden wir dann noch eine weitere, bisher nicht auftretende Kreidefalte, das Steigligewölbe (IV), dessen Schrattenkalk nach NW zu auf die Eocänschiefer überpresst worden ist. Dieses Steigligewölbe übertrifft die Esel- und Steigligewölbe an Breite um das Vierfache, und beherrscht damit die Ostkante des Berges. Erst südlich der Steigligewölbe folgt dann, nach einer schmalen trennenden Eocänmulde, das Matthorn- und Steigligewölbe (V), das uns schon in den andern Querschnitten begegnet ist. Wie sind nun diese beiden Zwischenfalten zu deuten? Vom Esel- und Steigligewölbe lässt sich übereinstimmend erkennen, dass sie nach Südsüdwesten steil axial abtauchen; beim Esel mag dieses Abtauchen zirka 35° betragen, beim Steigligewölbe erreicht es Beträge von zirka 45° , hier schiesst tatsächlich das Gewölbe aus dem Boden empor; im schiefen Anschnitt, wie er sich heute auf der Südostflanke bietet, erscheinen im Kartenbilde die Schichtbänder in konzentrischen Halbkreisen angeschnitten. Das Aufschneiden dieser beiden Gewölbe ist das Leitmotiv im Bau des Nordostrandes; im Querprofil des Matthorns (Prof. 3) ist oberflächlich von beiden Falten nichts nachweisbar, auch nicht in den eocänen Schichten; wenn im Querschnitt 3 die beiden Gewölbe in der Tiefe noch gezeichnet sind (III und IV), so geschah dies aus der Annahme heraus, dass derartig energische Falten doch wohl kaum sich plötzlich ausglätten können. Ob sie auch in Profil 4 tief unter der Müsfluh noch fortstreichen, ist natürlich ganz hypothetisch, wie es auch unentschieden bleiben muss, ob die im Hogant- und Steigligewölbe von Profil 6 erkennbaren Falten als wiederauftauchendes Esel- und Steigligewölbe gedeutet werden dürfen.

Das Auftreten der Esel- und Steigligewölbe aber lässt uns sofort erkennen, dass die von Südosten her schiebende Kraft hier die Falten am höchsten aufgestaut und das ganze Faltenbündel am weitesten nach NW auf den subalpinen Flysch hinausgeschoben hat. Schrittweise lässt sich am Nordostfuss des Berges ein Auskeilen der verschiedenen tektonischen Elemente I—V südwärts und nach der Tiefe zu erkennen; wir haben schliesslich anzunehmen, dass das Valangien des Gewölbekerns V direkt auf den Flysch zu liegen kommt.

Über das Matthorn- und Steigligewölbe (V) haben wir noch einige wichtige Züge nachzutragen: Der enggepresste Gewölbekern bildet den

von Luzern aus erkennbaren scharfen Einschnitt der Tellenfad-
lücke; der überkippte Nordschenkel ist stark reduziert, während
der Südschenkel eine durch Schuppung bedingte Doppelung des
Kieselkalkes erkennen lässt; und um das Mass der Komplikationen
voll zu machen, wird die gedoppelte Serie noch von einem flach
nordwärts ansteigenden Bruch durchsetzt, längs welchem die
Krummhornpartie etwas nach Norden verschoben worden ist.

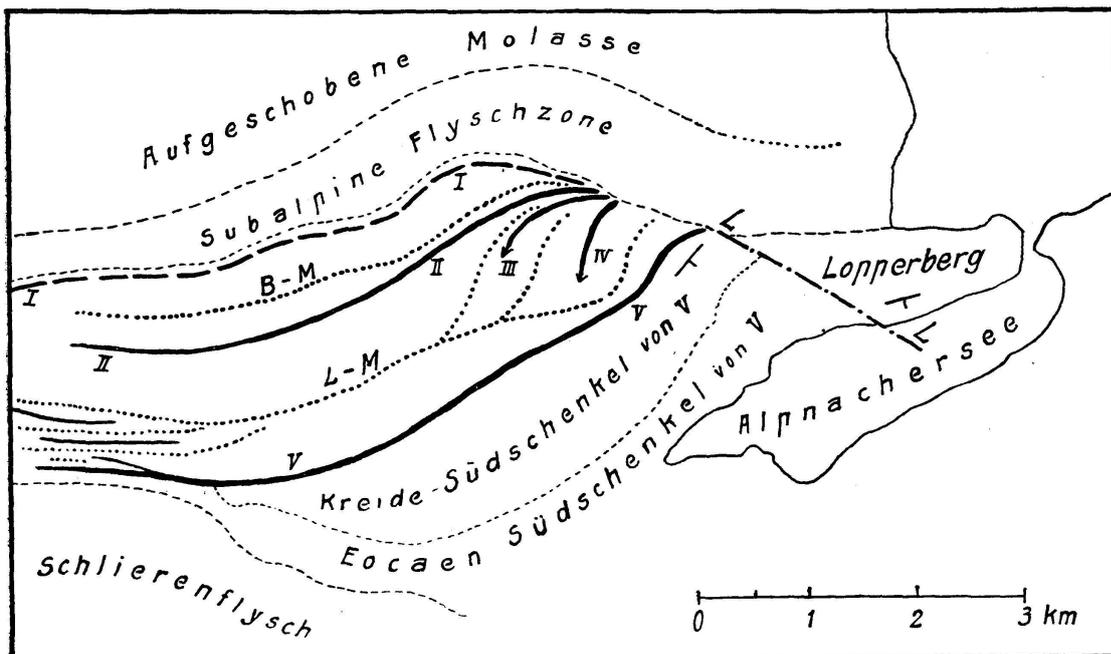
Von diesem ganzen Faltenbau bleibt nun nach Osten zu nichts
übrig als der Südschenkel des südlichsten Gewölbes (V); dieser
bildet, wie *Profil 1* darstellt, die Schichtplatte des Lopper-
berges, von der wir annehmen dürfen, dass sie direkt dem sub-
alpinen Flysch aufruhe; das Schuttgebiet von Hergiswil verhindert
freilich den strikten Nachweis. Der Lopperberg aber liegt nicht
im Streichen des Pilatus; die dem Lopperberg entsprechende Serie
erscheint im Pilatus nach NW zu vorgeschoben, der Lopperberg
ist zurückgeblieben.

Es darf nun wohl als eines der wichtigsten Ergebnisse der
neuen Untersuchungen bezeichnet werden, dass es gelungen ist,
für das Verhältnis Pilatus-Lopperberg und manch ähnlichen Fall
im Alpenrand am Vierwaldstättersee eine einfache Erklärung
zu finden. Wir haben es zu tun mit horizontalen Trans-
versalverschiebungen, welche schief zum Streichen der
Kette verlaufen. Längs den Bruchflächen haben sich die einzelnen
Stücke gegeneinander verschoben, und zwar in der Weise, dass
als Endresultat eine Streckung der den Alpenrand bildenden
Ketten resultierte. Mit unsern modernen Vorstellungen vom Bau
der Alpen steht dies in vollster Harmonie, denn wenn von Süden
her Überschiebungsdecken nach Norden gleiten, müssen die Stirn-
falten, in Anpassung an den im allgemeinen bogenförmig verlau-
fenden Alpenrand, notwendigerweise Streckung erleiden. Dabei ist
freilich auch von Einfluss die lokale Beschaffenheit des Südrandes
des Molasselandes; Nagelfluhzentren erschwerten das Vorbränden
der Randkette; hierauf einzutreten würde uns aber von unserm
Weg weit abführen.

Festzuhalten ist, dass ein gewaltiger Streckungsbruch den
Pilatus vom Lopperberg trennt: Der Pilatus ist um zirka 1 km
weiter nach NW vorgeschoben worden als der Lopperberg. In der
Landschaft entspricht dem Bruch die Scharte des Renggpasses,

über den der Weg von Hergiswil nach Obwalden führte, bevor die Strasse um den Lopperberg herum gebaut war.

Allein es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, ob denn die nördlichen Pilatusfalten I—IV, die nach Osten zu in die Luft austreichen, in irgend einer Form eine östliche Fortsetzung besitzen oder nicht. Prüfen wir zunächst den Alpenrand nach Osten zu, so finden wir hier wohl mehrfach Stücke einer Fortsetzung der



Figur 2. Tektonische Leitlinien des Pilatusgebietes

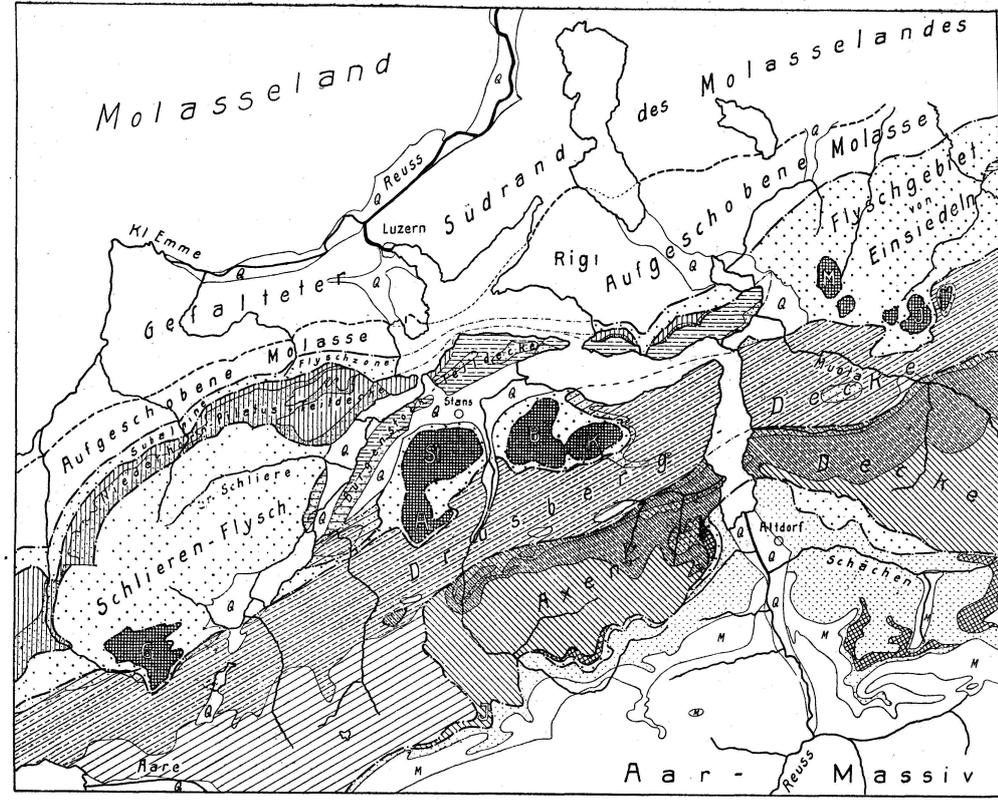
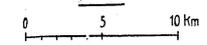
- | | |
|----------------------|------------------------|
| I = Klismhornserie | B—M = Bründlenalpmulde |
| II = Tomlishornserie | L—M = Laubalpmulde |
| III = Eselgewölbe | IV = Steigligewölbe |
| V = Matthorngewölbe | L—L = Lopperbergbruch |

Lopperbergserie (Zipfel von Fürigen am Bürgenstock und untere Schuppe der Rigihoehfluhkette), aber für das mächtige Faltenbündel des Nordpilatus fehlt ein Äquivalent. Wir müssen also nach einer andern Lösung suchen, und diese bietet sich, wenn wir etwas weitere Umschau halten im Gebiet der helvetischen Decken (vgl. Figur 3).

Seit den klassischen Darlegungen von M. LUGÉON wissen wir, dass am Vierwaldstättersee eine tiefere und eine höhere helvetische Decke unterschieden werden können, die wir heute Axen- und Drusbergdecke nennen; die Teildecken der Randketten (Niederhorn-Pilatus- und Bürgenstock-Teildecke)

Fig.3

Tektonische Karte der Zentralschweiz



- Klippen.
- Flyschbildungen, vorwiegend ultrahelvetisch.
- Jura Kreide Eocän Drusberg-Decke.
- Bürgenstock-Teildecke.
- Niederhorn-Pizstus-Teildecke.
- Axendecke.
- Parautochthone Decken.
- Eocänenzone Jochpass (J)-Schächental. (Parautochthon u. Autochthon)
- Autochthone Sedimentmantel des Aarmassivs.
- Ueberschiebung.
- Aufschübung.
- Quartär u. Seen.

11

wollen wir dabei ausser Acht lassen. Von der Axenkette haben die Untersuchungen von P. ARBENZ festgestellt, dass sie wenig westlich des Engelbergertals nach W zu unter die Drusbergdecke untertaucht und oberflächlich verschwindet.⁵ Bei Grafenort verschwindet auch die Kreidestirne der Axenkette, deren Verlauf zwischen Isental und Grafenort von A. TOBLER, G. NIETHAMMER und A. BUXTORF im einzelnen verfolgt worden ist. Facielle Erscheinungen, namentlich der Umstand, dass am Westende der Axenkette das Eocän direkt auf unterm Schrattenkalk aufrucht, erinnern nun so sehr an die Verhältnisse im Ostpilatus, dass der Sprechende schon 1910 die Ansicht äusserte, es sei die westliche Fortsetzung der Axenkreide draussen im Pilatus zu suchen.⁶ Während östlich vom Engelbergertal die Kreide mit dem zugehörigen Jurakern des Urirotstockes verknüpft bleibt, vollzieht sich westlich des Tales die Loslösung der Kreide vom Jura; die höher folgenden Decken schürften die Axenkreide bis an den Alpenrand hinaus, wo sie heute die nördlichsten Falten des Pilatus bildet. Das Abgleiten der Kreide auf den mächtigen Valangienmergeln erklärt hier wie in allen andern Fällen, weshalb wir in den Kreideketten des Alpenrandes als ältestes nur Valangien finden. Es wird die Aufgabe künftiger Untersuchungen sein, die Analogien zwischen Pilatus- und Axenkreide und -Eocän näher zu verfolgen; heute schon die einzelnen Falten des Pilatus mit solchen der Axenkreide parallelisieren zu wollen, darf nicht gewagt werden.

Diese Beziehungen zwischen Pilatus und Axenkreide lassen uns nun auch die morphologische Ähnlichkeit von Pilatus und Säntis besser begreifen. P. ARBENZ hat, meines Erachtens mit Recht, darauf hingewiesen, dass der Säntis zu deuten sei als die an den Alpenrand hinausgeschobene östliche Fortsetzung der Glärnischkreide.⁷ Da aber die Glärnischkreide als Ganzes genommen zur Axendecke gehört, so können wir heute zusammenfassend sagen, Pilatus und Säntis markieren die Stellen, wo im Westen, bzw. Osten die Axendecke ihre Kreide verloren und an den Alpenrand abgegeben hat. Zwischen Engelberger- und Linthtal, wo die Axendecke mächtig entwickelt ist, hat sie vermocht, ihren Kreideanteil bei sich zu behalten; wo sie aber im Westen und Osten an Bedeutung einbüsst, wird ihr die Kreide entrissen und an den Alpenrand verfrachtet; dort führt ihr Einsetzen zur Entstehung der hochaufgefalteten Kreidegebirge Säntis und Pilatus.

Ich bin am Schlusse meiner Darlegungen angelangt. Wir haben geprüft, welche Gesteine den Pilatus aufbauen, und dann schrittweise verfolgt, wie von Westen nach Osten zu der Bau ein komplizierterer wird, und sahen, wie im Momente höchster tektonischer Steigerung das Gebirge ohne Fortsetzung in die Luft hinausstreicht. Durch dieses Abreissen der Gewölbe und Mulden entsteht die vielzackige, prachtvoll gegliederte Kontur, die der Pilatus von Luzern aus darbietet. Wir haben weiter versucht, eine Erklärung zu finden für das Problem der östlichen Fortsetzung des Pilatus. Dass „als Ganzes genommen die Erhebung des Pilatus durch einen seitwärts und in ungefähr horizontaler Richtung wirkenden Druck stattgefunden hat“, hat schon KAUFMANN ausgesprochen; die damalige Zeit suchte die Ursache für diese horizontalen Verschiebungen in den Zentralmassiven, deren eruptives Aufsteigen die geschichteten Ablagerungen beiseite geschoben habe; heute hat uns die Deckentheorie eine Erklärungsmöglichkeit in die Hand gegeben, die in glänzender Weise allen Beobachtungen gerecht zu werden vermag.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle der Pilatusbahn-Gesellschaft, im besondern Herrn Direktor WINKLER, bestens dafür zu danken, dass mir bei meinen Untersuchungen jegliche Erleichterung gewährt worden ist.

PS. Im Anschluss an den Vortrag wurde eine grössere Anzahl Lichtbilder gezeigt, darunter auch solche von Fliegeraufnahmen der Ad Astra-Aero A.-G. Zürich. Diese letztern Bilder sind beim Pilatus von besonderem Interesse, weil einzig in Aufnahmen, die von Nordosten her, aus grosser Höhe gemacht worden sind, das Axialgefälle des Esel- und Steigligewölbes richtig zur Geltung kommt.

Zitierte Literatur

1. F. J. KAUFMANN: Geologische Beschreibung des Pilatus. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, 5. Lfg. 1867.
2. F. J. KAUFMANN: Vortrag über die geologischen Verhältnisse des Pilatus, In: Zur Erinnerung an die 5. Jahresversammlung des S. A. C. in Luzern 1867. Luzern, Verlag J. Schiffmanns Buchhandlung 1868.
3. A. BUXTORF, A. TOBLER etc.: Geologische Vierwaldstättersee-Karte. 1:50,000. Geol. Spezialkarte 66 a) und Profiltafel 66 b), herausgegeben von der Schweiz. Geol. Komm. 1916.
4. A. BUXTORF: Geol. Karten von a) Bürgenstock und b) Rigihoehfuhkette. Spezialkarten 27 a) bzw. 29 a) mit Profiltafeln 27 b) bzw. 29 b). Herausgeg. v. d. Schweiz. geol. Komm. 1910 und 1916.
5. P. ARBENZ: Geol. Karte des Gebirges zw. Engelberg und Meiringen. Spezialkarte Nr. 55, herausgeg. v. d. Schweiz. Geol. Komm. 1911.
6. A. BUXTORF: cf. Eclogae geol. Helv. Bd. XI, S. 286—287, 1910.
7. P. ARBENZ: Die Faltenbogen der Zentral- und Ostschweiz. Vierteljahrschrift Naturf. Ges. Zürich, Bd. LVIII, 1913.