

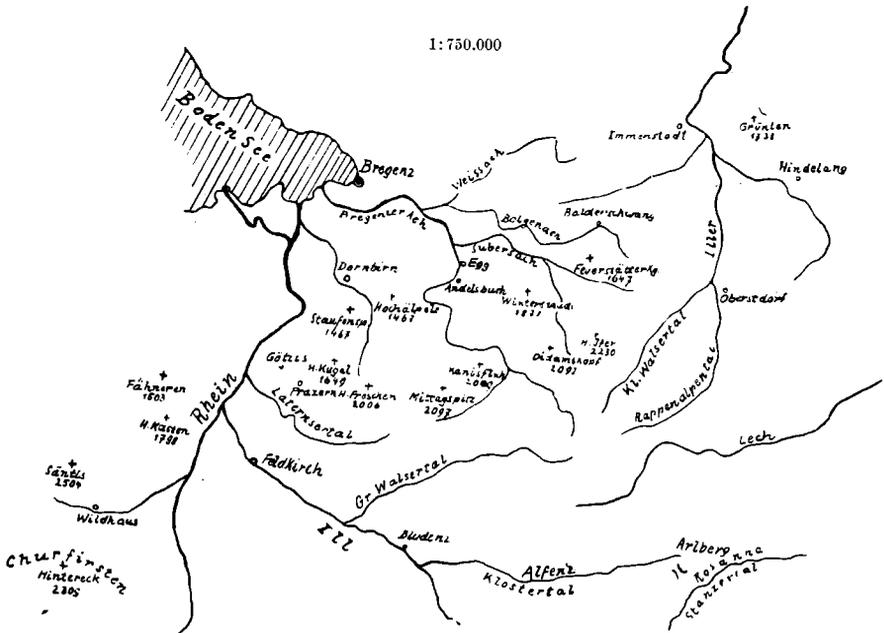
Über die geologische Erforschung des Bregenzer Waldes.

Von Dr. Robert K. v. Srbik (Innsbruck).

Einleitung.

Der Zweck dieser Studie ist, eine kurze Entwicklungsgeschichte der geologischen Erforschung des Bregenzer Waldes in stratigraphischer und tektonischer Hinsicht zu geben.

Die Abgrenzung des Gebietes erfolgte im Sinne der neueren geologischen Literatur etwa durch die Linie Feldkirch—Gr. Walsertal—Argenbach—Nu—Hoher Jfer—Feuerstättler Kopf—Volgen Ach—Hittisau—Dornbirn, östlich des Rhein somit über die Bregenzer Ach ausgreifend bis auf die Wasserscheide gegen

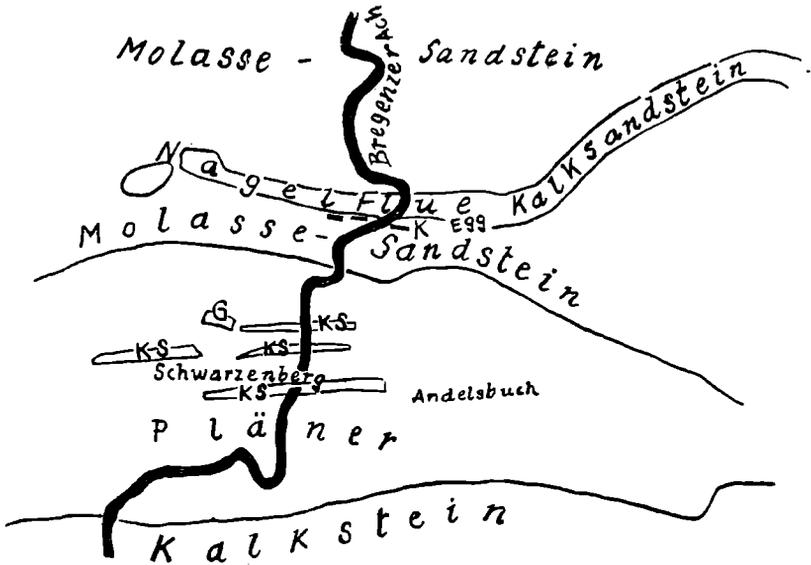


die Iller im bayerischen Grenzgebiet. Zum „Bregenzer Wald“ im orographischen Sinne werden bekanntlich auch die im N, S und O anschließenden, über diesen Raum hinausreichenden Randgebiete gerechnet.

Das Hauptgewicht wurde unter bewußter Übergehung aller Einzelheiten auf die Hervorhebung der wichtigsten Wendepunkte in der Auffassung der Stratigraphie und Tektonik gelegt, dieser beiden aufs engste verbundenen

Wissenszweige der Geologie. Andere Forschungsgebiete, wie etwa Morphologie und Glazialgeologie, gehen über den mit Absicht enggesteckten Rahmen der Arbeit hinaus. Desgleichen wurden nur jene Forscher genannt, die zu wesentlich neuen Auffassungen gelangten.

Die nachfolgende Übersicht wäre daher geeignet, einen Beitrag zur Heimatkunde Vorarlbergs zu bilden und die Verbreitung geologischen Wissens in weitere, mit den Anfangsgründen der Geologie bereits vertraute Kreise zu fördern.



Aus der Karte von Vorarlberg des Geognostisch-Monlanistischen Vereines, aufgenommen durch A. R. Schmidt 1839—1841

(im Maße 2 österr. Postmeilen = 8000 Wiener Klafter = 6 Wiener Zoll) 1:75,000

K Kohlenflöze KS Kalksandstein G Grauwacke

Entwicklungsgang.

Durch die jeweils im Vordergrund der Forschung stehenden Probleme ergibt sich eine Gliederung der Entwicklung in fünf Abschnitte.

- I. Erste geologische Landesaufnahme — Beginn des Klippenproblems — Bindelzisches Gebirge und Regionaltektonik.
- II. Rhätische Überschiebung als Beginn der ostalpinen Deckenlehre.
- III. Theorie der kurzen Schübe und gemäßigte Deckenlehre.
- IV. Ausgestaltung der Stratigraphie und Deckenlehre.
- V. Stratigraphie als Grundlage der relativen Autochthonie.

I.

Erste geologische Landesaufnahme — Beginn des Klippenproblems — Windelizisches Gebirge und Regionaltektonik.

Der Beginn der geologischen Aufnahme Vorarlbergs fällt in das Jahr 1839, als der Landesmarktscheider A. N. Schmidt im Auftrage des 1837 gegründeten Geognostisch-Montanistischen Vereines für Tirol und Vorarlberg dort die ersten Untersuchungen vornahm (12). Der Verein wählte dieses Gebiet für den Beginn seiner praktischen Tätigkeit, weil er sich eine Auswertung der Kohlenflöze im Bregenzer Walde versprach. Die Aufnahmeberichte Schmidts enthalten eine Fülle richtiger Beobachtungen, die teils aus den mit kleinen Karten versehenen Berichten des Vereines vom Jahre 1840 bis 1842 ersichtlich sind, teils aus dem 1843 erschienenen Blatt Vorarlberg der geognostischen Karte.

Die einzelnen Arten des Kalkes werden, wie damals üblich, als eine ununterbrochene Bildungsreihe angesehen und als „Alpenkalk“ bezeichnet, da es vorläufig noch nicht möglich sei, die durch thermische und chemische Verschiedenheiten entstandenen, vom Urkalk bis zur Kreide reichenden Kalkz zu gliedern. Die geringmächtigen Flöze in dem der „Ragelsfluh“ benachbarten „Kohlen-sandstein“ erwiesen sich in der Folgezeit als wenig abbauwürdig.

Dem praktischen Zweck der Arbeiten entsprechend, enthalten die Berichte nichts über Tektonik des Gebietes.

Die einzig dastehende, allzeit anerkannte Leistung des Geognostisch-Montanistischen Vereines für Tirol und Vorarlberg bildet einen der wichtigsten Marksteine in der geologischen Erforschung dieser Länder.

Die Arbeiten des Schweizer A. Escher von der Linth (1846 und 1853) bringen einen wesentlichen Fortschritt (9—11).

Seine Gliederung von Trias, Jura, Kreide und Tertiär nähert sich schon der heutigen. Er erkannte als erster das jurassische Alter des aus der Kreide auftauchenden Gewölbes der Ransfluh und stellte den „Jurakalk von Au“ — gleich dem „Schweizer Hochgebirgskalk“ — in den Malm oder oberen Dogger. Escher machte durch seine Profile die nach N überkippten Kreidewellen des Bregenzer Waldes anschaulich und wies als erster auf den tektonischen Zusammenhang mit dem Säntis hin.

Auch zu dem seither berühmt gewordenen Problem der kristallinen Klippen und Konglomerate — namentlich des Volgen — nahm er Stellung.

Diese rätselhaften Gebilde waren erst im Jahre 1800 entdeckt worden. 1805 erklärte sie Lupon (Mineralogische Briefe) als nicht anstehend, sondern als ein Riesenblockwerk, das aus den Zentralalpen zu einer Zeit gekommen sei, als das trennende Kalkgebirge eine noch undurchtaltete, sanft nach N geneigte Fläche bildete. Uttinger (1813) sah in ihnen eine zwischen Sandsteine eingelagerte Ragelsfluh. Die eng-

lischen Forscher Sedgwick und Murchison (1829) führten diese Erscheinungen auf das Empordringen kristalliner Gesteine aus dem Erdinnern zurück, wodurch der hangende Flysch beiseite gedrängt worden sei. Murchison änderte dann 1849 seine Meinung dahin ab, daß er die kristallinen Klippen und Konglomerate für metamorphen Flysch erklärte.

Eicher stimmte 1845 mit der Ansicht Studers überein, die Gneise und Granite seien nicht anstehend, sondern Bestandteile eines dem Flysch angehörenden Konglomerates. Eine andere Möglichkeit sah Studer in der Erklärung als Erratika aus den Ötztaler Alpen. Schafhäütl nahm (1851) Einlagerungen in den Flysch an (66).

Das Problem der Klippen und Konglomerate wird späterhin zum Angelpunkte der stratigraphischen und tektonischen Untersuchungen im Bregenzer Wald.

Die alpine Stratigraphie baute E. W. v. Gümbel (13—15), dessen geologische Tätigkeit nahezu ein halbes Jahrhundert währte (1856—1897), auf paläontologischer Grundlage weiter aus und entwarf unter anderem auch ein großzügiges, auf breitere Vergleichsbasis gestelltes Bild der Tektonik des Bregenzer Waldes.

Er gliederte systematisch die alpine Schichtfolge vom Mesozoikum bis zum Alluvium, wies auf die Einheitlichkeit der Vorarlberger Kreidebildung mit jener in der Provence und der Schweiz hin und faßte den Flysch als eine von der Trias bis ins Eozän reichende Serie verwandter Gesteine auf.

Den Faziesunterschied zwischen alpiner und außeralpiner Ausbildung führte er auf das vortertiäre, seither versunkene Bindelizische Gebirge zurück, das unter der heutigen Schwäbisch-bayrischen Hochebene vom Süden des Böhmisches Massivs in SW-Richtung die Verbindung mit den Westalpen, vielleicht mit dem Französischen Zentralplateau, herstellte und die Scheidewand zweier Faziesbereiche bildete — ein neuer Gedanke, der jüngst in etwas geänderter Form bei Kocel und Leuchs wieder erhöhte Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Das Kreidegebiet des Bregenzer Waldes ist nach Gümbel ein durch seitlichen SN-Druck zu Ende der Kreidezeit entstandenes Hauptgewölbe, das selbst wieder durch mehrere, nach N überkippte Wellen in sekundäre Gewölbe gegliedert und vom jüngeren Flysch umlagert ist. Zahlreiche Quersprünge, wie das Tal der Bregenzer Ach zwischen Au und Schnepfau, durchsetzen den derart auf eine einfache Bildungsformel zurückgeführten Bregenzer Wald.

In der Frage nach der Herkunft der Klippen verweist Gümbel auf deren Ähnlichkeit mit den Gesteinen des Bährischen Waldes, wodurch die Abstammung von dem Bindelizischen Rücken naheliegend erscheint. Bei der allgemeinen Gebirgserhebung wurden die Granit- wie die Zura Klippen an Verwerfungsspalten emporgedrückt und dadurch in den Flysch förmlich eingeschlossen (1861 und 1896).

Im Auftrage der 1850 gegründeten Geologischen Reichsanstalt schritt Ferdinand Frh. v. Richthofen 1857 an die geologische Neuaufnahme Vorarlbergs und des östlich angrenzenden Gebietes. Das Ergebnis seiner auch auf den Bregenzer Wald sich erstreckenden Arbeiten läßt sich etwa folgend zusammenfassen (50—53):

In stratigraphischer Beziehung ergeben sich geringfügige Abänderungen gegen Gumbels Auffassung.

Richthofen rechnet von der südlich folgenden Trias die Kössener Schichten sowie den Unteren und Oberen Dachsteinfalk und -dolomit (Hauptdolomit) zum Trias und erkennt richtig den Ersatz des Wettersteinfalkes durch die Arlbergsschichten, was 1872 dann auch Mojsisovics zugeb. Richthofens Einteilung der Kreide weicht von der Gumbels hauptsächlich in der Zuzählung der Rossfelder Schichten zur Kreide ab, während Gumbel sie noch zum Tithon (Oberjura) stellt. Im Gegensatz zu ihm zieht Richthofen in dem mit Nummuliten-schichten beginnenden Flysch keine Möglichkeit einer systematischen Gliederung.

Nach Richthofens tektonischer Vorstellung ist das aus der Tiefe auftauchende Jura-gebirge der Rarisfluh der Schlüsselpunkt zum Verständnis des Vorarlberger Kreidegebirges. Die früher horizontal abgelagerte Kreide wurde hiedurch zur Seite gedrängt, in Falten oder Wellen gelegt und zu einem das Eozänmeer überragenden Gebirgsland. Am Ende des Eozäns nahm es abermals an einer Gebirgsbewegung teil, die nun den Flysch emporfaltete und von S die Trias auf den Flysch hinaufschob. Im Kreidegebiete herrscht ein System parallele Sturzwellen, die im W vom Rhein durchbrochen werden und im O unter den Flysch untertauchen. Mit der Entfernung von der Rarisfluh nach N nimmt der Gegensatz der sanft geneigten Süd- und der steilen Nordschenkel zu; schließlich fehlen letztere infolge der Überkipfung gänzlich und aus der Falte wird die Überschiebung älterer auf jüngere Schichten. Er unterscheidet vier W—O gerichtete Haupt- oder Hebungswellen, deren Verlauf freilich durch sekundäre Wellen und stellenweise Plateaubildung gestört wird. Längs- und Querverwerfungen vollendeten dann den verhältnismäßig einfachen Gebirgsbau. Die mächtigste Hebungswelle ist die südlichste, die vom Ardegenberg über H. Freschen—Rarisfluh—Mittagsfluh—Didamskopf zum H. Ffer zieht. An der Südseite der Rarisfluh beobachtete Richthofen als erster das Fehlen des Schrattentalkes, wofür in der Folgezeit verschiedene Erklärungen gesucht werden (Wacek, Mylius). Neuere Kartierungen ergaben ein Vorkommen von Flysch auch inmitten des Kreidekomplexes. Richthofens Annahme eines seit der Kreidezeit unverändert bestehenden Landrückens wird dadurch unhaltbar.

Die Beobachtungen von D. Lenz (1873) bestätigten im allgemeinen die Forschungsergebnisse Richthofens im Bregenzer Wald. Lenz stellte das wiederholte Einfallen des Flysch unter die Kreide fest, ohne es sich aber tektonisch erklären zu können (24, 25).

Wie zu ersehen, bildete der Bregenzer Wald bisher kein Studiengebiet für sich, sondern wurde nur im Rahmen weiterreichender alpiner Probleme in den Kreis geologischer Forschungen gezogen.

Die ersten Spezialarbeiten über die Vorarlberger Kreide stammen von M. Bacel (75—79) der Geologischen Reichsanstalt aus den Jahren 1875 bis 1879.

Die Kreide geht nach Bacel allmählich aus dem Jura hervor und setzt sich lückenlos in doppelter Fazies, einer mergeligen im S, einer kalkigen im N, nach oben in der Jurainsel (Lithon) Rojenkopf—Kanisfluh—Mittagsfluh fort. Die Ursache dieser Zweiteilung sieht Bacel ähnlich wie Gumbel in einer untermeerischen, vorkretazischen Aufwölbung, die das Meer als Barre trennte. Festländische Flusseinschwemmungen verursachten die südliche mergelige Fazies (Richthofens Koffelschichten), während in dem nördlich der Barre gelegenen tieferen Meeresteile kalkige Sedimente zur Ablagerung gelangten.

Das später vom Kreidemeer überdeckte Hauptgewölbe barst durch den aufsteigenden Lithonkern der Kanisfluh und störte hiedurch bereits den geraden Verlauf der vom N andrängenden Kreidewellen, daher stammt ihre Bogenform und das schon von Richthofen festgestellte Fehlen des Schrattenkalkes südlich und südwestlich der Kanisfluh. Während aber Richthofen hieraus auf eine Lücke in der Ausbildung der Kreide schloß, erklärte Bacel dies als eine durch das erwähnte Gewölbe verursachte Faziesvertretung. Nach seiner Auffassung ist aber der Schlüsselpunkt für das Verständnis der Tektonik des Brengener Waldes nicht so sehr, wie Richthofen annahm, in der Kanisfluh gelegen, sondern vor allem in der Stauung der infolge Horizontaldruckes von N gegen S geschobenen Kreide und der südlich anschließenden Trias an dem vorspringenden Gäßfeiler des Lobspiz (nordöstlich vom Gr. Vigner) in der Silvretta-gruppe. Der Widerstand dieses kristallinen Gebietes verursachte in erster Linie die bogenförmige Biegung und stellenweise Knickung der andrängenden jüngeren Sedimente zu Ketten oder Wellen in einer von der alpinen abweichenden Streichrichtung. Dieser Ursache gegenüber kann Bacel dem Juragewölbe Kanisfluh—Feuerstätter Kopf nur sekundäre Bedeutung zuerkennen.

Bacel teilt die Wellen nach der Zeit ihrer Entstehung in drei Ordnungen. Die Welle erster Ordnung ist das große Gewölbe im Sinne Gumbels, also jener vor oder zu Beginn der Kreidezeit angenommene submarine Rücken, dem Bacel die Ursache der Faziesteilung zuschrieb. Statt der vier Hauptwellen Richthofens sieht er deren acht, die aus der Gaultzeit stammen. Sie bilden die allerdings nicht durchlaufenden Wellen zweiter Ordnung. Die späteren Nebenwellen, vergleichbar den Sekundärwellen Richthofens, sind Bacels Wellen dritter Ordnung. Durch alle Wellen verfolgt er quer zum Streichen einen korrespondierenden Wechsel der Hebungen und Senkungen und gelangt hiebei zu drei Kulminationslinien, die durch zwei Depressionsstreifen getrennt sind. Die Flußläufe folgen nur teilweise den letzteren (Subersach), gerade die größten Flüsse (Rhein, Brengener Ach) aber benützen Verwerfungspalten, nicht die Depressionsfurchen.

Die bisherigen tektonischen Auffassungen zeigen die Annahme eines regionalen Seitendruckes, teils von S nach N, wie Gumbel und Richthofen, teils in umgekehrter Richtung, wie Bacel, in Verbindung mit Vertikalbewegungen.

II.

Rhätische Überschiebung als Beginn der ostalpinen Deckenlehre.

Durch A. v. Rothpleß (56—61) erfuhr das Gebiet des Bregenzer Waldes im Rahmen seiner die ganzen Ostalpen und die anschließenden Westalpen umfassenden Studien eine von den früheren Forschern wesentlich verschiedene tektonische Auffassung (1883, 1900 und 1905).

Die oligozäne Gebirgsbildung der Alpen verursachte durch einen von SO nach NW wirkenden Druck einen primären Faltenwurf, der aber durch die spätere O—W gerichtete Rhätische Überschiebung teilweise verwischt und gestört wurde. Deren unterem Teil, der Glarner Schubmasse, gehören die dem basalen Flysch aufgelagerten Kreidefetten Vorarlbergs an. Die Jura- und Granitklippen sowie die exotischen Konglomerate aber bilden wurzellose Schubsetzen, die an der Basis der die Glarner Schubmasse teilweise überlagernden Allgäuer Schubmasse mitgeschleppt wurden. Die Transportweite der Glarner Überschiebung mißt nach Rothpleß mindestens 40 Kilometer, die der Allgäuer und der auf ihr bewegten Lechtaler Schubmasse 30 Kilometer, so daß das gesamte Alpengebiet hiedurch um 70 Kilometer von O nach W zusammengeschieben wurde. Die von der Ungarischen Tiefebene bis über den Rhein im W (etwa 500 Kilometer) sich erstreckende Rhätische Überschiebung erfolgte längs bereits vorgefundener Verwerfungen, den Längsspalten im N und S. Da sie nach W konvergieren, mußten außer den Untergrundstauungen auch Verfeilungen stattfinden, die Schuppungen sowie nach S und N gerichtete Überschiebungen zur Folge hatten. Die für unser Gebiet in Betracht kommende Strecke der nördlichen Randspalte glaubte Rothpleß von Reichenhall über Hindelang, dann in zahlreichen Ein- und Ausbiegungen bis Baduz verfolgen zu können; an ihr fließt die überschobene Kreide am basalen Flysch ab. Der Bregenzer Wald bildet derart die Koppregion der Rhätischen Schubmasse, in der sich wohl zahlreiche an Längs- und Querspalten vollzogene Schollenüberschiebungen, aber keine Überfaltungen im Sinne Albert Heims und anderer Schweizer Geologen zeigen.

Die von Rothpleß zum erstenmal ausgesprochene großzügige Fernbewegung beim Bau der Ostalpen ist, was heute, im Zeitalter der Deckenlehre, gern übersehen wird, somit der Gedanke eines Ostalpengeologen.

Als Klippen bezeichnete Rothpleß in größeren Gebieten einheitlichen Gebirgsbaues isoliert aufragende Schollen älterer Gesteinschichten, die für sich eine tektonische Einheit bilden und ringsum von jüngeren diskordant aufgelagerten Schichten umgeben sind. 1883 vermutete er in ihnen höchst wertvolle

Reminiszenzen an ältere, präalpine Gebirgsbildungen. Mit der Ausgestaltung seiner Lehre von der Rhätischen Schubmasse wies er den Gedanken zurück, die aus älteren Gesteinen bestehenden Klippen am nördlichen Alpenrande seien infolge Abnahme der gebirgsbildenden Kraft näher der Erdoberfläche gelegen und daher der freilegenden Erosion leichter zugänglich gewesen. Ebenso fand er nicht die von Gümbel gesehenen Verwerfungsspalten, an denen sie emporgepreßt und so in den Flysch eingeschlossen worden sein sollten. Auch dessen Annahme, die Klippen und exotischen Gerölle des Volgen seien Riesentonglomerate des Flysch, hervorgegangen durch Erosion und Verwitterung von Trümmern des verfunkenen Windelizischen Rückens, und die Hypothese ihrer erratischen Herkunft durch Gletschertransport teilte Rothpleß später nicht mehr. Er gelangte dann zu der Ansicht, die Juraklippen, der Volgengranit und die sonstigen exotischen Gerölle seien an der Basis der Allgäuer Schubmasse bei der großen Rhätischen Überschiebung mitgeschleppt und daher in ihrer heutigen Lage wurzelloß. Bestimmend hiebei war bei Rothpleß außer der den diluvialen Eisstand am Volgen überschreitende Fundhöhe von 1600 Meter, vor allem das Vorkommen von Aptychenfalten, die zwischen Kreide und Triasdecke eingeklemmt sind. Nebenbei möge immerhin das durch die Allgäuer Überschiebungsmasse mitgeschleppte Material noch durch Lokalgletscher weiter verfrachtet und stellenweise von oben in den Flysch hineingepreßt worden sein. Durch spätere Erosion treten dann diese ortsfremden, wurzelloßen Gesteine häufig zutage.

Einen ähnlichen Gedanken hatte bereits 1897 G. Steinmann ausgesprochen, der auf Grund der Schriften von M. Bertrand (1884) und H. Schardt (1893) die Klippen und Exotika als Reste einer von S dem Flysch aufgeschobenen Scholle angesehen hatte. 1898 erklärte Schardt ferner, die kristallinen Blöcke seien durch die Schubmassen an ihrer Basis fortgerissen, dann in den sich bildenden Flysch hineingespült und eingefaltet worden.

Die von Rothpleß in den Jahren 1900 und 1905 für unser Gebiet in Kürze dargelegte Erklärung fand somit zwar in den Schweizer Geologen ihre Vorläufer, jedoch mit dem wichtigen Unterschiede, daß diese Forscher aus Überschiebung hervorgegangene S—N gerichtete Deckenschübe annahmen, nach Rothpleß hingegen lediglich schuppenartige Überschiebungen stattfanden, die in O—W Richtung entlang zweier Verwerfungsspalten erfolgten und nur von sekundären Überschiebungen nach N und nach S begleitet waren.

Von nun an steht die Frage der Deckenschübe, der Herkunft der Klippen und ihr Zusammenhang mit Flysch und Molasse im Vordergrund.

G. Steinmann entwickelte 1905 und 1906 die Unterscheidung in einen helvetischen, lepontinischen und ostalpinen Faziesbereich und die spätere Störung dieser Ablagerungsgebiete durch die von S aus erfolgten Deckenschübe. Ähnlich wie Rothpleß nahm auch er eine Allgäuer und Lechtaler Decke ostalpiner Fazies an. Diese Massen überschoben durch ihre Vorbewegung den lepontinischen

Bereich und gelangten derart in unmittelbare Nachbarschaft des helvetischen Flysch. Die Klippen jedoch gehören nach Steinmann einer unter der ostalpinen liegenden Klippen- oder Bündelzischen Decke an, deren Reste wir in den Klippen sehen.

Eine Reihe von Forschern, wie Arn. Heim, Tornquist, Wepfer, Ampferer und Mylius, suchte ziemlich gleichzeitig in den nächsten Jahren dem angedeuteten Klippenproblem näher zu kommen, wodurch sich ein lebhafter Widerstreit der Meinungen entwickelte.

Arn. Heim (17—21) erklärte 1906 und 1907 die Borarlberger Flysch- und Kreidesedimente als Teile der aus dem Süden weither gewanderten helvetischen Decke. Der Flysch wurde somit im Süden gebildet. Die von den Klippen genetisch zu trennenden exotischen Blöcke stammen aus der Linie Baveno—Lugano—Predazzo. Sie wurden durch Treibeis in den Flysch eingebettet und später samt dem Flysch von den Decken passiv nach Norden verfrachtet. Der Flysch und die ihm aufgeschobene Kreide sind daher nicht autochthon, sondern die aus diesen Gesteinen bestehende Säntisdecke brandete als Abschluß ihrer Wanderung im Pliozän auf das bereits im Miozän gefaltete Erosionsrelief der eine Antiklinale darstellenden Molasse.

Er unterscheidet daher drei zeitlich getrennte Vorgänge: a) Bildung und Überschiebung von Kreide auf Flysch, Einlagerung der exotischen Blöcke durch Treibeis weit im Süden; b) Faltung und Abrasion der Molasse im N (Miozän); c) Vorbewegung und Aufschub der helvetischen Decke auf die Molasse (Pliozän). 1910 gab dann Arn. Heim die Hypothese des Eistransportes auf und nahm eine tektonische Verfrachtung der exotischen Blöcke mit den Decken an.

Hinsichtlich dieser Vorgänge trat A. Tornquist (70—74) in den Jahren 1907 und 1908 teilweise in Gegensatz zu Arn. Heim. Er hält ähnlich wie Rothpleß die Borarlberger Flysch- und Kreidesedimente nur in geringerem Maße für überschoben, im allgemeinen aber für autochthon. Die Kreide ist an südfallenden Überschiebungsflächen auf den Flysch aufgeschoben, stammt aber aus dem Untergrunde des Flysch. Noch bevor die gleichzeitige Faltung von Flysch und Kreide erfolgt, schoben sich von S die Allgäuer und Lechtaler Decken heran, fanden daher in dem heute von Kreide und Flysch eingenommenen Raume kein Hindernis vor. Bereits vor ihrem Bewegungsantritte wurden von ihren Scheiteln die im S als Oberflächenschutt gebildeten exotischen Gerölle nach N in den Flysch eingeschwenkt. Gelegentlich des Deckenschubes scherte die hangende Lechtaler Decke von der Oberfläche der jetzt weit zurückgewitterten Allgäuer Decke die Aptynchenkalk ostalpiner Fazies ab, die auf den weichen Allgäuschiefern abglitten und heute die später noch verschobenen, auf dem Flysch schwimmenden Juraklippen bilden. Sie sind daher, wie auch Arn. Heim annahm, von den exotischen Geröllen und dem Bolgengranit genetisch scharf zu unterscheiden. Denn die Klippen stammen von der Oberfläche der Allgäudecke selbst, das Kristallin aber aus dem S. Beide sind durch das Zeitalter der Decken-

schübe hinsichtlich der Ablagerungszeit getrennt. Die Faltung und der Aufschub auf die Molasse änderte nach Tornquist den autochthonen, primären Flysch in seiner Zusammensetzung und Struktur, er wurde kieselig und tonig. Daraus ergibt sich die stratigraphische Zweiteilung des Flysch im Gegensatz zu der nach Arn. Heim weit im Süden erfolgten einheitlichen Flyschbildung. Während bei diesem Forscher die Molasse einen alten Erosionsstand vorstellt, ist sie nach Tornquist eine steilverstellte Schubfläche, die jüngeren Alters ist als die Grenze zwischen Kreide und Flysch, da sich die Quersprünge dieser Zone nicht in die Molasse fortsetzen.

Der Hauptunterschied der Auffassungen liegt aber in der zeitlichen Aufeinanderfolge der Ereignisse, die sich vor allem darin ausdrückt, daß Heim der miozänen Molassefaltung die Deckenschübe im Miozän folgen läßt, während Tornquist letztere bereits in das Oligozän verlegt, wodurch die miozäne Molassefaltung zur späteren Phase wird. Tornquists Zeitschema ist daher folgendes (71):

Oberes Miozän:	Molassefaltung, Überschiebung von Flysch auf Molasse. Quersprünge.
Älteres Miozän:	Auffaltung der Kreidestetten und der Flyschzone. Überschiebung von Kreide auf Flysch.
Oberes Oligozän:	Ende der Deckenschübe, Einschub der Kalkklippen.
Älteres Oligozän:	Deckenschübe. Ablagerung des jüngeren Flysch außerhalb der Decken.
Eozän:	Ablagerung des Mammulitenkalkes und des älteren Flysch außerhalb der Decken und der Flyschkonglomerate auf den späteren Deckenschollen.

Gegen die Forschungsergebnisse Arn. Heims und Tornquists trat 1908 D. Ampferer auf (1, 2). Er bestreitet die von Heim behauptete Herkunft des Flysch aus den Südalpen, da dort keine Spuren so lang andauernder Abtragung vorhanden seien, und wendet sich gegen Tornquists Ableitung der Juraklippen aus der Allgäuer Schubmasse. Es fehlen, wie das schon Rothpleß bemängelte, andere als jurassische Schubstufen, die bei einer Abfcherung von der triadischen Decke doch auch zu sehen sein müßten. Deshalb und aus einer Reihe anderer Gründe leitet Ampferer die Juraklippen aus der Tiefe der Flyschbasis ab, von wo sie tektonisch abgetrennt und emporgehoben worden seien.

Dem gegenüber verteidigte Tornquist (1908) seine Theorie mit der Begründung, es sei bei Ampferers Annahme einer Autochthonie der Juraklippen nicht einzusehen, warum gerade nur der Jura von der gebirgsbildenden Kraft emporgestoßen wurde, während sie die Kreide verschonte. Tornquist blieb daher bei seinem durch den Deckenschub veranlaßten Hineinstoßen des ostalpinen Jura in den helvetischen Flysch, ein Vorgang, der von obenher submarin auf abfallender Schubfläche erfolgte.

Ampferer hingegen erklärte (1909) die Annahme der unverkehrten, wenn auch untermeerischen Bewegung einer 12 Kilometer langen und 300 Meter mächtigen Zuraufklippe von der Oberfläche der Allgäuer Schubmasse für mechanisch viel weniger wahrscheinlich als die Ableitung aus dem Untergrunde. Nähme man aber Wurzellosigkeit an, dann habe die Rothpleksche Anschauung der Herkunft von der Basis dieser Decke, sei sie nun von O oder von S vorbewegt, mehr Berechtigung. Ferner könne man sich auch ohne Zutun der Lechtaldecke ein randliches Ablösen der Zuraufklippen von der Stirne der Allgäuer Decke und ein Abgleiten ins Flißschmeer vorstellen. Tornquist's Erklärung sei daher kein zwingender Beweis.

Eine ähnliche Stellung nahm Ampferer gegen den folgenden Autor ein.

E. W e p f e r (80) stimmte (1908) insoferne der tektonischen Auffassung von Rothplek zu, als auch er die nördliche Randspalte Langenwang an der Ziller—Sibratsgfall—Schwarzenberg—Dornbirn im Gelände als Überschiebungslinie von Kreide auf Flißsch zu erkennen glaubte und — wie auch E. B l u m e r (3) — den Zusammenhang mit dem Säntis betonte. Da Flißsch auch unter Einschaltung einer Breccie stellenweise die Kreide überlagert, schloß er außerdem auf eine sekundäre Überschiebung von Flißsch auf Kreide. Nach Wepfer findet sich keine Stelle, wo Flißsch auf Molasse überschoben ist.

D. Ampferer sah (1909) in Wepfers Anschauung einen Irrtum; denn das selbe Bild ergäbe sich bei Annahme einer schuppenartigen Einschaltung von Flißsch in Kreide ganz zwanglos und jedenfalls viel einfacher als unter Zuhilfenahme hypothetischer Decken.

Der Kampf der Meinungen über die Bodenständigkeit der Ostalpen war durch Rothplek ins Rollen gebracht. Diese Frage beherrscht von nun an die alpine Geologie.

III.

Theorie der kurzen Schübe und gemäßigte Deckenlehre.

In den letzten Jahren vor dem Weltkriege, der systematische Forschungen in den Ostalpen unterbrach, zeigt sich eine entwicklungsgeschichtlich auch auf anderen Gebieten häufig zu beobachtende Übergangsrichtung von der alten Regionaltektonik zur jungen ostalpinen Deckenlehre.

Sinsichtlich des Bregenzner Waldes sind die Arbeiten von Mylius und v. Merhart für diese Zeit kennzeichnend.

E. M y l i u s (31—36) erweiterte nach einigen kleineren Arbeiten über einzelne Gebiete des Bregenzner Waldes (1909 und 1911) seine Studien in den folgenden Jahren zu Forschungen über das ganze Grenzgebiet zwischen Ost- und Westalpen.

In stratigraphischer Beziehung sei nur auf seine der französischen Kreidegliederung sich anpassende Einteilung kurz hingewiesen. In dem stark gefalteten Flysch glaubte er keine Schichtfolge zu erkennen. Durch Feststellung von marinem Flysch inmitten des Kreidegebietes wurde Richthofens Annahme, daß letzteres zur Coezänzeit bereits Festland war, widerlegt.

Mylilius' Tektonik geht ursprünglich von der durch Rothplez aufgestellten Theorie der weitreichenden O—W Bewegung der Rhätischen Schubmasse aus. Bald aber unterscheidet er zwischen der ausschlaggebenden S—N Richtung und den nur sekundären O—W Bewegungen (z. B. Widderstein). Neben den Bruchläßt er auch Faltenüberschiebungen gelten. Er führt die einen auf Schichtzerreißen zurück, die anderen auf Überfaltungen, d. h. stark überlegte Falten mit reduzierten Mittelschenkeln. Zahlreiche Längs-, Quer- und Diagonalverwerfungen, an denen Schollen absanken, vollenden das tektonische Bild, das er selbst als eine „*T h e o r i e d e r m e h r f a c h e n k u r z e n S c h ü b e*“ bezeichnet und das im Gegensatz zu den Anschauungen seiner Vorgänger steht.

Seine Überschiebungen haben nur eine Reichweite von einigen Kilometern. Als den einzigen großen Zug des Kreidegewölbes bezeichnet er die große Überschiebung des Flysch über die nordwärts überlegte ältere Kreide. Zum Unterschiede von Richthofen und Vacel findet Mylius hier aber durchaus nicht einen regelmäßigen, in ein System zu bringenden Verlauf der Kreidewellen, vielmehr zeigt nahezu jeder Berg ein neues Faltenbild. Am bemerkenswertesten ist seine Erklärung des Juragewölbes der Kanisfluh, das durch seine größere Widerstandsfähigkeit gegen die von Süden andrängenden Kräfte den regelmäßigen Verlauf der Faltung störte. Wie die Trias auf den Flysch, so ist dieser auf die autochthone Kreide aufgeschoben. In diesem Gewölbe erscheint als Antiklinale die Jurainsel der Kanisfluh. Sie bricht im O an einer Verwerfungsspalte ab, an ihr sank der Didamskopf in die Tiefe. Während Vacel das Fehlen des Schratzenkalkes südlich der Kanisfluh auf einen Fazieswechsel zurückführt, hat dies nach Mylius einen tektonischen Grund in der erwähnten Überschiebung der südlichen Flyschzone auf die Kreide. Den Lauf der Bregenzer Ach zwischen Au und Schnepfau hielt er ursprünglich (31) durch eine Störung vorgezeichnet, später aber (34) sah er einen allmählichen Übergang des Faltenbaues der Kanisfluh zum Schuppenbau der jenseits der Ach gelegenen Mittagsfluh, den der Fluß auf keiner Bruchlinie, sondern nur in einer durch Erosion entstandenen Talung durchbricht.

Den Mittelpunkt seiner Forschungen bildet die dann von Tornquist angefochtene Auffassung der Autochthonie von Kreide, Juraklippen und exotischen Geröllen, welche letztere von jenen genetisch nicht zu trennen wären. Nach Mylius schwimmen die Allgäuer und Vorarlberger Juraklippen nicht auf dem Flysch, sondern sie stecken in ihm darin, sind in ihn tief verkeilt und haben ihren Weg nicht über den Flysch, sondern durch ihn hindurch genommen. Die Wurzeln der Klippen liegen unter dem Flysch.

Die Sedimente der Klippen wurden an der Grenze zwischen dem ostalpinen und dem helvetischen Meer abgesetzt. Es bestand keine Grenze als trennender Landrücken zwischen beiden Meeren, sondern sie gingen ineinander über, bis das ostalpine Meer zu bestehen aufhörte und nur mehr das helvetische verblieb. Daher rührt die einen Mischtypus tragende Fazies, die durch eine sich im Laufe präoligozäner Bodenbewegungen verschiebende Meeressgrenze hervorgerufen ist. Im Oligozän erfolgte dann die erste große Alpenfaltung, die alle Schichten bis zum Flysch ergriff und an Verwerfungsspalten Kreide, Jura-Klippen und exotische Gerölle aus der Tiefe heraufbrachte. An der Kanisfluh führt Mylius beispielsweise je eine nördlich und südlich der Klippen in W-O Richtung verlaufende Überschiebungslinie an, von denen die nördliche die Überschiebung der Klippe auf Flysch anzeigt, die südliche jene von Flysch auf die Klippe. Tornquist fand sie allerdings nicht an die Klippen örtlich gebunden. Einen weiteren Beweis für die autochthone Herkunft und das Empортаuchen der Klippen aus der Tiefe sah Mylius in ihrer bisweilen vorkommenden Überdeckung mit Basalgesteinen und in der Umlagerung der Klippen mit Seewenstschichten, die mit dem Jura anscheinend emporgestiegen wurden. Die von Tornquist bemängelte Lage der keilförmigen Klippen mit der Spitze nach unten und der Breitseite nach oben erklärte Mylius durch Vorgänge bei der Gebirgsbildung. Hinsichtlich der Wurzeln schließt sich Mylius nicht gänzlich Ampjeter an, da er nicht unbedingt eine noch bestehende Verbindung mit dem unter Flysch und Kreide liegenden Jura annehmen zu müssen glaubt, sondern eine Unterbrechung für wahrscheinlicher hält.

Damit gelangte das viel umstrittene Klippenproblem (1913) für eine Reihe von Jahren zur Ruhe.

Eine noch in der Vorkriegszeit verfaßte, jedoch erst 1926 erschienene Arbeit über das Gebiet zwischen Hochblanken und Rhein ist die von G. v. Merhart (29).

Er gestaltet die von Mylius herrührende Angleichung an die französische Gliederung der Kreide weiter aus und läßt es dahingestellt, ob das Fehlen des Schrattenkalkes südlich der Kanisfluh wegen des beobachteten allmählichen Überganges aus dem Mergel auf die von Vacék herangezogene Faziesvertretung oder auf Verwitterung zurückzuführen sei; die tektonische Erklärung Mylius' lehnt er jedoch ab. Auf Grund stratigraphischer Befunde kommt v. Merhart zu dem bemerkenswerten Ergebnis, der Flysch der nördlichen wie der südlichen Zone stehe in normalem stratigraphischen Verbande mit der liegenden Kreide, sei aber oft mit ihr verknüpft, während Mylius eine Überschiebung annahm.

Nach v. Merhart ergeben sich folgende tektonische Vorgänge: Unter starkem Druck aus S und SO, der das ganze Kreidegebiet auffaltete, wurde auch die es bedeckende Flyschmasse zusammengestaut. Derart bildeten sich sieben, allerdings nicht durchwegs zu verfolgende Faltenzüge. Das starre Gerüst an Schrattenkalk der nördlichen Wellen wirkte für die weiteren von S andrängenden Wellen, als stauendes Widerlager. Nur vereinzelt gaben erstere nach und nur dort entstanden Überschiebungen. Durch den fortgesetzt wirkenden Druck löste sich stellenweise der stratigraphische Verband der Schichten in der Kreide und in dem mit ihr normal verbundenen Flysch; jedoch nicht in einem solchen Ausmaße, daß etwa die Flyschzone als Ganzes die ältere Kreide überschoben hätte, sondern es zeigen sich als lokale Wirkungen überanstrengter Faltung nur Störungen in der allgemeinen Faltungsrichtung, keine durchlaufenden Überschiebungen. Solche sind fast ausnahmslos an die Zone des fehlenden oder nur geringmächtigen Schrattenkalkes gebunden. Die SSW—NNO verlaufenden Falten wurden späterhin

wahrscheinlich noch von einem aus O kommenden Druck betroffen, worauf die schon von Vacel festgestellten Depressionszonen zurückzuführen sind. Dann folgten noch Querbrüche, Verwerfungen, die Molassefaltung und die Wirkungen der Eiszeit. Die Rheintalfurche ist durch eine dieser Depressionen vorgezeichnet. Im Gegensatz zu C. Blumer (3) und später zu P. Meesmann (27) bestreitet v. Merhart das dortige Absinken der Kreidestetten an Brüchen; vielmehr gehen die Gewölbespitzen fast durchwegs ungestört allmählich in die Depressionsfurche des Rheintals über.

Die einfache Tektonik v. Merharts schließt sich daher ebensowenig der Rhythischen Überschiebung von Rothplez an wie der Theorie der mehrfachen kurzen Schübe von Mylius. Er erklärt die Vorgänge ohne Zuhilfenahme nicht einwandfrei beweisbarer Hypothesen lediglich aus Beobachtungen. v. Merhart nimmt daher im Widerstreite der Ansichten einer alten und einer neuen Zeit die erwähnte gemäßigte Mittelstellung ein.

IV.

Ausgestaltung der Stratigraphie und der Deckenlehre.

Die seit Beginn der Zwanziger Jahre erschienenen Arbeiten von H. P. Cornelius und M. Richter über das Vorarlberger Kreide—Flysch-Gebiet stehen sämtlich auf dem Boden der Deckentheorie. Nach anfänglicher Meinungsverschiedenheit haben sich beide in diesem Gebiete führenden Forscher nunmehr auf einer mittleren Linie geeinigt, wenn sie auch in Einzelheiten geteilter Auffassung bleiben. Förderlich für die Klärung war auch die von C. W. Kocel dargelegte Anschauung über die Rolle des an Glimbels „Windelizisches Gebirge“ erinnernden „Rumunischen Rückens“. Derzeit liegen ferner einige ganz nach der Deckenlehre eingestellte Aufnahmen der Züricher und Baseler Schulen vor, die auf Schweizer Arbeiten und jenen der vorgenannten Forscher aufbauen.

M. Richter unterschied zunächst (38—40) in stratigraphischer Beziehung zwischen dem tertiären helvetischen Flysch in Vorarlberg sowie im Allgäu und dem südbayerischen Flysch der oberen Kreide (Gosauflysch), welcher der tiefbajuvarischen (Allgäu-) Decke angehört. Er leitete hieraus den Mangel einer Verknüpfung der helvetischen Zone mit dem Oberostalpin ab und sah darin eine Stütze der Deckenlehre für die Ostalpen.

Er gliederte den vom Eozän bis zum Oligozän reichenden helvetischen Flysch zum Unterschiede von Mylius, der keine gesetzmäßige Folge feststellen konnte (33), von oben nach unten in eine Sandstein-, Quarzit- und Kalkzone. Unter dieser folgt, durch eine untereoäne Schichtlücke getrennt, der senone helvetische Wildflysch (48). Er entspricht der „Überschiebungsbreccie“ Wepfers (80) und stammt aus einer Zeit stärkster Sedimentation, in der große Mengen klastischen Materials, darunter die Riesenblöcke der Klippen und die exotischen

Gerölle, von einer sich allmählich vorschiebenden Steilküste im Süden des Wildflhschmeeres herabgeschwemmt wurden. Sie gehörte anscheinend einer durch orogenetische Vorgänge aufwärts und nach N bewegten Geantiklinale an, die den helvetischen vom penninischen Bereich als Barre trennte, ein Gedanke, den zuerst H. Schardt und M. Lugeon aussprachen. Das Sturz- und Einschwemmungsmaterial wurde nach kurzem Transport in das Oberkreidemeer eingebettet. Die Vorarlberger und Allgäuer Klippen schwimmen daher nicht, wie Richter sagt, gleich den Schweizer Klippen auf dem Fhsch, sondern sie sind in ihn eingesedimentiert. Sie dürften nichts weiter sein als große exotische Blöcke und sind durch das Vorrücken einer Geantiklinale verursacht, von deren Stirne sie stammen. Für einen von Arn. Heim angenommenen Eistransport fehlt der Beweis einer in S gelegenen vergletscherten Landmasse. Die Klippen, Blöcke und Gerölle bestehen nicht, wie man bisher annahm, aus ober-, sondern aus unterostalpinem oder penninischem Material. Sie können daher nicht von den oberostalpinen Decken herrühren (Kothpleß, Tornquist) und auch nicht aus dem Untergrunde (Mylhus, Ampferer). Sie sind vielmehr ein charakteristischer Bestandteil des Wildflhsch.

Auch hinsichtlich der Zeitfolge der Faltung und Deckenbewegungen gelangt Richter zu anderen Ergebnissen als Tornquist. Dieser hatte das Ende der oberostalpinen Deckenschübe in das obere Oligozän, die Auf-faltung der helvetischen Kreide in das obere Miozän verlegt. Darnach lagen erstere bereits auf der noch ungefalteten Kreide. Richter folgert aus der ungefalteten Lagerung der oberostalpinen Überschiebungssfläche, die helvetische Zone sei schon vor Ankunft der Decken gefaltet gewesen; er kommt also zu einem ähnlichen Schluß wie Arn. Heim. Richters Zeitschema besagt daher (40):

Miozän=Obermiozän: Letzte helvetische Deckenbewegung, Faltung, Durch-faltung und Erosion der Molasse.

Mittel- und Untermiozän: Ablagerung der Molasse, Ende der oberostalpinen Deckenschübe.

Mittelo oligozän: Faltung und Deckenbewegung in der helvetischen Region, Beginn der oberostalpinen Deckenbewegung.

Unteroligozän: Jüngste Fhschbildung (Sandsteinzone).

Nach den erwähnten drei Faziesbereichen des tertiären helvetischen Fhsch, „die sich wohl auch auf drei Decken verteilen“, unterscheidet Richter (40) in Vorarlberg von S nach N, bzw. von oben nach unten drei schuppenförmig übereinander geschobene Decken, die Bregenzerwald-, die Grünten- und die Hüttenbergdecke. Letztere ist auf die Molasse aufgeschoben. Alle drei Decken überschoben die Allgäuer und Lechtaler Decke. Diese letztere Bewegung wurde durch die Achsenhebung des Kanisfluhgewölbes gestört.

Bald aber sah Richter (1924) in der Hüttenbergdecke nur noch Schubsetzen der beiden höheren, der Säntisdecke gleichzustellenden Decken und konnte ihr

keine selbständige Bedeutung mehr zuerkennen. Auch die Grüntendecke erwies sich Richter westlich der Iller später nur mehr als eine bloß streckenweise verfolgbare „Grüntenzone“. Die Grenze zwischen ihr und der sie überlagernden Bregenzerwalddecke fällt z. T. mit dem Längsbruche zusammen; den Rothplex von Langentwang über Dornbirn bis zum Säntis verfolgte und als nördliche Randspalte der Rhätischen Überschiebung auffaßte. Nördlich von dieser Überschiebungslinie lagern auf einzelnen Partien der Grüntenzone Leistmergel und Wildflysch (Oberkreide), ferner Flyschkalk, Mergel und Sandstein, die anscheinend einer höheren helvetischen Einheit angehören. P. Meeßmann (27) und nach ihm Richter nannten sie nach ihrem Hauptvorkommen die ultrahelvetischen Hochkugeldecke (44). Ihr gehört nach dieser Auffassung der größte Teil der nördlichen und die ganze südliche Flyschzone östlich des Rhein an. Sie setzt sich westlich in der Fährermulde nordöstlich vom Säntis und in der Wildhausermulde zwischen Säntis und Churfürsten noch erkennbar fort. Im Illergebiet entspricht der Hochkugel- die Scheienalpede von H. P. Cornelius. Bregenzerwalddecke und Grüntenzone sind das Äquivalent der Säntisdecke. Aus diesen Feststellungen schließt Richter im Gegensatz zu E. Blumer (3) auf eine vollkommene Gleichheit des tektonischen Baues im Gebirge beiderseits des Rhein. Die Kreide des Bregenzer Waldes ist nach Richters Auffassung allseits von ultrahelvetischen Klippenmassen umgeben und taucht innerhalb derselben auf. Sie stellt daher ein großes Fenster der Säntisdecke dar, dessen Rahmen ringsum die Hochkugeldecke bildet.

Auf der ultrahelvetischen Hochkugel-(Scheienalp-)decke lagert im Vorarlberger-Allgäuer Klippengebiet die 1921 von Cornelius (4) festgestellte unterostalpine Feuerstätterdecke (= der oberostalpinen Klippendecke Ampferers im „Querschnitt“ 1911), die 1923 dann auch von Richter anerkannt wurde (42). Sie beginnt mit jurassischen Hornsteinen und Aptynchentalken des Malm, umfaßt u. a. die wiederholt genannten Klippen, Breccien, polygenen Konglomerate (Richters Wildflysch der Oberkreide, nach Cornelius der Unterkreide) und endigt mit roten Mergeln (nach Richter senone Leistmergel, nach Cornelius Couches rouges).

Die Herkunft der zur Feuerstätter- und der östlich davon gelegenen Retterschwangerdecke gehörenden kristallinen und sedimentären Gesteine erklärte schon 1921 Cornelius (4) für unterostalpin und vermutete wegen der petrographischen Ähnlichkeit ihre Heimat in Graubünden (Err- und Falsknisdecke), nicht im Untergrunde des Flysch (Mylus und Ampferer) und nicht in der Allgäuer Schubmasse (Rothplex und Tornquist). Er leitet (7) die Klippen nicht wie Richter von einer Geantiklinale ab und glaubt nicht an die Einsedimentierung in den Flysch. Hingegen nimmt Cornelius bei den meisten Vorkommnissen ein Schwimmen der Klippen auf dem Flysch an und ihre Zugehörigkeit zu einem besonderen Klippenhorizont, der sich durch die Tätigkeit von Wildbächen im Bereiche der Albula—Julier—Bernina—Tonale—Saaser Massive gebildet hat. Er ist später

durch den Vorschub an der Stirn einer unterostalpinen Decke in den heutigen Raum gelangt, wo er die Feuerstätterdecke darstellt. Während also Richter eine sedimentäre Genesis der Klippen, eine Einsedimentierung, annahm, sah Cornelius (4—8) in ihnen Reste einer Decke, die sich um die Wende von Kreide und Tertiär bereits bis an den Südrand des helvetischen Sedimentationsgebietes vorgeschoben hatte. Sie wurde schließlich auch von Richter anerkannt. Im wesentlichen stimmen daher beide Forscher hinsichtlich der Wurzellosigkeit und der unterostalpinen Herkunft der Klippen, Konglomerate und exotischen Gerölle überein.

Die nördlich an die Flyschzone anschließende Molasse gliedert Richter (1926) wie Studer und Gümbel. Er erklärt (47) sie in Übereinstimmung mit Ampferer und Boden als Abtragsprodukt der werdenden Alpen. Die beiden letztgenannten Geologen führen die Herkunft der in der Molasse vorkommenden exotischen Gesteine (schwarze Dolomite) und das Zurücktreten des ostalpinen Materials auf ein heute infolge der Überfahung in der Tiefe verschwundenes Gebirge zurück, Richter auf eine jetzt abgetragene Ultradcke, die einst die ostalpinen Massen bedeckte. Durch diese Auffassungen werden die beiderseitigen Standpunkte sehr gekennzeichnet. Aus den Molassesedimenten schließt Richter ferner auf zwei tektonische Hauptphasen dieses Gebietes: in der früholigozänen erfolgte die Sedimentation, in der frühpliozänen die Abscherung und Faltung der Molasse.

Die Annahme einer südlichen Herkunft der Klippen, exotischen Gerölle und Konglomerate gewann wesentlich durch die von C. W. Rode (22) angestellten Untersuchungen an Wahrscheinlichkeit. Er machte den Versuch, für die nördlichen Ostalpen (Kalkalpine-, Flysch- und helvetische Zone) unter Berücksichtigung der neueren tektonischen Erfahrungen eine Rekonstruktion der paläogeographischen Entwicklung während der Kreidezeit zu geben.

Darnach reichte der flache mitteleuropäische Kontinent im Neokom durch Süddeutschland über das nördliche Alpenvorland hinaus und endete erst jenseits der autochthonen Zentralmassive der Westalpen. Ebenso fand er im O erst jenseits der Böhmisches Masse am Nordrande des Wienerwaldes sein Ende. Er dachte in seinem Westteile allmählich nach S zum Penninischen Meere ab. Seinen Schelf überlagerten vom nördlichen Vorland stammende helvetische Unterkreidesedimente, die später als Decken weit nach N vorgeschoben wurden. Die Sedimente des Penninischen Meeres sind die Bündner Schiefer. Im S und SO begrenzte es der sogenannte Rumunische Rücken, eine NO—SW von der Böhmisches Masse aus verlaufende Hebungszone, und schied es von dem Kalkalpinen Meere, das sich südlich von ihm ausbreitete. Seine Rolle war daher ähnlich wie die des Windelzischen Gebirges, das Gümbel weiter nach N unter das heutige Alpenvorland verlegte. Der Rumunische Rücken wurde später von den Nördlichen Kalkalpen tektonisch überfahren und erscheint heute nur mehr in den unterostalpinen Decken (Falknis-, Sulzfluhdecke, Aroscher Schuppenzone und Klippen an der Kalkalpenbasis). Das Allgäu-Vorarlberger hel-

vetische Gebiet bildete in der unteren und mittleren Kreide die ziemlich unveränderte Fortsetzung des Ostschweizer Schelfmeeres. Mit dem Fortschreiten der Oberkreidezeit macht sich das Heranwandern der alpinen Gebirgswellen bemerkbar. Der Südteil des bisherigen Schelfmeeres sinkt zunächst in der Randsenke unter und erhält dann vom aufsteigenden Gebirge im Süden Sedimente in Flyschfazies. Im Untereozän erfolgt dann die Trockenlegung des Kreide-Flyschgebietes. Im Allgäu und in Vorarlberg ist der alttertiäre Flysch der helvetischen Kreide aufgelagert, in Oberbayern ist der kretazische Flysch der helvetischen Kreide tektonisch aufgeschoben.

Der Rumunische Rücken und die östlich gelegenen Inseln der kristallinen Randscholle liefern nach N die wichtigsten Bestandteile des Oberkreideflysch, was man früher dem Bindelzischen Gebirge zuschrieb. Die Allgäu-Vorarlberger kristallinen und exotischen Klippen sind Spuren des später durch Überschiebungen teilweise verdeckten Rumunischen Rückens. Er ist identisch mit dem von Cadisch angenommenen „Unterostalpinen Inselkranzgebirge“. Der Rumunische Rücken hat für die Bildung der Alpen entscheidende Bedeutung. Er trennt in der Trias das Penninische vom Kalkalpinen Meer, in der Mittelkreide löst er sich vom Böhmischem Massiv los, wodurch die Verbindung beider Meere eintritt. Die Randsenke schreitet mit der Gebirgsbildung nach N vor und erst in der obersten Kreide verschmelzen Mittelzone der Ostalpen und der Rumunische Rücken zur Einheit. Durch den späteren Vorschub der kalkalpinen Decken über die autochthonen kristallinen Randscholle und den Rumunischen Rücken wird diese Einheit der Ostalpen noch stärker zum Ausdruck gebracht.

In den letzten Jahren erstreckte auch die Schweizer Schule ihr Arbeitsgebiet auf den Bregenzer Wald. Sie bekennt sich auf Grund ihrer stratigraphischen Auffassung hinsichtlich der Tektonik zur extremen Deckenlehre. In glazialmorphologischer Beziehung sind — nebenbei bemerkt — nur Ansätze vorhanden.

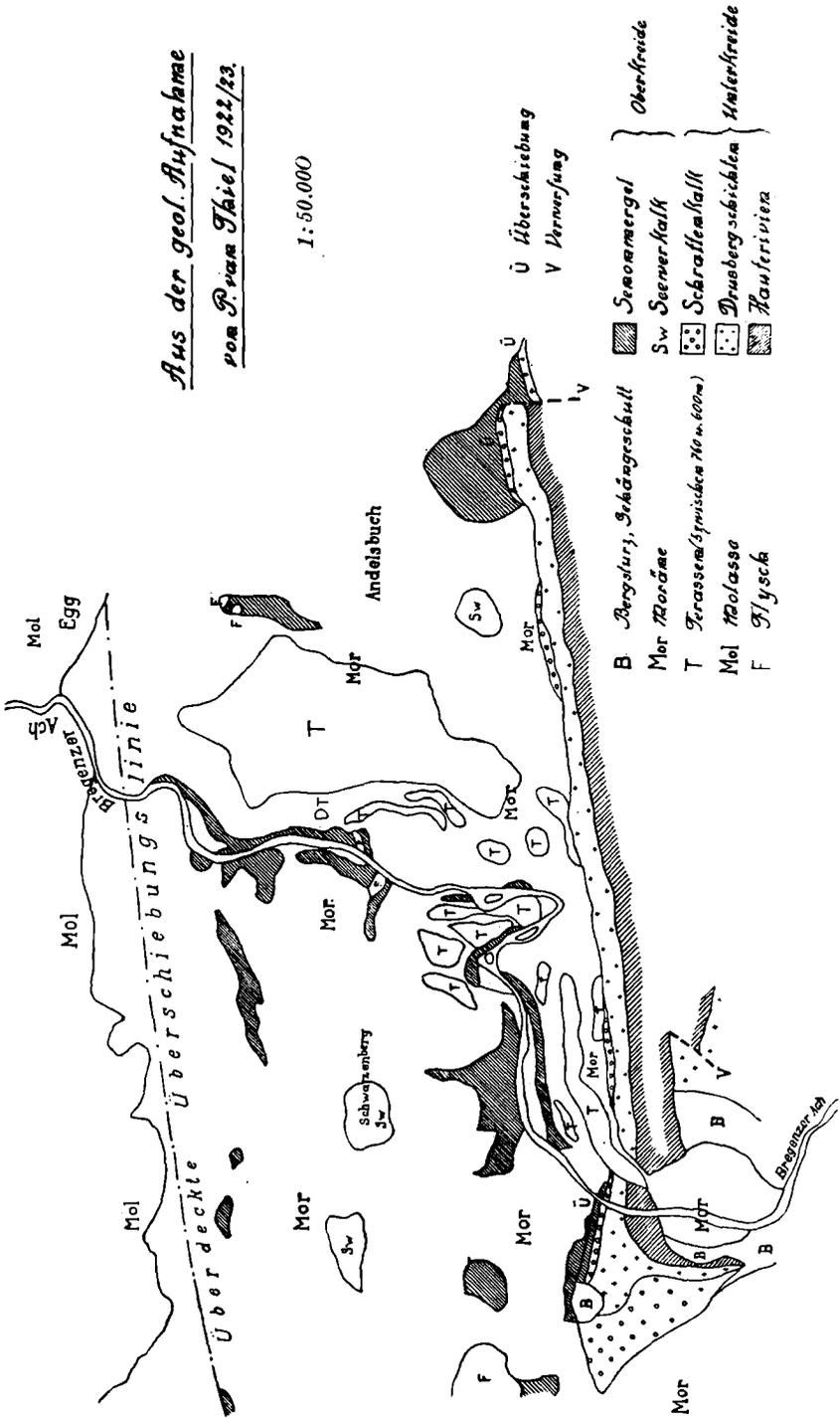
P. Meesmann (27) gelangt bei der Untersuchung der Kreidefetten des Alpennordrandes im Gebiete des Bodensee—Rheintales zu folgenden Ergebnissen.

Die Stratigraphie ist beiderseits des Rhein die gleiche, erst östlich der Bregenzer Ach zeigen sich größere Unterschiede. Kolliers (55) und Arn. Heims (21) Ansichten über das Kreidealter der Nammuliten lehnt Meesmann ab.

Tektonisch setzt sich das Sämtisgewölbe in den durch Inselberge im Rheintal getrennten sechs Gewölben der Staufenspitzengruppe nordöstlich von Hohenems fort, die häufig nach N überliegend sind. Zum Rheintal senken sie sich infolge von Achsenneigung und Brüchen. Die Föhnermulde entspricht jener nordöstlich von Dornbirn. Eine direkte Verbindung besteht zwischen dem Hohen Rastn und dem Gewölbe östlich Gözis. Die Wildhauser Mulde findet ihre Fortsetzung in der Fraxernmulde, die Churfürsten im Hohen Freschen.

*Aus der geol. Aufnahme
vom P. van Thiel 1922/23.*

1:50.000



Der Flysch des ganzen Gebietes beiderseits des Rhein ist der Hauptsache nach ultrahelvetisch, auch auf der Hohen Kugel liegt eine ultrahelvetische Klippe.

Es besteht daher stratigraphisch und tektonisch Einheitlichkeit.

H. W. Schaad (63, 64) bearbeitete das Gebiet zwischen Feldkirch und Hohem Freschen, ferner die Kanis- und Mittagsfluhgruppe.

Der erstgenannte Gebirgszug wird durch die Synklinale Fraxern—Hohe Kugel von der Staufenspitzgruppe getrennt. Den Wildflysch erklärt Schaad im Gegensatz zu den anderen Forschern in diesem Gebiete für helvetisch, also zur Säntis-, nicht zu einer ultrahelvetischen Decke gehörend. Südlich der Synklinale ist kein Geröllbebau, sondern sind nur mehr flache Falten zu sehen, am Freschen ist nur mehr eine Sattelzone vorhanden, an die südlich der Flysch anschließt.

Ein eingehendes Studium widmet Schaad der Kanis-Mittagsfluhgruppe. Im Gegensatz zu Mhlius, der den Kern des Jura gerölls als Dogger ansah und einen allmählichen Übergang von Jura und Kreide annahm, entscheidet sich Schaad für einen Malmkern, der den Ostschweizer Schichtschichten gleichzustellen ist. Die steilen Felswände bildet der vom Walensee her bekannte Quintnerfall.

Tektonisch ist der Malm zu mehreren Geröllbebau zusammengefasst, deren Zahl sich nach W zu dem Sattel Kanis-Mittagsfluh verringert. Störungen, Schuppungen und junge Querbrüche nehmen nach O zu.

Nördlich der Kanisfluh zeigen die Kreidesedimente helvetische Fazies wie im Säntisgebiete, südlich davon allmählich ultrahelvetische Entwicklung. Daher gehört die Kreide des Bregenzer Waldes zur Säntisdecke. Ihren Kern bildet der Malm der Kanis-Mittagsfluhgruppe.

Wie in seiner ersten Arbeit rechnet Schaad den Flysch zur helvetischen Säntisdecke. Die von Meesmann als ultrahelvetischer Deckentest angesehene Flyschklippe auf der Hohen Kugel hält Schaad für die abgerissene Stirn einer nach N geschleppten Falte. Auch in seiner tektonischen Auffassung nimmt Schaad eine Sonderstellung ein: Darnach führte das ganze Jura-Kreide- und Flyschgebiet gemeinsam seine Hauptfaltung und Deckenwanderung durch, der eine zweite, aber nur Flysch und oberste Kreide betreffende Faltung folgte. Diese Ansichten bringen ihn in Gegensatz zu den anderen zeitgenössischen Autoren, namentlich zu M. Richter.

Das nordwestlich anschließende Arbeitsgebiet von H. U. Sax (62) zeigt nach dessen Darstellung zwischen Hohem Freschen und der Bregenzer Ach einen Übergang der Falten aus WSW—ONO in W—O Richtung und ein Herausheben der Falten, so daß im O tiefere Schichten zum Vorschein kommen. Bemerkenswert sind exotische Blöcke aus kristallinen, sedimentären und anderen Gesteinen, die nach Richter Felsen von ultrahelvetischem Wildflysch darstellen.

Im Raume Bezau—Egg beiderseits der Bregenzer Ach führte P. Van Thiel (69) seine Aufnahmen durch. Nach dem stratigraphischen Teile kommt die Tektonik zum Worte, die 3 große liegende Falten zeigt, zwischen denen jeweils obere Kreide eingeklemmt ist. Die aus der Skizze ersichtlichen Senonmergel bei Schwarzenberg—Andelsbuch hält Van Thiel für Schubzonen an der Stirne der Sämtisbede.

Der Kartenausschnitt zeigt gleichzeitig den Fortschritt in der stratigraphischen Unterscheidung gegenüber der vor nahezu einem Jahrhundert erschienenen Karte des Geognostisch=Montanistischen Vereines. Ähnliche Verhältnisse wie Van Thiel bringt die südöstlich anschließende Arbeit von H. S t r a c t e r (68) im Raume Winterstaude—Subersach zum Ausdruck.

Arn. Heim (21) gelangt bei seinen jüngsten Untersuchungen „über Bau und Alter des Alpennordrandes“ (1928) zu etwas anderen Ergebnissen als M. Richter (40). Nach Heim tritt die Molasse Borarlbergs in vertikalen Kontakt mit der Kreide=Flischzone, an der Bregenzer Ach und stellenweise weiter östlich sogar mit Nordfallen. Statt einer Überschiebung der Kreidezone auf die Molasse ist also bisweilen — wie an der Bregenzer Ach — ein nach S geneigtes Überliegen der südlichsten Molassefalten gegen die Alpen zu beobachten. Das zerfressene Aussehen des Alpenrandes, das Heim mit „Amputationen“ an der Molasse und an der anstoßenden helvetischen Kreide, wie am Grünten, vergleicht, ist auf die noch vor dem alpinen Deckenandrang verfolgte Erosion zurückzuführen. Die Lokaltektunik der Alpendecken wird vom vorgelagerten oligozänen Molasserande beeinflusst; hingegen ist kein Einfluß der einzelnen alpinen Schubdecken auf die Lokaltektunik der Molasse erkennbar. Die Amputationen und der nachfolgende alpine Deckenandrang gegen die Molasse fällt am wahrscheinlichsten in den Beginn des Miozän (nach Richter ins Obermiozän=Pliozän).

Die tektonische Bewegungen an der Nordseite der Alpen scheinen sich im Laufe der Zeit von S nach N verlegt zu haben, so daß nach Arn. Heim (1928) nunmehr folgendes Schema — im teilweisen Gegensatz zu M. Richter (40) — anzunehmen wäre.

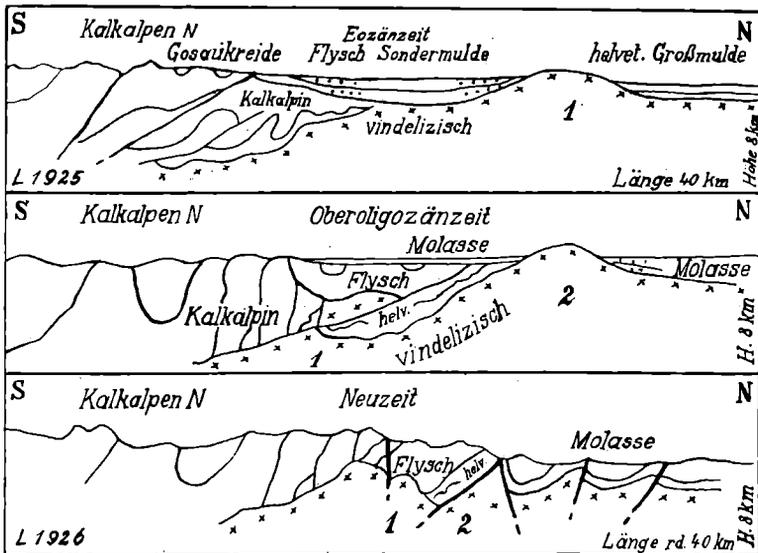
Diluvium:	Terrassenverbiegungen.
Ober- und Mittelpliozän:	Ruhezeit, Ausbildung der großen Quertäler.
Unterspliozän u. Obermiozän:	Hauptfaltung der autochthonen Molasse.
Mittelmiozän:	Ruhezeit.
Untermiozän:	Amputationen am Alpenrand von Molasse und helvetischer Kreide. Ende der alpinen Deckenbewegung im N.
Oligozän:	Erste subaquatische Schwellenbildung der nördlichen Antiklinale in Borarlberg. Beginn und Hauptphase der ostalpinen Deckenwanderung im S.

Die tektonischen Bewegungen am Alpenrande werden daher in verschiedene Phasen aufgelöst, die in verwickelter und — wie Arn. Heim zugibt — erst teilweise aufgeklärter Art ineinandergreifen.

V.

Stratigraphie als Grundlage der relativen Autochthonie.

Die Fülle des Tatsachen- und Beobachtungsmaterials über die Bayerischen Alpen verarbeitete R. Leuchs 1927 zu einem entwicklungsgeschichtlichen Gesamtbilde, das auch den benachbarten Bregenzner Wald umfaßt (26). Der Gedanke der Überordnung der Stratigraphie über die



Schematische Profile von den Kalkalpen nach Norden

1 Südlicher, 2 nördlicher Vindelizischer Rücken. (Nach Lebling, Geol. Karte d. Deutschen Reiches, Bl. Tegernsee, 1926.)

Tektonik und der Wichtigkeit des Studiums der lithogenetischen Verhältnisse tritt in den Vordergrund.

Der Fazieswechsel wird nicht auf getrennte und lange Zeit beständige Faziesbereiche zurückgeführt, sondern als Folge der wechselvollen Zustände im alpinen Mittelmeer aufgefaßt. Sie sind zunächst durch die Variszische Gebirgsbildung, dann durch epirogenetische Bewegungen begründet, erhalten aber erst durch die von der mittleren Kreidezeit an einsetzenden orogenetischen Bewegungen größere Bedeutung. Diese vor allem verursachen den Unterschied zwischen dem kalkalpinen und dem helvetischen Faziesbereiche. Die beiden getrennten Ablagerungsgebiete sind durch eine Barre hervorgerufen, den südlichen Vindelizischen Rücken. Ein nördlicher Vindelizischer Rücken scheidet den helvetischen Bereich von der Molasse. Beide Rücken gehören dem Vindelizischen

Gebirge an, das schon Gümbel voraussetzte (13—15) und das bei Rodet (22, 23) in etwas südlicherer Lage als Numunischer Rücken wieder auftaucht. Damit ist der Zusammenhang zwischen Stratigraphie und Tektonik hergestellt.

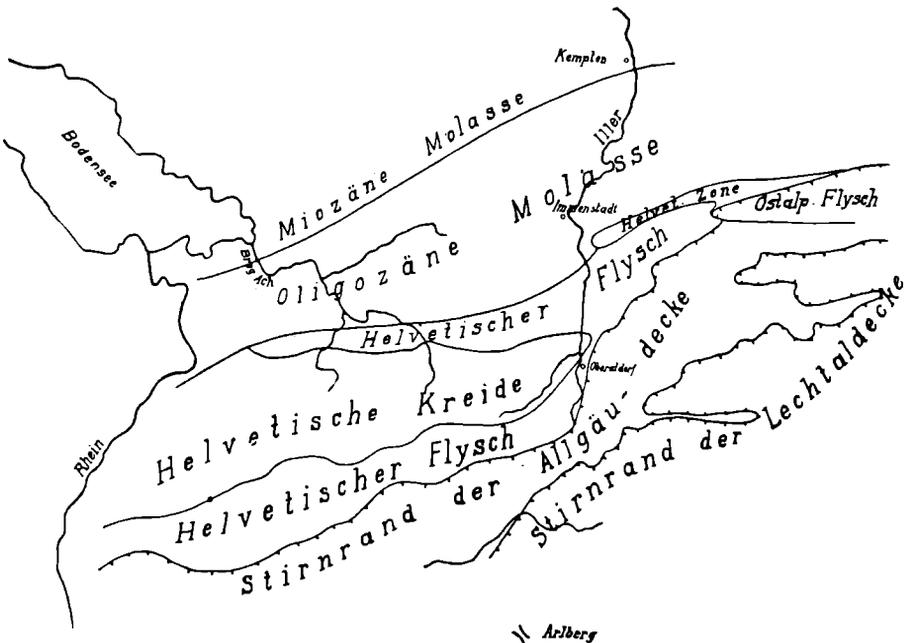
Leuchs betrachtet die Nördlichen Kalkalpen — und damit auch den Brengener Wald — als *relativ autochthon*. Er tritt damit in Gegensatz zur extremen Deckenlehre.

Die Sedimente der Kalkalpen wurden zwischen zwei Rahmen abgesetzt, dem Nordrande der Zentralalpen einerseits und dem südlichen Bindelizischen Rücken andererseits. Beide Barren entstanden bei der Variszischen Gebirgsbildung und waren einflußnehmend auf die Bildung der Sedimentationsbereiche während der epirogenetischen und der mitteltetazischen orogenetischen Bewegungen. Durch den damaligen Anshub der südlichen Barre gegen die nördliche wurden die bisherigen kalkalpinen Sedimente zum Faltengebirge mit W—O Streichrichtung aufgestaut. Während dessen ging die auch die Kreide umfassende Sedimentation zwischen den beiden Bindelizischen Rücken ungestört vor sich.

Das mitteltetazische Gebirge — das erste Stadium der Nördlichen Kalkalpen — wurde erodiert und sank infolge epirogenetischer Bewegung unter das Gosaumeer, an dessen Meeresküste sich als mangroveartige Bildung der ostalpine Flysch absetzte. Bei der fortschreitenden tertiären Gebirgsbildung wurde es versteilt, die Falten gingen in Brüche, Scherungen und Überschiebungen über. Durch den andauernden Druck von S wurde zunächst der Flyschjaum, dann das Helvetikum und schließlich auch die nördlichste Zone, die Molasse, gefaltet. Zugleich aber erfolgte auch der Vormarsch der Gebirgsbildung in Gestalt der Überschiebung des mitteltetazischen Faltengebirges auf den Flysch und beider über den südlichen Bindelizischen Rücken auf das Helvetikum. In der Folge wurde der nördliche Bindelizische Rücken überwältigt durch den Vorschub dieser ehemaligen Ablagerungen, die nun zu Gebirgen geworden waren. Die Folge war der „Vorschub der Molasse“. Im Nachmiozän erreichten die Kalkalpen und damit der ihnen zugehörige Flysch ihre heutige Lage, wobei sich infolge sekundärer Kräfteauslösungen in O—W-Richtung Querstaunungen ergaben.

In dieses großzügige, die Nordalpen vom Bodensee bis zur Salzach umfassende Bild fügt sich die *Auffassung über den Brengener Wald* folgendermaßen ein. Die nach N gerichteten Falten sind infolge des Druckes von S oft überkippt und zerrissen, wodurch Überschiebungen erfolgten. Den Kern bildet die Antiklinale Hochblanken—Ranisfluh—Mittagsfluh aus Ober- und Mitteljura. Dieses Gewölbe wird im N, S und O von Flysch umsäumt. Er zeigt nach den Aufnahmen von Schaad wie der Jura ein Pendeln der Fazies zwischen helvetisch und ultrahelvetisch, nimmt daher eine Mittelstellung ein, oft *helvetische Fazies* genannt. Sie hängt mit einer Versmälerung des helvetischen Sedimentationsraumes gegen Osten zusammen. Leuchs steht daher der Annahme M. Richters einer ultrahelvetischen Hochfugeldecke und eines

Fenstercharakters des Kreide- und Juragebietes (Bregenzer Wald = Säntisdecke) ablehnend gegenüber. Er nimmt aber wie Richter die Zusammengehörigkeit des nördlichen und südlichen Flyschstreifens an, die Richter zusammen Hochgugeldecke nennt, und sieht in dem gesamten Flyschgebiete nichts anderes als den Rest der einstigen, die Kreide überbedeckenden Flyschschichten. Durch häufige Schuppungen und Verfaltungen ist aber die einfache Lagerung verschwunden. Gegen die Annahme einer größeren Überschiebung spricht nach Leuchs vor allem die Mischung der helvetischen und ultrahelvetischen Fazies vom Oberjura bis in den Flysch. Sie zeigt die unmittelbare räumliche Verbindung dieser überhaupt nicht scharf zu trennenden Fazies. Helvetische Kreide und helvetischer Flysch stehen daher in engster Zusammengehörigkeit.



Tektonische Skizze des Bregenzer Waldes

(Nach K. Leuchs, Geol. v. Bayern, 1927.)

1:1,000,000.

Die Klippen und exotischen Blöcke in der Flyschzone sind Schubsetzen, die bei der Überschiebung der Kalkalpen über die Flyschzone an der Basis und Stirne der Allgäuer Decke mitgeschleppt wurden. Sie stammen von dem überfahrenen südlichen Bindelizischen Rücken, dessen Bestand aus kristallinen und porphyrischen Gesteinen daraus ersichtlich ist. Wie Richter nimmt auch Leuchs deren gleichzeitige Sedimentation mit dem Flysch an, den Richter als „Wildflysch“ bezeichnet. Er reicht somit aus der Schweiz über den Rhein in das Vorarlberger und Allgäuer Gebiet herüber. Der Wildflysch ist nicht aus einem weit im S gelegenen Raume herzuleiten (Rhätische Decke Steinmanns), sondern vom süd-

lichen Bindelizischen Rücken. Dessen Wirkung äußert sich somit ebenso in der Bildung der Flyschsedimente wie in der Zusammensetzung der Schubmassen. Die Lage dieses alten Rückens verursachte ferner die Form des helvetischen Sedimentationsraumes, der von W—O in SW—NO und hierauf in W—O Richtung übergeht. Auf der Südseite dieses Rückens bildete sich nach der mittelmekretazischen Orogenese der ostalpine Flysch, auf seiner Nordseite der helvetische. F. F. Hahn (16) war der erste, der die ursprünglich räumliche Trennung von Flysch und helvetischer Kreide erkannte. Boden, Rodel, Lebling und M. Richter brachten weitere Beweise hiefür.

An der Wende von Oligozän und Miozän wurde der nördliche Bindelizische Rücken von dem mittelmekretazischen Faltengebirge, unseren heutigen Nördlichen Kalkalpen, samt Flysch und Helvetikum überfahren, daher und von diesem Zeitpunkt an stammen die reichlichen Gerölle aus kalkalpinen Flysch- und helvetischen Gesteinen in der Molasse, die, wie erwähnt, in unserem Gebiete nur vorge-schoben, aber nicht wie teilweise im O auch überfahren wurde. So äußerte sich selbst am Nordalpenrande das einstige Bindelizische Gebirge, dessen Bestand durch stratigraphische und tektonische Beweise neuerlich erhärtet wird und das die hypothetische Annahme weitreichender Deckenschübe aus dem S für die Ostalpen entbehrlich macht.

Schlufworte.

Wir stehen heute noch inmitten der Forschungen über die Stratigraphie und Tektonik der Ostalpen und daher auch des Bregenzer Waldes. Wie immer sich das Endergebnis gestalten mag, ob sich Fernverfrachtung der Decken als richtig erweisen wird oder die relative Autochthonie der Kalkalpen und ihrer Vorlagen, immer wird — wie Leuchs mit vollem Rechte betont — jede Tektonik auf der stratigraphischen Erforschung aufgebaut sein müssen und auf den paläogeographischen Verhältnissen des Bildungsgebietes. Denn sie schaffen erst die Grundlage zu richtigen tektonischen Vorstellungen.

Literaturübersicht.

Keine Vollständigkeit beabsichtigt. Bezugnahme der dem Text in Klammern beigejügten Nummern auf die der Übersicht. Wichtigste Abkürzungen:

- Bf. Blaas, Die geolog. Erschließung Tirols und Vorarlbergs in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts. Innsbruck, 1900. (Nummer der Besprechung).
- E. g. Helv. Eclogae geologicae Helvetiae.
- G. R. Geologische Rundschau.
- G. Z. Geolog. Zentralblatt (Band, Nummer der Besprechung).
- Jb. R. (B.) M. Jahrbuch Geolog. Reichs-(Bundes-)anstalt.
- N. Jb. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc.
- V. R. (B.) M. Verhandlungen Geol. Reichs-(Bundes-)Anstalt.
- Zbl. Zentralblatt für Mineralogie.

- Am p j e r e r D. Bemerkungen zu den von Arn. Heim und A. Tornquist entworfenen Erklärungen der Flysch- und Molassebildungen am nördlichen Alpenpaume. *W.R.M.* 1908, 189—198; *Beipr. N.Fb.* 1910/1, 105; *G.Z.* 12/960; *E.g. Helv.* 10, 665. (1)
- Entgegnung an A. Tornquist. *W.R.M.* 1909, 43—46. (2)
- B l u m e r E. Notiz über die nördlichsten Kreideketten der Alpen zu beiden Seiten des Rheins. *E.g. Helv.* 17, 1922/23, 166—168; *Beipr. G.Z.* 29/170; *N.Fb.* 1923/2, 266. (3)
- C o r n e l i u s H. B. Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen in der Allgäuer und Vorarlberger Klippenzone. *W.R.M.* 1921, 141; *Beipr. G.Z.* 28/265; *N.Fb.* 1924/2, 247. (4)
- Die kristallinen Schollen im Kettenchwangtal (Allgäu) und ihre Umgebung. *Mitt. Geol. Ges. Wien XIV*, 1921, 1—83; *Beipr. G.Z.* 28/266. (5)
- Zur Deutung der Allgäuer und Vorarlberger Juralklippen. *W.R.M.* 1923, 61—64; *Beipr. G.Z.* 29/1367; *N.Fb.* 1925/1, 113. (6)
- Zum Problem der exotischen Blöcke und Gerölle im „Flysch“ des Allgäu. *J.B.M.* 1924, 229—280; *Beipr. G.Z.* 32/93, 284; *N.Fb.* 1926/2, B. 341; 1927/2, B. 374. (7)
- Über die Kreideantiflinalen des Ostertales und die Stellung der Couches rouges im Allgäu. *W.R.M.* 1925, 53—63; *Beipr. G.Z.* 32/92; *N.Fb.* 1927/2, B. 375. (8)
- E s c h e r v. d. L i n t h A. Geognostische Beobachtungen über einige Gegenden Vorarlbergs. *N.F.* 1846 (Leonhard's und Bronn's Jahrbuch 1846), 420—443. (9)
- Lagerung und Alter des Schattentalkaltes; Reihenfolge der Formationen in Vorarlberg und im Bergamaskischen. *N.F.* 1853, 167. (10)
- Geolog. Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. *Denkschrift der allgem. Schweizer. Naturforschenden Gesellschaft* 1853. 135 S.; *Beipr. Bl.* 47. (11)
- G e o g n o s t i s c h - m o n t a n i s t i s c h e r V e r e i n f. T. u. B. — Bericht über die Leistungen des — i. J. 1839, 1840 und 1841. (12)
- G ü m b e l C. W. v. Beiträge zur geognostischen Kenntnis von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. *JRM.* 1856, 1—39; *Beipr. Bl.* 96. (13)
- Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. *Gotha* 1861. *Beipr. N.Fb.* 1861, 356, 1862, 200; *W.R.M.* 1861/62, 39—45, 280—284; *Bl.* 167. (14)
- Geologie von Bayern. II. *Cassel* 1894. *Beipr. Bl.* 889. (15)
- S a h n F. F. Einige Beobachtungen in der Flyschzone Südbayerns. *J. D. Geol. Ges.* 64, 1912, *Mon. Ber. Nr.* 11, 528—536; *Beipr. Mitt. Geogr. Ges. München* 1913, 61. Weitere Beobachtungen etc. *Ebb.* 66, 1914, *Mon. Ber.* 46—63; *Beipr. N.Fb.* 1913/2, 109; *Zbl. f. Min.* 1915, 215—223. (16)
- H e i m A. n. Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch mit einigen Bemerkungen über die subalpine Nagelfluh. — Über den Berglitenstein und die Grabler Klippe. *E.g. Helv.* 9, 1907, 413—437; 10, 440—441; *Beipr. N.Fb.* 1909/1, 86; *G.Z.* 15/616. (17)
- Zur Geologie des Grünten. *Vierteljahrsschrift der Nat. Ges. Zürich* 1919, *Heim-Festschrift*. (18)
- Beobachtungen in den Vorarlberger Kreideketten. *E.g. Helv.* 18, 1923/24, 207—211; *Beipr. G.Z.* 33/752; *N.Fb.* 1924/2, 429. (19)
- Der Alpenrand zwischen Appenzell und Rheintal (Fähnnergruppe) und das Problem der Kreidenummuliten. *Mit Karte 1:25.000. Beitr. z. geol. Karte d. Schw. N.F. Aftg.* 53, 1923, 85 S. (20)
- Das Problem der Kreidenummuliten in Ostschweiz und Vorarlberg. *G.M.* 1924, 223—226; *Beipr. G.Z.* 33/1782. — Über Bau und Alter des Alpennordrandes. *E.g. Helv.* 21, 1928, 73—80. (21)
- S t o c k e l C. W. Die nördlichen Ostalpen zur Kreidezeit. Ein Ausschnitt aus der Entwicklung eines Kettengebirges. *Diff. Leipzig* 1922, *Mitt. Geol. Ges. Wien* 15, 1922, 63—168; *Beipr. G.Z.* 28/1256; *N.Fb.* 1925/1, 107. (22)

- Beitrag zur Kenntnis der Grenzen zwischen germanischem und mediterranean Meeresbereich im jüngeren Mesozoikum der Ostalpen. *SBer. Natforsch. Ges. Leipzig*, 45.—48. Jrg. Leipzig 1918—1922, 29—35; *Beipr. G. Z.* 28/1621; *N. Zb.* 1925/1, 107. (23)
- Lenz D. Die brachiopodenreiche Auferbank von Kien. *B. N. N.* 1873, 249. (24)
- Aus dem Bregenzerwald. *B. N. N.* 1873, 223, 240, 249. (25)
- Leuchs R. Geologie von Bayern. 2. Teil: Bairische Alpen. *Handbuch der Geol. und Bodenschätze Deutschlands*. 2. Abt., 3. Bd., Berlin 1927, 374 S. *Beipr. G. Z.* 36/1550; *B. N. N.* 1928, 85. (26)
- Meesmann F. Geologische Untersuchung der Kreideketten des Alpenraumes im Gebiete des Bodenseerheintales. *Dissertation und Berh. Naturf. Ges. Basel* 1925, 111 S. *Beipr. G. Z.* 33/1777; *N. Zb.* 1927/2; *B.* 378. (27)
- Merhart G. v. und Hglius F. Ausflug in das Kreidegebiet von Vorarlberg. *Jahresber. u. Mitt. der Oberrhein. Geol. Ver. N. F.* Bd. 4, 1914, 50—56; *Beipr. G. Z.* 21/652; *N. Zb.* 1915/1, 248. (28)
- Merhart G. v. Kreide und Tertiär zwischen Hochblanken und Rhein. *Sonderdrucken der nat. Komm. des Vorarlberger Landesmuseums*. Dornbirn 1926, 64 S. Mit geol. Karte 1:75.000. *Beipr. B. N. N.* 1927, 63; *Z. f. prakt. Geol.* 1926, 143; *Mitt. Geol. Ges. Wien.* 19, 1926, 157. (29)
- Mojzovicš E. v. Aus den Vorarlbergischen Kalkalpen. *B. N. N.* 1872, 254—256; *Beipr. B.* 323. (30)
- Hglius F. Die geologischen Verhältnisse des hinteren Bregenzer Waldes in den Quellgebieten der Breitaich und der Bregenzer Aich bis südlich zum Sech. Mit geol. Karte 1:25.000. *Landes- u. k. Forschungen, herausgegeben v. d. Geogr. Ges. München* 1909, 96 S. *Beipr. N. Z.* 1910/1, 100; *B. N. N.* 1909, 195; *G. Z.* 15/36; *Mitt. Geogr. Ges. München* 4, 1, 1909, 1—96 und 1911, 444. (31)
- Geologisches und Touristisches aus dem hinteren Bregenzer Wald. *Deutsche Alpenztg.* 9, 8, München 1909, 10 S. (32)
- Jura, Kreide und Tertiär zwischen Hochblanken und Hohem Jfen (mit geol. Karte 1:25.000). *Mitt. Geol. Ges. Wien* 1911, 483—618; *Beipr. G. Z.* 18/55; *N. Z.* 1912/1, 324; *Mitt. Geogr. Ges. München* 1913, 58. (33)
- Geologische Forschungen an der Grenze zwischen Ost- und Westalpen. I. Beobachtungen zwischen Oberstdorf und Maienfeld. München 1912, 153 S. *Beipr. G. Z.* 18/56; *N. Zb.* 1915/1, 236, 243; *Mitt. Geogr. Ges. München*, 8, 1, 1913, 58; *Peterm. Mitt.* 59, 1913/2, 220. (34)
- Entgegnung an Tornquist (betr. Juralippen). *Zbl. f. Min.* 1912, 501—507, 1913, 252—256; *Beipr. G. Z.* 18/1560, 20/941; *N. Zb.* 1915/1, 241; *E. g. Helv.* 13, 1914, 623. (35)
- Karte der geol. Formationen und Leitlinien im Gebiete zwischen Iller und Bregenzer Aich. München 1912 (Piloth und Voehle). (36)
- Richter M. Über den Zusammenhang der Sântiz-Charfirsengruppe mit dem Bregenzer Wald. *B. N. N.* 1922, 82—86; *Beipr. G. Z.* 29/366; *N. Zb.* 1925/1, 392. (37)
- Die nordalpine Fhlschzone zwischen Vorarlberg und Salzburg. *Zbl. f. Min.* 1922, 242—255; *Beipr. G. Z.* 28/59, 29/365. (38)
- Der nordalpine Fhlsch zwischen der Ostschweiz und Salzburg. *G. N.* 1922, 186—187; *Beipr. G. Z.* 28, 1925. (39)
- Der Fhlsch in der Umgebung von Oberstdorf im Allgäu. *B. N. N.* 1922, 49—80; *Beipr. G. Z.* 29/976; *N. Zb.* 1925/1, 105. (40)
- Beobachtungen am Nordrand der oberostalpinen Decke im Allgäu. *B. N. N.* 1923, 162—170; *Beipr. G. Z.* 30/691; *N. Zb.* 1925/1, 113. (41)
- Die Stellung der nördlichen Fhlschzone des Bregenzer Waldes. *B. N. N.* 1923, 141—146. (42)
- Die Stellung der nordalpinen Fhlschzone im Rahmen der Ostalpen. *G. N.* 1924, 281—287; *Beipr. G. Z.* 31/1148; *N. Zb.* 1925/1, 113. (43)

- Beiträge zur Geologie der helvetischen Zone zwischen Ziller und Rhein. Mittl. Geolog. Ges. Wien 1924, 12—46; Bejpr. N. Zb. 1927/2, B. 375. (44)
- Die Fährnermulde am Nordrand des Säntis und das Problem der Kreidenummuliten. G.R. 1925, 81—99; Bejpr. N. Zb. 1927/2, B. 375. (45)
- Über die untere Meeresmolasse zwischen Lech und Rhein. Zbl. j. Min. 1925, B. 309—314; Bejpr. G. Z. 33/127. (46)
- Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Allgäuer Molasse. Steinmann-Festschrift, G.R. 17a, 1926, 317—362; Bejpr. N. Zb. 1927/2, B. 88. (47)
- Das Problem des alpinen Bildfahsch. G.R. 1927, 155—160; Bejpr. G. Z. 35/1001. (48)
- Molasse und Alpen. Z. D. Geol. Ges. 79, 1927, Mon. Ber. 124—135; Bejpr. G. Z. 36/1650. (49)
- Richtj o e n F. v. Trias und Liassgebilde in Vorarlberg. W.R.M. 1857, 796. (50)
- Gliederung der Kreideformation in Vorarlberg. W.R.M. 1857, 787, 809—810; Bejpr. Bl. 120. (51)
- Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. I. Zb.R.M. 1859, 72—137; Bejpr. N. Zb. 1860, 843; Bl. 148. (52)
- Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. II. Zb.R.M. 1861/62, 87—206; Bejpr. Bl. 165. (53)
- R ö j c h A. Der Kontakt zwischen dem Fhisch und der Molasse im Allgäu. Dissert., Mitt. Geogr. Ges. München 1, 3, 1905, 313—353; Bejpr. N. Zb. 1908/1, 409; Mitt. Geogr. Ges. München 1911, 443. (54)
- R o l l i e r L. Die Entstehung der Molasse auf der Nordseite der Alpen. Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich 1904; Bejpr. G. Z. 5/2079. (55)
- R o t h p l e g A. Zum Gebirgsbau der Alpen beiderseits des Rheins. Z. D. G. G. 1883, 134—189. Bejpr. Mitt. Geogr. Ges. München 8, 1, 1913, 59; Bl. 613; W.R.M. 1884, 49. (56)
- Geologische Alpenforschungen I. Grenzgebiet zwischen Ost- und Westalpen und die Rhätische Überschiebung. München, 1900, 173 S. II. Ausdehnung und Herkunft der Rhätischen Schumajje. München 1905, 261 S. Bejpr. G. g. Helv. 7, 487; Zbl. j. Min. 1902, 114; G. Z. 1/1492; Pet. Mitt. 47, Litber. 16; Jahrb. Naturwissenschaft. 17, 314; Jahresber. Nat. Ges. Grbd. N. Z. 44, 163. (57)
- Das Gebiet der zwei großen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und dem Engadin. Sammlg. Geol. Führer X, Berlin, Vorntträger 1902. Bejpr. W.R.M. 1902, 353; G. g. Helv. 7, 1901/2, 492. (58)
- Ein geolog. Querschnitt durch die Ostalpen, nebst Anhang über die Glarner Doppelfalte. Stuttgart 1894. Bejpr. N. Zb. 1896/1, 276. (59)
- Über die Entstehung des Rheintales oberhalb des Bodensees. Schr. d. Ver. j. Geol. d. Bodensees 29, 1900, 31. (60)
- Der Kontakt zwischen dem Fhisch und der Molasse im Allgäu. Jhrber. u. Mitt. Oberhein. geol. Ver. N. Z. Bd. 5, 1915/16, 145—154; Bejpr. G. Z. 22/1463; N. Zb. 1924 2, 245. (61)
- S a g g. Geologische Untersuchungen zwischen Bregenser Ach und Hohem Freschen. Diss. Zürich 1925, 38 S. Geolog. Karte 1:25.000. Bejpr. G. Z. 35/1398; N. Zb. 1927/2, B. 376. (62)
- S c h a a b D. W. Geologische Untersuchungen in der südlichen Vorarlberger Kreide-Flyschmulde zwischen Feldkirch und Hochfreschen. Dissertation Zürich 1925. 59 S., geol. Karte 1:25.000; Bejpr. G. Z. 33/1198; N. Zb. 1927/2, B. 377. (63)
- Zur Geologie der jurassischen Kanisfluh-, Mittagsfluh-Gruppe im Bregenser Wald. Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich 71, 1926, 49—84; Bejpr. N. Zb. 1927/2, B. 380. (64)
- Beiträge zur Valangien- und Hauterivienstratigraphie in Vorarlberg. G.R. 17, 1926, 81—108; Bejpr. N. Zb. 1927/1, B. 260; G. Z. 37/161. (65)
- S c h a i h ä t t l E. Geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges. München 1851. Bejpr. Bl. 22. (66)
- Gliederung des südbayerischen Alpenkalkes. N. Zb. 1851; Bejpr. Bl. 23. (67)

- Straeter** H. Geologische Untersuchungen zwischen Winterstaude und Subersäch. Dijl. Zürich 1925, 48 S. Geol. Karte 1:25.000; Bejpr. G. Z. 35/1400; N. Zb. 1927/2, B. 375. (68)
- Tjriel van** B. Geologische Forschungen zwischen Bezau und Egg. Dijl. Zürich-Gaag, 1924, 48 S. Geol. Karte 1:25.000. Bejpr. G. Z. 35/1397; N. Zb. 1927/2, B. 373. (69)
- Tornquist** A. Vorläufige Mitteilung über die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone. S. B. Preuß. Ak. d. W. Königsberg 1907, XXX, 591—599; Bejpr. N. Z. 1909/1, 97; G. Z. 11/58; G. g. Helv. 10, 338. (70)
- Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Beziehungen zu den ostalpinen Deckenschüben. N. Z. 1908/1, 63—112; G. g. Helv. 10, 661; Bejpr. G. Z. 11/1471; Mitt. Geogr. Ges. München 1911, 443. (71)
- Noch einmal die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und der submarine Einschub ihrer Klippenzone. V. R. M. 1908, 326—332. Bejpr. G. Z. 12/1284; G. g. Helv. 10, 666. (72)
- Eine Kritik der von Mhlius geäußerten neuen Ansichten über die Herkunft der Juraklippen in der Allgäu-Vorarlberger Flyschzone. J. Bl. f. Min. 1912, 345—352; Bejpr. N. Zb. 1915/1, 241. (73)
- Zur Kritik der von H. Mhlius gegen mich gerichteten Entgegnung (Tektonik der Allgäu-Vorarlberger Juraklippen). Jbl. f. Min. 1912, 783—784; Bejpr. N. Zb. 1115/1, 241; G. Z. 21/335. (74)
- Wacek** M. Umgebungen von Höhenembä. V. R. M. 1875, 229—230. (75)
- Über das Kreidegebiet in Vorarlberg. V. R. M. 1877, 117—118. (76)
- Über Vorarlberger Kreide. Jb. R. M. 1879, 659—758; V. R. M. 1879, 124; Bejpr. N. Zb. 1881/2, 393; Bl. 525. (77)
- Über Schweizer Kreide (Vortrag). V. R. M. 1879, 33—34. (78)
- Neokomstudie. Jb. R. M. 1880, 493—542; Bejpr. N. Zb. 1881/2, 393. (79)
- Wepfer** E. Die nördliche Flyschzone im Bregenzer Wald (mit geol. Karte 1:25.000). N. Zb. 1908, 27. Hgband. 1. Heft; Bejpr. V. R. M. 1909, 206; G. Z. 13/363; G. g. Helv. 10, 663; Mitt. Geogr. Ges. München 1911, 443. (80)

Abgeschlossen Mitte Dezember 1928.