

Zu den Beziehungen zwischen österreichischen und schweizerischen Geologen: die Tektonik der Alpen, 1875–1950

RUDOLF TRÜMPY und RUDOLF OBERHAUSER¹⁾

3 Abbildungen

AMPFERER, OTTO <* 1875 – † 1947>
 BLUMENTHAL, MORITZ <* 1886 – † 1967>
 CORNELIUS, HANS PETER <* 1888 – † 1950>
 Deckenlehre
 Geologie (Geschichte)
 Glärner "Doppelfalte"
 Graubünden
 HAMMER, WILHELM <* 1875 – † 1942>
 HEIM, ALBERT <* 1849 – † 1937>
 HEIM, ARNOLD <* 1882 – † 1965>
 Mobilismus
 Ostalpen – Westalpen – Grenze
 Österreich
 Schweiz
 SPITZ, ALBRECHT <* 1883 – † 1918>
 STAUB, Rudolf <* 1890 – † 1961>
 SUESS, Eduard <* 1831 – † 1914>
 Tektonik
 Vorarlberg
 Wissenschaftsgeschichte

Inhalt

Zusammenfassung	13
Abstract	13
Résumé	14
1. Einleitung [R. O. & R. T.]	14
2. EDUARD SUESS (1831–1914) und ALBERT HEIM (1849–1937) [R. T.]	14
3. OTTO AMPFERER (1875–1947) und seine Wirkung in der Schweiz [R. T.]	17
4. RUDOLF STAUB (1890–1961) und seine Wirkung in Österreich [R. T.]	18
5. Die Österreicher in Graubünden [R. T.]	19
6. Die Schweizer in Vorarlberg [R. O.]	22
7. Nachwort mit Ausblick [R. T. & R. O.]	24
Dank	25
Literatur	25

Zusammenfassung

Die Entwicklung der alpinen Tektonik. EDUARD SUESS und ALBERT HEIM. Die Rezeption der Deckenlehre in den Ostalpen: OTTO AMPFERER und RUDOLF STAUB. Österreicher (v. a. ALBRECHT SPITZ und HANS PETER CORNELIUS) in Graubünden; Schweizer (v. a. ARNOLD ESCHER, ARNOLD HEIM und MORITZ BLUMENTHAL) in Vorarlberg.

Relations between Austrian and Swiss Geologists: The Tectonics of the Alps, 1875–1950

Abstract

The development of Alpine tectonics from 1875 to 1950 is discussed, especially as far as the relations between Austrian and Swiss geologists are concerned. The great EDUARD SUESS (some of whose unpublished letters are quoted) tried, in vain, to convince ALBERT HEIM of the

¹⁾ Anschriften der Verfasser: RUDOLF TRÜMPY emeritierter Professor der ETH Zürich, Allmendboden 19, CH - 8700 Küsnacht bei Zürich, (Schweiz); Dr. RUDOLF OBERHAUSER, Pensionist der Geologischen Bundesanstalt, Marxergasse 36/2/6/30, A - 1030 - Wien (Österreich)

absurdity of his Glarus "Double Fold". Once the nappe structure of the Alps had been established, RUDOLF STAUB applied the mobilist principles of EMILE ARGAND to the Eastern Alps, while OTTO AMPFERER developed his very original ideas on subduction ("Verschluckung"), gravity tectonics and nappe thrusting over old eroded land surfaces. Austrian geologists contributed to the understanding of the geology of Graubünden (eastern Switzerland); Swiss geologists did the same in Vorarlberg (western Austria).

Relations entre des géologues autrichiens et suisses: La tectonique des Alpes, 1875 - 1950

Résumé

Le développement de l'interprétation tectonique des Alpes, particulièrement concernant les relations entre des géologues autrichiens et suisses, est discuté. Le grand géologue E. SUESS (dont quelques lettres non-publiées sont citées) tenta de convaincre A. HEIM de l'absurdité du modèle d'un pli double en Glarus. Aussitôt que le concept de la tectonique en nappes était établi, R. STAUB a commencé d'appliquer les principes du mobilisme de E. ARGAND aux Alpes orientales, pendant que O. AMPFERER a développée ses conceptions de subduction ("Verschluckung"), tectonique de glissement, et chevauchement des nappes par-dessus des surfaces érosives. Des géologues autrichiens ont contribué à la connaissance de la géologie des Grisons autant que leurs confrères suisses en Vorarlberg (Autriche occidentale).

1. Einleitung

Die Beziehungen zwischen österreichischen und schweizerischen Geologen waren und sind vielfältig, sehr oft aber auch verstreut und zufällig, so daß sich für viele Teilgebiete kaum zusammenhängende "Geschichten" erzählen lassen. Wir haben uns deshalb auf ein einziges dieser Gebiete, die **Tektonik der Alpen**, beschränkt. Unberücksichtigt blieb die Petrologie, wo besonders die Wechselwirkung zwischen FRIEDRICH BECKE und ULRICH GRUBENMANN hätte behandelt werden müssen, wie auch die eigentliche Strukturgeologie mit dem Einfluß von BRUNO SANDER. Dies gilt auch für die praktische Geologie, wo Geologen aus den beiden Ländern sehr oft mit- oder auch gegeneinander wirkten. Auch das weite Feld der Quartärgeologie, etwa mit den verschiedenen Deutungen von OTTO AMPFERER's "Schlußzeit", wird nur im Kapitel 6 kurz gestreift. Fortschritte der Paläontologie (einschließlich Mikropaläontologie) und der Stratigraphie werden nur dort erwähnt, wo sie für die Deutung der Tektonik ausschlaggebend waren.

Auch den zeitlichen Rahmen mußten wir enger spannen, auf das Dreivierteljahrhundert von 1875 bis 1950, als die Grundlagen der alpinen Tektonik erarbeitet und kritisiert wurden.

In der "vor-wissenschaftlichen" Zeit der Geologie ist besonders die Rolle hervorzuheben, welche Tiroler und "Venediger" als Entwicklungshelfer beim Bergbau in Graubünden, z. T. auch in der eigentlichen Schweiz, leisteten. Die Schweizer Kantone entwickelten kaum eine eigene Bergbaukultur; ihre bescheidenen Erzvorkommen lagen auch außerhalb des Interessenbereichs der FUGGER.

In den ersten Zeiten der alpinen Geologie, im späten 18. und frühen 19. Jahrhundert, blieben die Kontakte eher bescheiden und oft zufällig. Die Erforschung der Alpen ging zunächst von Transversalen aus (Großer St. Bernhard, Gotthard, Brenner), Vergleiche in der Längsrichtung der Kette blieben vorerst weniger aktuell.

Ganz allgemein muß man feststellen, daß die Beziehungen zwischen österreichischen und schweizerischen Geologen untereinander, trotz den gemeinsamen alpinen Problemen, eher weniger intensiv waren als diejenigen der Österreicher zu den Kollegen aus den Ländern der Doppelmonarchie bzw. deren Nachfolgestaaten sowie Deutschland und Italien einerseits, und die der Schweizer zu den Franzosen und Italienern andererseits.

Zudem waren die Beziehungen zwischen beiden Staaten ebensooft durch Antagonismus wie durch Zusammenarbeit geprägt. Der Widerstand vieler österreichischer Geologen – immer abgesehen vom unvergleichlichen EDUARD SUESS und

einigen anderen – gegen die vermeintlich "französisch-schweizerische" Deckentheorie ist dafür symptomatisch. Unglücklicherweise fällt der Übergangsbereich von Ost- und Westalpen fast mit der Landesgrenze zusammen, was die Meinung aufkommen ließ, daß die beiden Segmente nicht miteinander verglichen werden konnten und sollten. Österreichische Geologen haben vor allem im "ostalpinen" Teil Graubündens, schweizerische im "westalpinen" Teil Vorarlbergs gewirkt. Hinzu kommen die unterschiedlichen Strukturen: der sehr aktiven k. k. Reichsanstalt bzw. der Bundesanstalt stand in der Schweiz, wo die Forschung fast ausschließlich von den Universitäten ausging, keine vergleichbare Institution gegenüber. Auffallenderweise war das Verhältnis der Schweizer Geologen zu den Mitarbeitern der Geologischen Bundesanstalt enger als dasjenige zu ihren akademischen Kollegen. Wien war weit entfernt, und Innsbruck war weitgehend auf Tirol ausgerichtet.

Auch hintergründigere, nicht eingestandene Ursachen mögen mitgespielt haben: Neid und Überheblichkeit, in ökonomischen Belangen auf der einen, in kulturellen auf der anderen Seite. Erschwerend kam natürlich der Umstand dazu, daß die wissenschaftlichen Beziehungen während fast zehn Jahren praktisch eingefroren waren.

2. EDUARD SUESS (1831–1914) und ALBERT HEIM (1849–1937)

Während des zweiten und dritten Viertels des 19. Jahrhunderts wurde das relative Alter der meisten alpinen Formationen – mit Ausnahme der Bündnerschiefer und ähnlicher Komplexe – festgelegt. Im Grenzgebiet zwischen Ost- und Westalpen trafen sich ARNOLD ESCHER, der 1853 die schweizerische Kreide-Gliederung auf Vorarlberg übertrug, und die Trias-Stratigraphen aus den Ostalpen wie F. von RICHTHOFEN (1859, 1861), FRANZ von HAUSER (1865) und EDMUND von MOJSISOVICS (1872). Letzterer schrieb 1873 (S. 149) über die Rheinlinie: "Die ostalpine Trias reicht nicht über den Rhein. Der Grund ist nicht irgendeine Verwerfung, die Grenze ist eine ursprüngliche". Hier finden wir, vielleicht zum ersten Mal, die Statuierung einer primären Grenze zwischen Ost- und Westalpen. Auch ARNOLD ESCHER beschrieb (1854) Fossilien aus den Kössener Schichten der Scesaplana.

Dann erschienen zwei Arbeiten welche für die Entwicklung der alpinen Tektonik wegweisend wurden. Die erste war EDUARD SUESS' glänzend geschriebenes Büchlein "Die Entstehung der Alpen" (1875), wo die These vom einseitigen Schub der Gebirge vertreten wurde, das zweite ALBERT

HEIM's *"Mechanismus der Gebirgsbildungen"* (1878), mit ihren großartigen Untersuchungen über die Gesteinsdeformation.

In den Glarner Alpen vertrat ALBERT HEIM die Doppelfalten-Theorie seines bewunderten Lehrers ARNOLD ESCHER (s. RUDOLF TRÜMPY, 1991a), wonach sich eine südvergente liegende Nordfalte und eine nordvergente Südfalte gegenüber standen. ARNOLD ESCHER hatte ursprünglich (ca. 1841–1848) an eine einzige Überschiebung gedacht, entwickelte dann jedoch die absurde Idee der Doppelfalte. Publiziert wurde sie, in bezeichnend zögerlicher Weise, erst 1866. EDUARD SUESS (1916, S. 422–425) hatte indessen schon 1854 von der Doppelfalte gehört, anlässlich seiner Teilnahme an der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in St. Gallen, wo er *"die geologischen Arbeiten in den östlichen Alpen mit den weiter fortgeschrittenen des Westens in Verbindung [zu] bringen"* versuchte. Auf der Fußreise zurück nach Innsbruck, die sie zwecks Klärung der stratigraphischen Zusammenhänge auch zum Haller Salzberg führte, schmiedeten EDUARD SUESS, ARNOLD ESCHER und der Basler PETER MERIAN einen Plan für einen Verein zur gemeinsamen Erforschung der Alpen von Genua bis Wien. Daraus wurde nichts, denn schon vor 145 Jahren *"erregte der internationale Charakter des Vereines Bedenken bei der Behörde"* (S. 123). Wir sind seither nicht weiter gekommen.

ALBERT HEIM's Werk von 1878 wurde allgemein mit Begeisterung aufgenommen, doch gab es auch Widerspruch ge-

gen seine tektonische Interpretation der Glarner Alpen. Seine wichtigsten Kontrahenten waren der Wiener MICHAEL VACEK (ab 1879), der Münchner AUGUST ROTHPLETZ (ab 1883) und der Pariser MARCEL BERTRAND (1884). Wir haben uns hier nur mit dem erstgenannten zu beschäftigen.

MICHAEL VACEK (1848–1925) stammte aus dem Bergbaugebiet des mährischen Iglau (Jihlava). Er war ein guter Stratigraph und sorgfältiger Paläontologe (s. GEORG GEYER 1925, auch Kap. 6); zuletzt *"amtete"* er als Vizedirektor der Bundesanstalt. Seine tektonischen Ansichten waren jedoch recht merkwürdig; Lagerungsstörungen versuchte er zumeist durch die Annahme gewaltiger Diskordanzen mit Einlagerung jüngerer Schichten in ein altes Relief zu erklären.

1879 veröffentlichte MICHAEL VACEK eine Studie über die Vorarlberger Kreide, die eine gute stratigraphische Analyse und interessante Bemerkungen über Fazieswechsel enthielt. Leider versuchte er darin auch eine Umdeutung der Glarner Tektonik. Für MICHAEL VACEK war der Kalkmylonit des Lochseitenkalks ein normales Schichtglied, zwischen dem hangenden permischen Verrucano und den paläozoischen *"Bündnerschiefern"* darunter. Der fossilführende tertiäre Flysch wäre nur in ein vorbestehendes Relief angelagert. ALBERT HEIM (1880) reagierte sofort, und es entspann sich eine nutzlose und von beiden Seiten mit humorloser Aggressivität geführte Kontroverse, die sich bis 1892 hinzog (z. B. MICHAEL VACEK 1881, 1884, 1892). Statt auf alle diese Pamphlete einzugehen, beschränken wir uns auf die Wiedergabe

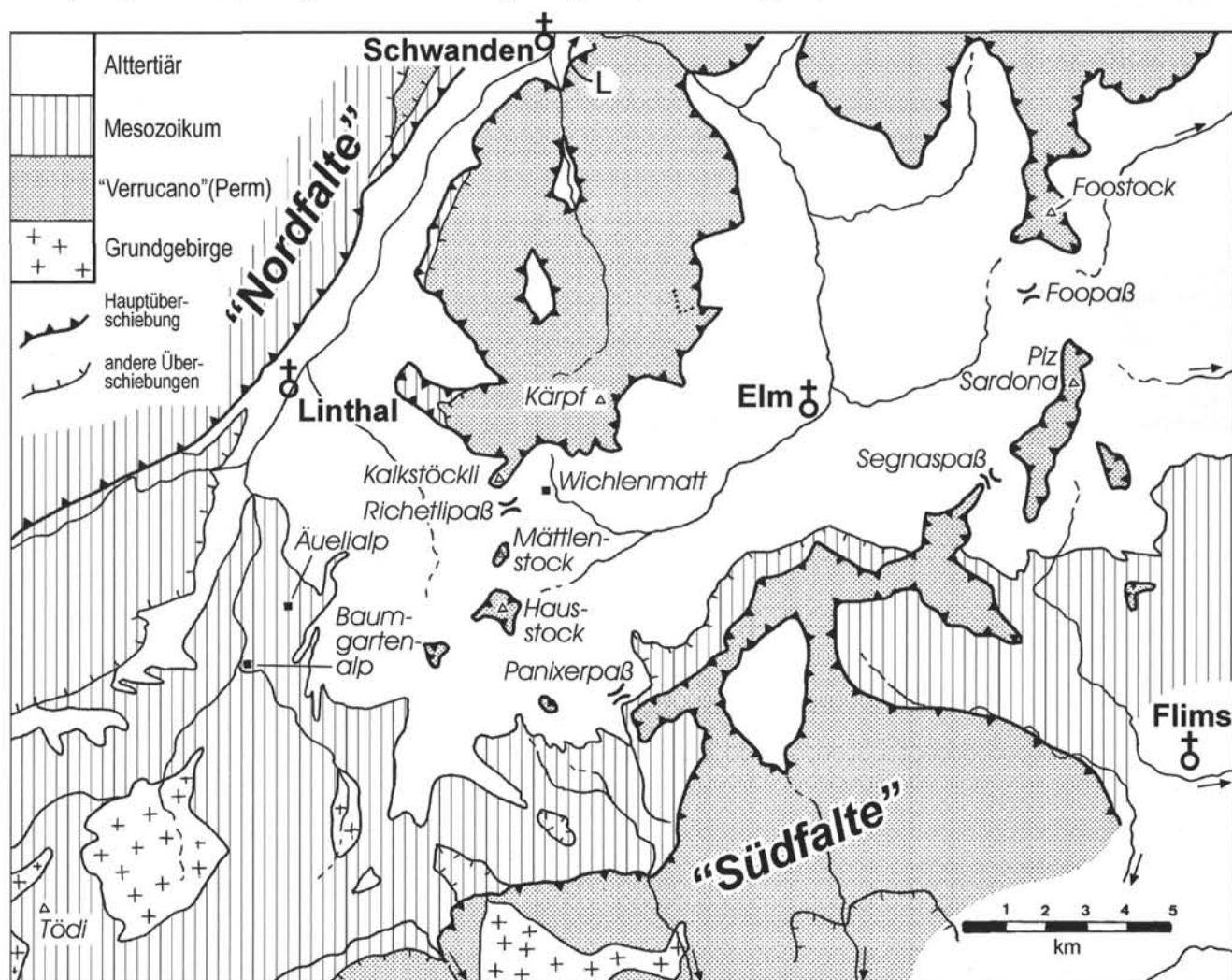


Fig. 1. Die Lokalitäten "Äuelialp" und "Baumgartenalp" sind vertauscht dargestellt. L = Lochseite.

eines Gespräches aus ALBERT HEIM (1891, S. 182), welches mit Wiener und Ostschweizer Akzent gelesen werden sollte:

“Am 2. October 1880 standen VACEK und ich im obersten Kessel der Wichlenalp. Da begab sich wörtlich (von mir sofort nachher notirt, Zeuge: FRIDOLIN MADUZ von MATT) folgende Discussion:

VACEK: Aber nun sehen Sie, daß die eocänen Gesteine alle zurückgeblieben sind und dort oben nur die älteren Phyllite bis an den Lochseitenkalk hinaufgehen.

HEIM: Warten Sie, in einer halben Stunde können wir dort oben südlich am Grat des Richetlipasses sein, wo Sie wiederum Taveyannazsandstein zwischen den Schieferen eingelage finden werden.

VACEK (hastig): Aber ich bitt’ Sie! Professor! – Das ist ja Mangel an Wahrheitsliebe!!

HEIM: Das la ich mir kein zweites Mal sagen! Am 3. October 1880 vor unserer Verabschiedung im Bahnhof Linthtal habe ich HERRN VACEK in freundschaftlicher Weise ernst und ruhig ersucht, das Wort, das mich gekränkt habe, zurückzunehmen, damit unser collegialisches Verhältnis nicht getrübt werde. Allein, ich erhielt nur zur Antwort: Das ist ja gar nichts, da sollten Sie hören, wie wir in Wien manchmal discutieren, da geht’s noch ganz anders!

Soviel zu diesem recht besonderen Aspekt des *“Verhältnisses zwischen Österreichern und Schweizer Geologen”*. Sachlich hatte ALBERT HEIM selbstverständlich recht; MICHAEL VACEK’s Konzeption war völlig unhaltbar. Dies mußte auch Th. FUCHS aus Wien (1895, S. 75) einsehen, der glaubt, daß MICHAEL VACEK *“nur durch große Voreingenommenheiten zu seiner Auffassung”* gelangt sei. ALBERT HEIM hätte viel rger, Zeit und Druckerschwärze sparen können, wenn er den Rat seines älteren Freundes EDUARD SUESS befolgt hätte. Dieser schrieb am 11. Mai 1880 (Handschriften ETH), offenbar auf eine Anfrage ALBERT HEIM’s hin: *“VACEK ist ein sehr bescheidener und fleißiger junger Mann, der eine recht hübsche Arbeit über Mastodonten geliefert hat, aber über Tektonik bisher nichts veröffentlicht hat”*. Und weiter zitiert EDUARD SUESS einen Spruch von EDWARD FORBES: *“If the winner of the Derby had stopped to kick, he wouldn’t have been the winner of the Derby”*.

Am 3. Januar 1885 (Handschriften ZBZ² Konv. HEIM XIX/13) kommt EDUARD SUESS nochmals auf diesen Streit zurück: *“... so will ich sagen, daß jede Polemik eine vorübergehende, persönliche Sache, jede gute Beobachtung dagegen ein bleibender Werth ist”*.

Trotzdem verschwendet ALBERT HEIM noch in seinem Werk von 1891 an MICHAEL VACEK eine eingehende Widerlegung, während er die viel gewichtigeren Einwände von A. ROTHPLETZ relativ kurz behandelt und die bahnbrechende Arbeit von MARCEL BERTRAND (1884) schlichtweg ignoriert – eine unverzeihliche Unterlassungssünde.

EDUARD SUESS vermochte sich nie recht für die Theorie der Doppelfalte zu erwärmen; sie widersprach ja seiner These vom einseitigen Schub der Gebirge. VON ALBERT HEIM darauf angesprochen, weshalb er die Doppelfalte im ersten Band des *“Antlitz der Erde”* (1883) nicht erwähnt habe, antwortete E. SUESS am 14. Januar 1883 (Handschriften ZBZ, Konv. VI): *“Nun gestehe ich offen, daß es mir nicht ganz klar ist, ob die Glarner Doppelfalte als Vorfaltung und Gegenfaltung, d. h. als reine tangential Bewegung nach 2 Richtungen aufzufassen sei, von den[en] die eine gleichsam Reflex durch Stauung wäre, oder ob der Faltung eine selbstständige Grabenbildung, d. i. longitudinale Senkung vorangegangen war”*.

Nachträglich (Brief an ALBERT HEIM vom 7. Oktober 1910, Handschriften ZBZ, Konv. VI) schrieb E. SUESS: *“Ich war*

1854 (ev. 1856) [1854 ist wohl richtig] bei ESCHER in Zürich, da lernte ich die Doppelfalte kennen. Im Jahr 1875 kam ich aus Graubünden, da erwachten meine Zweifel. [Der erste Band des Antlitz] erschien 1883 und ich machte aus diesen Zweifeln kein Hehl [?]. Ganz selbstständig von uns [Unterstreichung E. S.] hat M. BERTRAND im Bull. soc. géol. France 1884 die Sache im gleichen Sinne aufgegriffen”.

Dieser Satz impliziert also, daß EDUARD SUESS schon 1883 eine einzige Überschiebung erkannt hatte wie A. ESCHER 1841, R. MURCHISON 1849 und M. BERTRAND 1884. Angesichts des oben zitierten Briefes von 1885 bleibt dies eher zweifelhaft.

Sicher ist jedoch, daß EDUARD SUESS 1892, nach einer Exkursion vom 26. bis 27. August in die Glarner Alpen, zur Erkenntnis gelangte, daß nur eine, von S nach N gerichtete Überschiebung, existiere. Er verfaßte eine vierseitige Handschrift (ZBZ, Konv. HEIM VI), *“Reise in die Schweiz 1892”*, die er offenbar ALBERT HEIM am 28. August übergab oder sie ihm wenig später zustellte. Sie ist ein bewundernswertes Dokument. *“Als Ergebnis dieser Reise zeigt sich, daß N. Flügel der Glarner Falte = S. Flügel = einer einzigen sehr großen Überschiebung aus S.”*, M. VACEK und A. ROTHPLETZ hatten sich geirrt. *“Auf diese Art ist das ganze Gebirge, Nord u. Südflügel gleichsam von einer einheitlichen Fluidalstruktur beherrscht, welche Folge einer einzigen, großen Bewegung ist”* [Unterstreichungen E. S.]. EDUARD SUESS weist auch auf den sekundären, rein morphologisch bedingten Charakter der Trennung zwischen *“Nord”- und “Süd”-Falte* hin. *“Die Schollen auf den Hochkmmen³ entsprechen sich beiderseitig vllstndig und wo immer man innerhalb der sogenannten Schlinge geht, hat man den Eindruck eines reinen Erosions-Thales”*.

Am 28. August traf EDUARD SUESS ALBERT HEIM in Zürich und versuchte ihn von der Existenz einer einzigen Überschiebung zu überzeugen. ALBERT HEIM versprach, *“der Sache nachzugehen”*. Es sollte aber noch ein Jahrzehnt dauern, bis ALBERT HEIM auch öffentlich der unseligen Glarner Doppelfalte abschwor. Am 13. September 1892 schrieb E. SUESS an ALBERT HEIM (Handschriften ZBZ, Konv. VI): *“In Betreff der Glarner Schlinge bekräftigt sich mir je mehr ich nachdenke die Richtigkeit der in Zürich geäußerten Ansicht. ... Sie sollten nicht dritten Personen es überlassen, den letzten Erfolg zu pflücken”*.

1893 erschien die wichtige Arbeit von HANS SCHARDT, welche manche westalpine Geologen bewog, das Vorhandensein großer Überschiebungen ins Auge zu fassen. 1894 war E. SUESS wiederum in Zürich anlässlich des VI. Internationalen Geologen-Kongresses. Er war eingeladen worden, einen Vortrag zu halten, hatte dies jedoch abgelehnt. In einem Brief an ALBERT HEIM vom 4. Februar 1894 (Handschriften ZBZ, Konv. XIX) gesteht er, daß *“mit ein Motiv meiner Ablehnung die Glarnerfalte gewesen ist. Ich möchte nicht in eine Discussion dieser Frage verwickelt werden, bevor ich Klarheit über die Sache habe”*. In seinen Erinnerungen (1916) schreibt E. SUESS allerdings *“HEIM stimmte der neuen Erklärung der Glarner Schlinge zu”*⁴. Ohne Vorbehalte tat dies ALBERT HEIM aber erst in seinem berühmten und schönen Offenen Brief (1903) an MAURICE LUGEON.

² Zentralbibliothek Zürich

³ Foostock - Piz Sardona; Kalkstckli - Mttlenstock - Hausstock. E. SUESS hat am 26. August den Foopa besucht und war vielleicht bis zum Kontakt des Verrucano am Foostock aufgestiegen. Am folgenden Tage war er auf der *“uellalp”* hinter Linthal. Die uellalp ist eine Waldwiese inmitten von Steilwänden, von der aus man wenig sieht; möglicherweise meint E. SUESS unter diesem Namen die höher gelegene, aussichtsreichere Baumgartenalp (nach Gespräch mit Heinrich ZWEIFEL, Bergli ob Linthal).

EDUARD SUESS (z. B. 1904) war der neuen Lehre gegenüber natürlich viel aufgeschlossener. In Österreich blieb er damit zunächst recht isoliert. Carl DIENER (in C. DIENER et al., 1903, S. 640) konnte behaupten: *„Es ist in der Struktur der Ostalpen kein einziges Merkmal vorhanden, das für einen Schub derselben durch eine nach N gerichtete Bewegung im Sinne von SUESS beweisend wäre“*. Auch C. DIENER's gehässige Streitschrift von 1904 ist bezeichnend für die damalige Mentalität.

1909 erschien die letzte Lieferung von EDUARD SUESS' gewaltigem Werk. Die Alpen werden konsequent im Sinne der Deckenlehre gedeutet. Die Préalpes werden dem Lepontin (Penninikum) zugeordnet und nicht, wie die Schweizer Geologen fast ein halbes Jahrhundert lang fälschlicherweise annahmen, dem Ostalpin. Auch der Averser Weissberg ist leptoninisch; *„vielleicht sind seine Sedimente dem Briançonnais gleich zu stellen“* (S. 183). Die Trias des Semmering ist nicht *„fremd“*, sondern im Gegenteil *„heimischer“* als die kalkalpine (S. 195).

Ergreifend ist EDUARD SUESS' Analyse der Glarner Decken, wo er versucht, ARNOLD ESCHER und ALBERT HEIM gerecht zu werden. Er sieht im Hausstock ein Denkmal für die beiden Forscher. Ironischerweise⁴ ist dies aber gerade der Berg, an welchem ARNOLD ESCHER und ALBERT HEIM die Unhaltbarkeit ihrer Doppelfalten-Theorie hätten einsehen müssen.

3. OTTO AMPFERER (1875–1947) und seine Wirkung in der Schweiz

Der Tiroler OTTO AMPFERER war in erster Linie ein hervorragender und unermüdlicher Feldgeologe (s. z. B. FRIEDRICH (FRITZ) KERNER von MARILAU 1949, ERNST KRAUS 1949). Auch er selbst (1937) schätzt diese schöne Arbeit als seine wichtigste ein. Seinen administrativen Verpflichtungen als Direktor der Bundesanstalt (1935–1937) kam er, wie dort überliefert ist, oft durch Postkarten aus Berghütten nach.

OTTO AMPFERER's Kartierungen in den Nördlichen Kalkalpen sind in quantitativer und qualitativer Hinsicht großartig. Wie kein anderer hat er den internen Deckenbau der Kalkalpen illustriert und auch den so oft vernachlässigten Quartär-Ablagerungen und -Formen die gebührende Beachtung gewidmet. Diesen Aspekt seines Werkes haben seine schweizerischen Kollegen anerkannt und hoch geschätzt.

Seine Thesen über den Mechanismus der Deckenbewegungen sind dagegen unterschiedlich beurteilt worden. Meist wurden sie, teils zu Recht, teils zu Unrecht, abgelehnt. Sie wurden erstmals in seiner Arbeit von 1906 formuliert und später (bes. 1923–1931) laufend verfeinert und erweitert. Die wesentlichen Punkte sind die folgenden:

1. Kritik an der Interpretation der Decken als übersteigerte liegende Falten (Überfaltungsdecken); Kritik an der Kontraktionstheorie.
2. Entstehung vieler Decken durch gravitatives Abgleiten.
3. Bedeutende Rolle von Reliefüberschiebungen.
4. Betonung der Existenz von W-gerichteten, zusätzlich zu N-gerichteten Bewegungen; mehrphasiger Bau der Alpen.
5. Verschwinden des Heimatlandes von Decken durch Verschluckung, im Gefolge von Strömungen im Untergrund.

⁴ Dies ist überraschend und sollte vorsichtig beurteilt werden. Alte Geologen können sich oft gut an Menschen, Steine und Ereignisse erinnern, sind aber bei der Datierung dieser Ereignisse weniger zuverlässig (Fußnote von R. T., Jahrgang 1921).

⁵ Konnte SUESS ironisch sein? Seine Beziehungen zu den beiden Meistern der Ironie, den Engländern und den Juden, möchten es vermuten lassen. Sein Werk ist jedoch stets von hohem Ernst geprägt.

Wir werden zunächst die Reaktion der Schweizer Geologen auf diese fünf Thesen diskutieren, dann

6. ihre Bewertung von OTTO AMPFERER's Arbeiten im Vorderrheintal (1934a-c).

Zum Schluß

7. werden wir kurz auf O. AMPFERER's Einstellung zur Drifttheorie und auf seine Rolle als lang verkannter Prophet einer Art von Plattentektonik eingehen.

1. Die Ableitung von Decken aus liegenden Falten war eine Lieblingsidee von ALBERT HEIM. Schon 1906 schrieb er offenbar an O. AMPFERER. Dieser wehrte sich in zwei langen Briefen, vom 29. November und 14. Dezember 1906 (Handschriften ETH). Er schreibt unter anderem: *„Sie nennen die Untersuchung der mechanischen Bedingungen der Überfalten spekulativ und außerdem müßig. ... Die erste Behauptung entspringt wohl dem Umstand, daß Ihnen diese Art geologisch zu denken neu und vorläufig unzugänglich ist“*. (OTTO AMPFERER war damals 31, ALBERT HEIM 57 Jahre alt). O. AMPFERER versuchte zu beweisen, daß die Überfalten mechanisch unmöglich seien; er bestand auch darauf, daß die Deckenmechanik der West- und der Ostalpen völlig verschieden sei.

Dieser Ton konnte ALBERT HEIM offensichtlich nicht erfreuen. In seiner *„Geologie der Schweiz“* (1922, S. 685–687) widmet er OTTO AMPFERER eine recht bössartige Polemik. O. AMPFERER wird später (1939, S. 337) klagen, daß ihm seine Arbeit von 1906 *„eine stille Beerdigung von Seiten EDUARD SUESS' und eine grobe Verhöhnung von Seiten ALBERT HEIM's“* eingetragen habe. ALBERT HEIM betont, daß die angenommenen Verschluckungszonen stets verborgen seien, die Wurzelzonen dagegen *„prachtvoll entblößt“*. Dabei sind gerade diese steilstehenden, extrem laminierten *„Wurzelzonen“* das schwächste Glied einer Gedankenkette, welche alle Decken als liegende Falten erklären will. Wir verstehen sie heute viel eher als Verbindungsstücke zwischen den überschobenen und den subduzierten, eben verschluckten, Teilen eines tektonischen Körpers.

Mit seinen Angriffen gegen die Überfaltungsthese rannte OTTO AMPFERER bei den Schweizer Geologen z. T. offene Türen ein. Zwar hielt ALBERT HEIM an seiner These fest, und auch EMILE ARGAND betrachtete die meisten Decken als Überfalten. Demgegenüber negierte H. SCHARDT und später vor allem R. STAUB (z. B. 1937) die Existenz von Verkehrt-schenkeln. Selbstverständlich gibt es in den Alpen Faltendecken (nappes de premier ordre von P. TERMIER, 1904) und reine Schubdecken. Die ersten treten vor allem in tieferen tektonischen Stockwerken auf, die anderen in höheren – wie in den Nördlichen Kalkalpen, dem Arbeitsgebiet OTTO AMPFERER's.

2. Auch OTTO AMPFERER's These der Deckenbildung durch Schweregleitung fand in der Schweiz wenig Anklang. Sein Versuch, diese Theorie auf die Glarner Decken anzuwenden, war allzu offensichtlich gescheitert (s. unten). Zwar gab es auch in der Schweiz, in den vierziger Jahren, eine kurzlebige Mode der Gleitdecken (z. B. M. LUGEON & E. GAGNEBIN 1941) – das letzte Bollwerk des Fixismus. Diese wurde aber nicht aus den Ostalpen, d. h. von OTTO AMPFERER, übernommen, sondern aus den französischen Westalpen (D. SCHNEEGANS 1938). Als zusätzlicher Faktor müssen gravitative Bewegungen natürlich berücksichtigt werden; aber als Hauptmotor kommen sie, nach der Ansicht fast aller heutiger Alpengeologen, gewiß nicht in Frage.

3. Auch in bezug auf die Bedeutung von Relief-Überschiebungen gingen die Schweizer Geologen weniger weit als OTTO AMPFERER. Einige Beispiele, die er aus den Nördlichen Kalkalpen anführt, sind eindrucklich; bei anderen ist es schwierig zu entscheiden, ob nicht alternative Lösungen

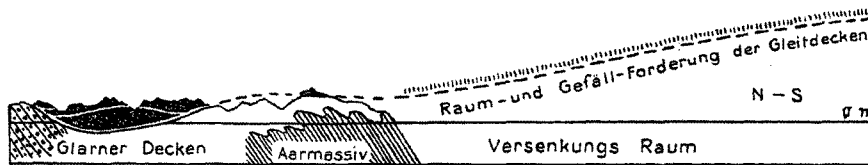


Fig. 2.

Skizze von OTTO AMPFERER (1934a, Fig. 6, S. 120). Text von O. A.: "Diese Zeichnung soll zeigen, wie groß etwa das Hinterland war, welches die Gleitdecken der Glarner Alpen zu ihrer Entstehung gebraucht haben und das später vollständig versenkt worden ist".

möglich seien. OTTO AMPFERER's unmögliche Publikationspraxis – viele kleine Schriften mit grob schematisierten Figuren und ohne Literaturverzeichnisse – trug auch nicht gerade zum Aufkommen einer Diskussion konkreter Punkte bei. 1908 weist er auf die These von ARNOLD HEIM (1906) hin, wonach die helvetischen Decken auf die vorhergehend erodierte subalpine Molasse aufgefahen seien. Diese Auffassung ist nach wie vor prüfenswert, und wir müssen OTTO AMPFERER zustimmen, wenn er vermerkt (1934 a, S. 110), daß "merkwürdigerweise diese wichtige Erkenntnis in der Schweiz ... nicht verwendet worden ist".

4. OTTO AMPFERER hat immer wieder, und zu Recht, auf die von E gegen W gerichteten Bewegungen, namentlich im Westteil der Alpen aber auch bis ins Helvetikum hinein, hingewiesen (z. B. 1939). Zweifellos haben die Schweizer Geologen die klaren Indizien für Westschub, welche schon A. ROTHPLETZ (1902) geltend gemacht hatte, allzu lange bagatellisiert und nur als sekundäre Nebenwirkungen des generellen Nordschubs betrachtet (s. auch Kap. 5). OTTO AMPFERER sah die Westbewegungen durchwegs als jünger an als die gegen N vergenten. Heute wird meist das Gegenteil angenommen: der Westschub soll den kretazischen, der Nordschub den tertiären Phasen entsprechen. Beide Deutungen sollten nicht absolut genommen werden. Die Auswirkungen der Kreide-Tektonik wurden im Westen zwar nicht negiert, aber in ihren Ausmaßen meist unterschätzt.

Zur Skepsis der Schweizer trug gewiß auch OTTO AMPFERER's Versuch bei, die Nördlichen Kalkalpen samt der Grauwackenzone, nördlich des Tauern-Fensters zu beheimaten. Man mußte eben, von Österreich aus, ins ferne Ausland, d. h. ins Fürstentum Liechtenstein und nach Graubünden, zwischen Rätikon und Engadin, gehen, um zu sehen daß die gesamten ostalpinen Decken samt den Kalkalpen über den penninischen Einheiten lagern. Auch die nachfolgende Doppelorogen-Theorie von ERNST KRAUS (1951) hätte impliziert, daß die Sulzfluh-Decke südvergent aufschiebend aus einer Narbenzone, etwa unter dem Klostertal, zu beziehen gewesen wäre. Paradoxerweise wurden die Lechtaler Alpen, wo OTTO AMPFERER in großartiger Klarheit den internen Deckenbau der Kalkalpen dargestellt hatte, in den fünfziger Jahren durch C. W. KOCKEL und seine Schule zum Tummelplatz der autochthonistischen, "gebundenen", Tektoniker (siehe dazu die Diskussionsbemerkung von E. SPENGLER in C. W. KOCKEL 1956).

5. Bei weitem die fruchtbarste Idee von OTTO AMPFERER (1906; O. AMPFERER & W. HAMMER 1911) ist die der Verschluckung von Krustenteilen in den Untergrund. Ursprünglich war sie eine Konsequenz der Gleitfalten-These: da die ursprüngliche Unterlage der Gleitdecken nicht mehr zu finden war, mußte sie irgendwohin verschwunden sein. Aber die Annahme von Gleitdecken ist für die Verschluckungshypothese nicht notwendig. Die Abwicklungsbreite im Niveau "Dach Grundgebirge" genügt nicht, um diejenige im "Dach Mesozoikum" zu kompensieren. Dies gilt nicht nur für die Kalkalpen sondern auch, vielleicht in noch klarerer Weise, für die helvetischen Decken. Ein Korrelat der Verschluckungs-

Theorie war die Annahme von Unterströmungen im "SiMa", wie sie auch von anderen, z. B. E. KRAUS (1951) und R. SCHWINNER (1936) postuliert wurden.

Die Verschluckungs-These wurde auch von Schweizer Geologen, namentlich JOOS CADISCH (1934; 1953, S. 279) ernsthaft diskutiert und positiv bewertet. Erst nach dem zweiten Weltkrieg erlebte sie eine glanzvolle Auferstehung. ANDRÉ AMSTUTZ (1951) führte den Terminus der "Subduktion" ein, der ursprünglich nichts anderes bedeutet als O. AMPFERER's Verschluckung von Krustenteilen (s. auch R. TRÜMPY 1975).

6. 1932 und 1933 hatte OTTO AMPFERER die Gelegenheit, Studien im bündnerischen Vorderrheintal durchzuführen. Die resultierenden Publikationen (1934a-c) fanden bei seinen Schweizer Kollegen wenig Anklang. Besonders gilt dies für seine "Gleitformung der Glarner Alpen". Sie enthält zwar einige wertvolle Gesichtspunkte; so erkennt OTTO AMPFERER (S. 115) "daß eine ältere, tiefgreifende Zerteilung in Schub- und Gleitdecken [Calanda-Phase nach heutiger Nomenklatur] von einer jüngeren Großbewegung [Ruchi-Phase] neuerdings ergriffen und ziemlich unverseht weiter vorwärts getragen wurde". Aber OTTO AMPFERER's Figur 6 (hier reproduziert als Abb. 2) führt zu einer absurden Konstruktion: man müßte ein Gebirge über Himalaya-Höhe aufbauen und darauf jegliche Erosion verbieten. OTTO AMPFERER betrachtet die Bergsturz Hügel bei Bonaduz als anstehende "Mylonite", was ihm zur Demonstration einer Reliefüberschiebung dient. Auch die Hauptmasse des Flimser Bergsturzes interpretiert er als Reibungsbreccien. Es war für J. OBERHOLZER & A. HEIM (1934) nicht schwer, OTTO AMPFERER's Thesen zu widerlegen.

7. Globalen Problemen hat OTTO AMPFERER nur wenige, aber gedankenreiche Schriften gewidmet. 1925 diskutiert er die Theorien von ALFRED WEGENER in durchaus positiver, wenn auch kritischer Weise. Er sieht die Notwendigkeit, "vor der Stirnfront [z. B. am Westrand der beiden Amerika] eine Einsaugung und hinter der Rückfront [z. B. im Atlantik] eine zugeordnete Aufquellung" anzunehmen (S. 675). Ein Artikel von 1941 bringt eine bemerkenswerte Zeichnung zum Spreading des Atlantik durch divergierende Unterströmungen (s. H. FLÜGEL 1984 und E. THENIUS 1984; vgl. auch A. HOLMES, Radioactivity and Earth movements, Glasgow 1928). Wegen des Krieges wurde diese geniale Vorwegnahme plattentektonischer Prozesse kaum beachtet und blieb lange vergessen.

Zweifellos haben die Schweizer Geologen zwar O. AMPFERER's Feldarbeiten hoch geschätzt, haben jedoch seine theoretischen Ansichten wenig, im Falle des Westschubs und vor allem der Verschluckung gewiß zu wenig beachtet. Es ist tröstlich, daß ein Schweizer, ALBERTO BALLY (in A. BALLY & S. SNELSON, 1980), diesem höchst originellen Forscher mit der A- oder Ampferer-Subduction ein Denkmal gesetzt hat.

4. RUDOLF STAUB (1890–1961) und seine Wirkung in Österreich

RUDOLF STAUB's geologisches Heimatland war Graubünden, zwischen dem Avers, der Val Bregaglia und dem unter-

ren Oberengadin. 1924 publizierte er seinen *„Bau der Alpen“* mit einer tektonischen Karte. 1926 folgten seine 25 Querprofile, eine großartige Leistung, die bis heute kaum ein anderer Geologe unternommen hat.

Für die Würdigung dieses Werkes verweisen wir auf RUDOLF TRÜMPY, 1991 b. In bezug auf die Westalpen folgt RUDOLF STAUB weitgehend den Synthesen von EMILE ARGAND (bes. 1911); die Behandlung der Ostalpen ist dagegen im wesentlichen neu. Die Entdeckerfreude bei der Exkursion mit LEOPOLD KOBER ins Tauernfenster (S. 71 ff.) vermittelt einen Eindruck vom Enthusiasmus und Optimismus jener Jahre. Die Arbeit von R. STAUB bildet ein extremes Beispiel des später so oft geschmähten *Zylindrismus*: er versucht, tektonische Einheiten aufgrund ihrer Geometrie, ihrer Stellung und ihres Gesteinsinhalts vom Mittelmeer bis nach Wien, über axiale Kulminationen und unter axialen Depressionen durch zu verfolgen. Diese Hypothese war ein notwendiger Schritt in der Entwirrung des Alpenbaues, auch wenn wir die Problematik der Deckenkorrelation heute differenzierter sehen. Sie hat zumindest den Vorteil – gegenüber dem anderen Extrem, den *Alpen als Chaos* – eine konkrete und allenfalls widerlegbare Diskussionsbasis zu schaffen.

RUDOLF STAUB, wie vor ihm schon P. TERMIER und E. SUESS, sieht West- und Ostalpen als ein zusammenhängendes Gebirge, mit einem einheitlichen Bauplan. Dies führt ihn u. a. dazu, die Bedeutung der kretazischen Deformationen vorerst zu unterschätzen (sie ist später, namentlich für die Westalpen, auch überschätzt worden).

In den dreißiger Jahren entstanden unter R. STAUB's Leitung Dissertationen im westlichen Teil des Tauern-Fensters (P. BLESER 1934, H. DÜNNER 1934, A. HOTTINGER 1934, H. DIETIKER 1936), die z. T. wertvolle Beobachtungen enthalten.

Die meisten ostalpinen Geologen blieben zunächst eher skeptisch gegenüber den Synthesen von RUDOLF STAUB und LEOPOLD KOBER. Sie beharrten auf der Eigenständigkeit der Ostalpen in bezug auf Entwicklung und tektonischen Bau. Was für die Westalpen gültig sein mochte konnte hier nicht angewendet werden. Ein bequemer Prügelknabe war der *„Nappismus“*; ironischerweise war dieser Terminus erstmals von einem Schweizer, ARMIN BALTZER, verwendet worden (H. FLÜGEL & R. TRÜMPY 1994). Wenn *„die Österreicher“* von *„den Schweizern“* schrieben, so meinten sie wohl in erster Linie RUDOLF STAUB. Um 1940 fühlten sich sogar verdiente Deckentektoniker wie OTTO AMPFERER und HANS PETER CORNELIUS bemüßigt, gegen den *„Nappismus“* aufzutreten. F. X. SCHAFER stellte 1940 fest, daß die Deckenlehre *„so gut wie erledigt“* sei – auf Grund welcher neuer Erkenntnisse?

RUDOLF STAUB's bedeutendster Mit- und Gegenspieler bei der Entwirrung des Baues der Ostalpen war zweifellos LEOPOLD KOBER (1883–1970). Seine erste Synthese stammt bereits aus dem Jahre 1912, dem gleichen Jahr wie wichtige feldbezogene Arbeiten in den östlichen Tauern. Sein Alpen-Buch erschien 1923, somit ein Jahr vor RUDOLF STAUB's *„Bau der Alpen“*. In bezug auf den Deckenbau der Alpen waren sich L. KOBER und R. STAUB grundsätzlich einig; Kontroversen betrafen Einzelprobleme, z. T. nomenklatorischer Natur, wie etwa die leidige Abgrenzung des *„Mittelostalpins“*. Beide hatten gründliche Felderfahrung, LEOPOLD KOBER in weiten Teilen der östlichen und zentralen Ostalpen, RUDOLF STAUB vor allem an deren Westrand. Beide besaßen schon in den zwanziger Jahren ein Auto, unternahmen ausgedehnte Reisen in die alpinen Gebirge und entgingen so der damals verbreiteten Gefahr des Provinzialismus. Beide versuchten auch, mit unterschiedlichem Erfolg, globale Probleme zu verstehen. In theoretischen Fragen gingen ihre Ansichten auseinander: LEOPOLD KOBER vertrat eine modifizierte Variante der Kontraktionstheorie, während RUDOLF STAUB dem Mobilismus von ALFRED WEGENER und EMILE ARGAND folgte. Er nahm

fast ausschließlich Nordbewegung an, in seinen späteren Arbeiten (z. B. 1951) in übertriebener Weise.

Der Bauernsohn LEOPOLD KOBER und der Fabrikantensohn RUDOLF STAUB hätten sich eigentlich gut verstehen müssen. Ihr Verhältnis war korrekt aber kaum freundschaftlich. Eine gewisse Konkurrenzsituation ist wahrscheinlich.

Eine aufrichtige Freundschaft verband RUDOLF STAUB dagegen mit OTTO AMPFERER (auch nach mündlicher Mitteilung von R. STAUB's Tochter, Frau ANNA MARIA RADICIONI in Genova/Genova, die ihn während seiner letzten Jahre in aufopfernder Weise unterstützt hat). Dies ist um so bemerkenswerter, als die Ansichten der beiden Geologen über den Bau der Ostalpen grundsätzlich verschieden waren. 1928 schrieb OTTO AMPFERER über die Konstruktionen von E. ARGAND, ALBERT HEIM, H. JENNY, L. KOBER und R. STAUB: *„so kann man nur staunen, daß es möglich ist, diese phantastischen Geschwülste für Abbildungen des wirklichen Alpenbaues zu halten“* (S. 327). 1930 kritisiert er STAUB's *„Bewegungsmechanismus“* (1928) als ein *„dicht verschlungenes Wirrsal von Mechanik“* (S. 331). Dieser Anwurf ist nicht ganz unberechtigt; Physik war nicht eine Stärke STAUB's, und sein Kräftepaar *Poldrift/Pollflucht* ist effektiv ein unmögliches *Perpetuum mobile*. Andererseits reproduziert OTTO AMPFERER 1937 und 1939 ein Profil STAUB's mit durchaus positiver Wertung. In diesem Profil räumte RUDOLF STAUB dem Bergeller Granitpluton eine weit übertriebene Ausdehnung in der Tiefe ein, was OTTO AMPFERER's Ideen über die Aufhebung in Verschluckungszonen entgegen kam. OTTO AMPFERER scheint sich in seinen späteren Schriften eher wieder mobilistischen Auffassungen zu nähern.

Noch in seinem (aber nur für Eingeweihte) lesenswerten posthumen Buch von 1971 setzt sich RUDOLF STAUB mit den Ansichten OTTO AMPFERER's auseinander. Durch gewagte Konstruktionen versucht er zu zeigen, daß die Abwicklungsbreite der Grundgebirgs-Decken doch derjenigen der Abscherungs-Decken gleichkommt.

In den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg hatte RUDOLF STAUB gute Beziehungen zu WERNER HEISSEL, ab 1958 Ordinarius am Institut für Geologie und Paläontologie in Innsbruck.

Während RUDOLF STAUB LEOPOLD KOBER in Achtung und OTTO AMPFERER in Freundschaft verbunden war, stand er mit der Grazer Schule, FRANZ HERITSCH (z. B. 1922) und ROBERT SCHWINNER, auf Kriegsfuß. Schon in seinem *„Bau der Alpen“* (S. 189–190) widmet er ihnen eine recht bösartige Polemik. Mit der Geologie der grünen Steiermark konnte er sich nie recht befreunden, obschon er etwa die Bedeutung des Stangalm-Mesozoikums klar realisiert hatte. Im Gespräch hörte ich (R. T.) von ihm, daß *„die Alpen am Katschberg enden“*⁶.

Die Beziehung von RUDOLF STAUB zu HANS PETER CORNELIUS wird im Kapitel 5 kurz erwähnt.

Im übrigen hatte RUDOLF STAUB eine echte Zuneigung zu den Bewohnern der Ostalpen, namentlich zu den Tirolern und Kärntnern. Auf Exkursionen wurden oft Lieder aus diesen Weltgegenden gesungen, darunter das schöne *„vom Peterl, der dem Malchus sei' Ohrwasch'n an der Wurz'n aussighaun hat“*. Die Verleihung der *Eduard-Suess-Gedenkmünze* (1957) bedeutete ihm sehr viel.

5. Die Österreicher in Graubünden

Aus der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg sollen hier drei Namen erwähnt werden: WILHELM HAMMER (1875–1942),

⁶ Vielleicht hat dieser Spruch sogar eine gewisse Berechtigung, indem die östlichen Ostalpen mindestens so enge Beziehungen zu den Westkarpaten wie zu den übrigen Alpen aufweisen.

ALBRECHT SPITZ (1883–1918) und HANS PETER CORNELIUS (1888–1950). Namentlich die beiden letztgenannten haben sehr wesentliche Beiträge zur Geologie des östlichen und südlichen Bündnerlandes erbracht. Alle drei waren mit der Geologischen Reichsanstalt bzw. Bundesanstalt verbunden; W. HAMMER war 1924–1935 ihr Direktor.

WILHELM HAMMER (1875–1942)

WILHELM HAMMER war ein Innsbrucker Studienkollege, Bergkamerad und guter Freund von OTTO AMPFERER (s. O. AMPFERER 1944). Sein zwischen 1908 und 1929 erschienenes Kartenwerk, welches große Teile der westlichen Zentralalpen (sensu austriaco) umfaßt, ist außerordentlich eindrucklich. Gebiete nahe der Bündner Grenze betrafen seine frühen Arbeiten am Ortler (1908 a) und in der Sesvenna-Gruppe (1907, 1908 b, 1910). Seine gründliche Monographie im Tiroler Anteil des Unterengadiner Fensters (1915) war, zusammen mit den Erläuterungen zu Blatt Nauders (1923), lange Zeit das beste verfügbare Dokument über diese Region.

Interessant ist der Alpenquerschnitt von O. AMPFERER & W. HAMMER (1911). Darin kommt auch der verschiedene Charakter der beiden Freunde zum Ausdruck. WILHELM HAMMER ist der vorsichtige, allen Theorien abhold Feldgeologe. Für das Unterengadin kommt er (S. 574–604) mit vielen Zweifeln zum „konservativen“ Schluß, das Gebiet der Bündnerschiefer als Einbruchs-Senke aufzufassen. OTTO AMPFERER's Ansichten (S. 683–709) sind dagegen kühner und weitblickender. Er bestätigt, wenn auch mit Vorbehalten, die von P. TERMIER (1904) propagierte Fensternatur des Aufbruches.

ALBRECHT SPITZ (1883–1918)

ALBRECHT SPITZ stammte aus Mähren und studierte in Wien bei VIKTOR UHLIG. Allzufrüh, im Alter von fünfunddreißig Jahren, starb er in einer Gletscherspalte oder unter einem Eisbruch nahe der damaligen Ortler-Front (O. AMPFERER 1918; G. DYRENFURTH 1919). Zusammen mit dem 1916 bei Verdun gefallenen JEAN BOUSSAC gehört ALBRECHT SPITZ zu den hoffnungsvollsten Alpen-Geologen unter den Opfern des Ersten Weltkriegs.

ALBRECHT SPITZ wurde vor allem durch die gemeinsam mit dem Deutschen GÜNTHER DYRENFURTH verfaßte Monographie über die Engadiner Dolomiten (1915) und die dazu gehörige Karte 1: 50 000 bekannt. Jeder, der in diesen schwierigen und damals abgelegenen Bergen zu tun hatte, kann über die Fülle und Stichhaltigkeit der Beobachtungen dieser beiden Forscher nur staunen. Namentlich die Zeichnungen und Profile von ALBRECHT SPITZ sind beispielhaft (s. Abbildung 3). Größere Modifikationen ergaben sich seither einzig in der Quattervals-Gruppe, wo ALBRECHT SPITZ und GÜNTHER DYRENFURTH Kalke und Kalk-Dolomit-Wechselagerungen innerhalb der Hauptdolomit-Formation als „*Rhät*“ bzw. „*rhätisch-norisches Grenzniveau*“ interpretiert hatten, trotz dem Vorkommen der typischen Hauptdolomit-Schnecke *Worthenia solitaria* (oder *W. songavatti*).

A. SPITZ und G. DYRENFURTH erkannten, daß die Klippen von Grundgebirge auf den Trias-Sedimenten der Engadiner Dolomiten (Schlinig-Decke und Münstertaler Deckschollen ihrer Nomenklatur) nur aus E eingeschoben sein konnten.

⁷ Man kann dieses Kompliment verschieden deuten. Laut Zeitungsberichten trat H. P. CORNELIUS schon 1933 der NSDAP bei, fiel jedoch 1942 wegen seiner Fürsprache für jüdische Geologen in Ungnade.

⁸ In jenen fernen Zeiten konnten kartierende Geologen noch Mineralien und Fossilien bestimmen.

Sie ordneten die ganze Tektonik dieser Gebirge dem E-W-Schub zu. Durch die Verfolgung von Faltenumbiegungen („*charnières*“) glaubten sie, gegen W konvexe Faltenbögen, die Rhätischen Bögen, feststellen zu können (s. auch G. DYRENFURTH 1919). Damit gerieten sie in Widerspruch zu vielen Schweizer Geologen, die nach wie vor einzig die S-N-Bewegung als dominierendes Phänomen gelten lassen wollten. RUDOLF OBERHAUSER (1991) hat das Verhältnis von N- und W-gerichteten Bewegungen in sehr übersichtlicher Weise dargestellt (s. auch Kap. 3). Es ist wohl allzu einfach, alle W-vergente den kretazischen und alle N-vergente den tertiären Deformationen zuzordnen. Daß die Diskussion um Bewegungsrichtungen und Kinematik auch im Arbeitsgebiet von A. SPITZ und G. DYRENFURTH heute noch weiter geht, zeigen z. B. die verschiedenen Auffassungen von S. SCHMID und seinen Mitarbeitern einerseits und Rudolf TRÜMPY andererseits (R. TRÜMPY et al., 1997).

Ein Nebenschauplatz dieser Kontroverse war der Sassalbo im Puschlav, eine Sedimentzone zwischen unter- und oberostalpinen (oder, wenn man so will, mittelostalpinen) Einheiten. ALBRECHT SPITZ und GÜNTHER DYRENFURTH (1913 b) sahen eine gegen W offene Umbiegung, RUDOLF STAUB (1920) trat für reine S-N-Bewegung ein. K. ZEHNDER (1975) kommt zu einer differenzierteren Bewertung.

HANS PETER CORNELIUS (1888–1950)

HANS PETER CORNELIUS (er nannte sich meist Peter, wie sein opernkomponierender Großonkel) stammte aus München und blieb zeitlebens seiner bajuvarischen Mentalität und Redeweise treu (s. MORITZ BLUMENTHAL 1951 und OTMAR KÜHN 1951). Er studierte in München, u. a. bei AUGUST ROTHPLETZ, in Freiburg/Breisgau und Zürich bei ALBERT HEIM und ULRICH GRUBENMANN, blieb aber stets ein unabhängiger Geologe und gehörte keiner „*Schule*“ an. Von 1928 bis 1945 war er Mitarbeiter der Bundesanstalt. H. P. CORNELIUS war, wie auch O. AMPFERER und W. HAMMER, ein ausgezeichnete Bergsteiger. M. BLUMENTHAL rühmt seine Bescheidenheit und seine Abneigung gegen „*politischen Flitter*“⁷.

Das bündnerische Hauptwerk von H. P. CORNELIUS ist die geologische Karte der Err-Julier-Gruppe (1932), mit den dazu gehörigen, sehr eingehenden Erläuterungen (1935, 1950, 1951). Sie betrifft mit der penninisch-ostalpinen Grenzregion ein eigentliches Schlüsselgebiet der Alpen mit komplexer Tektonik und einem extrem vielfältigen Spektrum an plutonischen, vulkanischen, metamorphen und sedimentären Gesteinen. Der Verfasser erweist sich als ein sehr sorgfältiger und ideenreicher Geologe mit guten Kenntnissen petrographischer Methoden⁸. Karte und Text lieferten eine solide Grundlage für die vielen Arbeiten, die seither in diesen faszinierenden Bergen durchgeführt wurden.

Wegweisend sind H. P. CORNELIUS' Ansichten über die alpine Metamorphose (1935, S. 309 ff.). Vor allen anderen hat er mit dem Aberglauben an eine primäre, „*geosynklinale*“ Metamorphose aufgeräumt, nicht nur in seinen eigenen Arbeitsgebieten in Graubünden und in den Hohen Tauern, sondern auch in den französisch-italienischen Westalpen (1930).

Fig. 3.

Entwürfe von ALBRECHT SPITZ zu den Profilen in A. SPITZ & G. DYRENFURTH, 1914. Berge nördlich des Ofenpasses in den Engadiner Dolomiten; SW ist links. Man erkennt den starren Oberbau von Hauptdolomit mit bedeutenden Abschiebungen, das inkompetente Niveau der Raibler Schichten (dunkel) und den gefalteten Unterbau (Unter- und Mitteltrias). Die Zeichnungen illustrieren A. SPITZ' Ringen um die wahrscheinlichste Konstruktion. [Originalzeichnung bei Ch. HAUSER, Geologische Bundesanstalt, aus dem Nachlaß O. AMPFERER's].

Merkwürdigerweise unterlief H. P. CORNELIUS bei der Interpretation der unterostalpinen Schichtreihe ein Irrtum, indem er - wie auch R. STAUB und J. CADISCH - die Breccien, Sandsteine und Siltschiefer der Saluver-Formation in die Kreide verwies. Dies ergab die unwahrscheinliche Konsequenz, daß der Radiolarit jünger als der Aptychenkalk sein mußte. Erst FRANZ ROESLI wies 1944 nach, daß die Saluver-Gesteine mitteljurassisches, prä- bis syn-radiolaritisches Alter besaßen. R. STAUB (1948) und H. P. CORNELIUS (1950, S. 262) taten sich schwer damit, die Umdeutung von F. ROESLI anzuerkennen; schließlich war dieser ja weder Professor noch Mitarbeiter der Bundesanstalt.

H. P. CORNELIUS' frühe Forschungen (1913, 1915) am Granitstock der Val Bregaglia (Bergeller Massiv) sind ebenfalls bemerkenswert. Er konnte schon damals nachweisen, daß die Platznahme der Granitoide nach der Hauptphase der alpinen Deckenbewegungen erfolgt war. Da diese zu jener Zeit ins Oligocaen (heute eher Eocaen) gestellt wurde, nahm er für die Intrusion miocaenes Alter an (effektiv ca. 30 Mio. J., d. h. Oligocaen). Er stellte den Zusammenhang mit den periadriatischen Massiven von W. SALOMON-CALVI (1898) fest. Offenbar hatte GUSTAV STEINMANN schon 1912, anlässlich einer Exkursion, das tertiäre Alter des Bergeller Stocks vermutet. Sehr fundiert ist H. P. CORNELIUS' spätere Arbeit (1928) über das Alter der Granite des Adamello und der Val Bregaglia.

Mit seiner Frau, der Triestinerin MARTHA FURLANI, fand HANS PETER CORNELIUS eine hervorragende Mitarbeiterin und begeisterte Feldbegleiterin. Ihre gemeinsamen Arbeiten betreffen vor allem die nord-südalpine Grenzregion außerhalb der Schweiz.

HANS PETER CORNELIUS besaß eine umfassende Kenntnis des gesamten Alpenbogens, von den Westalpen bis an den Alpenostrand. Seine *„Vorgeschichte der Alpenfaltung“* (1925) ist eine hervorragende Zusammenfassung.

H. P. CORNELIUS' Beziehungen zu seinen Schweizer Kollegen waren unterschiedlich. Mit PAUL ARBENZ und JOOS CADISCH verstand er sich, zumindest in wissenschaftlicher Hinsicht, offenbar recht gut. Auch die Schweizerische Geologische Kommission, unter dem Vorsitz von AUGUST BUXTORF, hat ihn tatkräftig unterstützt, so durch die Herausgabe seiner letzten Werke. Gespannter war schon das Verhältnis zu seinem Terrain-Nachbarn RUDOLF STAUB. Dieser konnte die Erfolge eines *„Ausländers“* in 'Seinen' Bündner Bergen nur schwer verwinden. In H. P. CORNELIUS' Arbeiten finden sich einige Nadelstiche gegen RUDOLF STAUB. Oft sind sie berechtigt; seit den dreißiger Jahren konnte H. P. CORNELIUS mehr Zeit für seine Felduntersuchungen aufwenden als der mit vielen anderen Verpflichtungen, u. a. als Experte bei Kraftwerkbauten, belastete RUDOLF STAUB.

Die Österreicher, welche nach dem zweiten Weltkrieg in Graubünden tätig waren, erwähnen wir anhangsweise. WALTER MEDWENITSCH (1953, 1962) führte wertvolle Studien im östlichen Unterengadiner Fenster, dem früheren Gebiet von WILHELM HAMMER, durch. Der originelle, früh verstorbene PETER SCHLUSCHE arbeitete ebenfalls im Unterengadin, wo er rezente tektonische Bewegungen geltend machte. Leider hat er fast nichts veröffentlicht. Von den Lebenden nennen wir nur INGOMAR THUM (1970; I. THUM & W. NABHOLZ 1972).

6. Die Schweizer in Vorarlberg

Vor Einführung der Deckenlehre

Vor dem Durchbruch der aus den Westalpen kommenden Deckentheorie waren sich die Geologen beider Länder in der Beurteilung der Verhältnisse an der Ost - Westalpen Grenze

weitgehend einig. So sah B. STUDER in seiner Geologie der Schweiz 1851 und 1853 in der Zentralmasse der Silvretta eine kristalline Fächerstruktur, welche nicht dem allgemeinen Streichen des Alpengebirges folgt und über den Alpenkalk namentlich nach Westen vorgreift. A. ESCHER von der LINTH 1853 gibt den ersten großen Überblick und klärt in den Grundzügen die stratigraphischen Zusammenhänge, vor allem für das Helvetikum.

Bevor wir zum Thema *„Die Schweizer in Vorarlberg“* zurückkommen, wollen wir die Sicht auf die Ost - Westalpen Grenze von Wien bzw. von Innsbruck aus beleuchten. So sahen auf ihren Bereisungen, aufbauend auf Arbeiten von B. STUDER 1851 und 1853 sowie von G. THEOBALD 1864-1866, die österreichischen Forscher E. v. MOJSISOVICS 1873 oder C. DIENER 1891 und andere das Ostalpin mit dem Gneisgebirge von Verwall und Silvretta als fest im Untergrund verwurzelt und mit den vorgelagerten Kalkalpen an der Rheinlinie endend. Ebenso sahen sie keine Fortsetzung der kristallinen Zentralmassen der Westalpen in die Ostalpen. Als Rätikon-Umgrenzung werden drei dem Schichtstreichen parallele Bruchlinien gesehen, welche nach Süden gegen das Flyschgebiet des Prätigaus und gegen Westen und Norden gegen die Flysche Liechtensteins und Vorarlbergs abgrenzen. Letztere werden als Tertiär-zeitliche Jungschichten der Kalkalpenzone der Nordschweiz betrachtet, die man heute Helvetikum nennt. Beide zusammen mit vorliegender Molasse sah man durch das Kreide- und Flyschgebiet des Bregenzerwaldes weiterstreichen und in die ostalpine Sandsteinzone übergehen.

Wenn auch Bemerkungen wie jene von G. STACHE 1873, daß die Liasschiefer von Nauders - Prutz vollkommen den Kalkphylliten des Brenners gleichen, vielleicht nachdenklich machten, so wählte sich die Mehrheit der österreichischen Alpengeologen hinter festgefügtten Mauern und übersah das Wetterleuchten der aus dem Westen andrängenden Deckentheorie.

So erfreute sich J. BLAAS, Ordinarius für Geologie in Innsbruck, in einem zum 50-jährigen Jubiläumsfest der Geologischen Reichsanstalt in Wien gewidmeten 50-Jahre Literatur-Referat für Tirol und Vorarlberg an den lichtvollen wie kühnen Ideen von E. SUSS 1875 *„Zur Entstehung der Alpen“* (S. 137, 138) sowie 1885-1888 an jenen *„Zum Antlitz der Erde“* (S. 213), meinte aber, *„daß seine Ideen nicht selten im kühnen Flug über den festen Boden der Tatsachen hinwegführen“* (siehe dazu Kapitel 2). Auch fanden damals in Innsbruck neue Erkenntnisse über die periadriatischen Granite oder über das Eiszeitalter zunächst mehr Aufmerksamkeit wie jene aus Frankreich über die Schweiz eindringende neue Sicht der Alpentektonik.

Neotektonische Fragestellungen werden eher beachtet. So läßt ihn die Meinung von ALBERT HEIM 1894, daß in der älteren Interglazialzeit das Alpengebirge im Norden um ungefähr 300 und im Süden um ungefähr 400 m abgesunken sei und dadurch die alpinen Randseen wie der Bodensee und der Gardasee entstanden seien, bemerken (S. 256): *„ALBERT HEIM's Schrift über die Entstehung der alpinen Randseen wäre von großer Bedeutung, wenn seine Ausführungen nicht ohne begründeten Widerspruch bleiben sollten“* - welcher dann nicht ausblieb. Immerhin wird aber noch in den letzten Textzeilen des erwähnten Literaturreferates (S. 296, 297) erstmalig auf den Überschiebungsbau des Ostalpins hingewiesen.

So berichtet er über *„die Enthüllungen über die Tektonik der Nordalpen am Rhein“* von Ch. TARNUTZER & A. BODMER-BEDER (1899) und vor allem von A. ROTHPLETZ (1899), welche die westvergente Überschiebung der ostalpinen Gesteine von Rätikon und Silvretta über vorarlbergerischen Flysch

und Helvetikum aufzeigen und damit auch für Vorarlberg das Jahrhundert der Deckentheorie und später der Plattentektonik ankündigen.

Eine erste Einbeziehung des Helvetikums in Vorarlberg in die Landesaufnahme durch die Geologische Reichsanstalt in Wien erfolgte durch den daneben auch in den Südalpen arbeitenden MICHAEL VACEK, der 1879 zusammenfassend publizierte. In dieser von ARNOLD HEIM (1933, S. 1) als grundlegend bezeichneten Arbeit machte er wertvolle stratigraphische Beobachtungen, erkannte den Fazieswechsel quer zu den Falten und zeichnete eine sehr ansprechende Tafel mit Profilschnitten. Diese decken das Helvetikum vom Rheintal bis an die bayerische Grenze ab. Über seine kritische Haltung zur aufkommenden Deckentheorie berichtet R. TRÜMPY an anderer Stelle (Kapitel 2). Der Rheintal-Anteil für die Sântis-Monographie von ALBERT HEIM stammt von E. BLUMER (1905, 1922). Auch der ROTHPLETZ-Schüler Gero von MERHART aus Bregenz wäre hier zu nennen.

Molasse, Helvetikum und Flysche aus der Sicht der Deckenlehre

Von seinem Vater ALBERT HEIM in Theorie und Praxis der Geologie eingeführt, wandte sich ARNOLD HEIM (1882–1965), nachfolgend seiner Dissertation über das westliche Sântisgebirge der Bearbeitung der Churfürsten – Mattstock Gruppe, in den zwanziger und in den frühen dreißiger Jahren der Molasse und dem Helvetikum Vorarlbergs zu, wiewohl ihm seine geologischen Aktivitäten in aller Welt dafür nur wenig Zeit ließen. Er wies SIEGFRIED FUSSENEGGER, der ihn oft im Felde begleitete, sowohl in die Geologie als auch in wissenschaftliche Sammeltätigkeit ein. Aufgrund der dabei geborgenen reichen Fossiltschätze konnten seine paläontologischen Mitarbeiter E. BAUMBERGER, H. G. STEHLIN und OTTO SEITZ genaue Einstufungen erbringen.

Für den opferbereiten Idealisten SIEGFRIED FUSSENEGGER, über den ich (R. O.) ARNOLD HEIM auch persönlich kennen lernen durfte, entstand so *„sein Museum“*: die spätere Vorarlberger Naturschau in seiner Heimatstadt Dornbirn (siehe dazu G. FRIEBE 1999, dieser Band)! Nach seinem Tode 1967 von WALTER KRIEG bis 1993 geleitet und seither von MARGIT SCHMID mit GEORG FRIEBE als mitarbeitendem Geologen, war die Naturschau sowohl als Tagungsort, als auch für die in Vorarlberg arbeitenden Geologie-Studenten ein gerne genutzter Stützpunkt, namentlich auch für jene aus Zürich.

Für die Molasse westlich der Bregenzer Ach erstellte ARNOLD HEIM 1928 eine erste moderne Bearbeitung. Seine prachtvolle Graphik klärt auf. Jedoch ist der unmittelbare Alpenrand an der Bödelestraße in bezug auf die Molasse nicht so kompliziert, wie von ihm dargestellt. Es liegt hier nach der bayerischen Art ein normal stratigraphisch aufsteigender Anschluß vor, wenn auch mit einer tektonischen Kontaktfläche alpenwärts. Ähnliche schräg nach oben austreichende Kontaktflächen finden sich zwischen den einzelnen Molasseschuppen. Östlich der Bregenzerach bearbeitete FRANZ MUHEIM 1934, in engem Kontakt mit Max RICHTER, die östlichen Fortsetzungen der Molasse in Richtung Allgäu.

Über Jura und Unterkreide des Helvetikums veröffentlichte ARNOLD HEIM monographisch im Jahre 1933 seine richtungsweisende Arbeit. Klassisch ist in ihr unter vielen anderen auch der Schnitt durch die Mittagsfluh des Jura-Aufbruches im Hinteren Bregenzerwald mit der nachfolgenden Darstellung der Jaghausen-Schuppe und des Malm-Fossilpunktes an ihrer Südseite. Ebenso sind es auch die Schnitte durch die unzugänglichen Abstürze des Breiten Berges und den anschließenden Kühberg bei Dornbirn. Sie

konnten erst, nach einer Klarstellung der Stratigraphie nach mühsamer Bergung von Ammoniten durch SIEGFRIED FUSSENEGGER z. T. aus Sturzblöcken, gezeichnet werden.

In den Bemühungen zur Aufklärung der Stratigraphie der invers liegenden Unterkreide von Hohenems bis Klien vor Dornbirn führten jedoch widersprüchliche stratigraphische Aussagen von Flachwasser-Bivalven und Echiniden in den Talrandfelsen des Schloßberges zunächst noch in die Irre. Endgültige Aufklärung erbrachten hier die Ammonitenfunde von GEORG WYSSLING 1986, der auch den Teildecken-Bau des Vorarlberger Helvetikums 1984 klar stellte, sowie die Mikropaläontologie. Auch H. FRÖHLICHER 1960 konnte bei Götzis korrigieren.

Die Mittlere Kreide beschrieb ARNOLD HEIM monographisch 1934. Über eine allgemeine geologische Befassung weit hinausgehend, konnte er in dieser Arbeit den von ihm in die Literatur eingeführten Begriff der *„Stratigraphischen Kondensation“* vorführen. Dies anhand der Phosphoritknollen-Horizonte der Unter- und Mittelkreide des Helvetikums, die sammeltechnisch oft nicht trennbare Ammoniten-Faunen verschiedener Zonen einerseits des Valang – Hauterive – Unterbarreme und andererseits des Apt – Alb beinhalten.

Weiteren Fortschritt bezüglich dieser Problematik erbrachten erst wieder Aktivitäten der Züricher Institute (G. WYSSLING 1986 sowie K. B. FÖLLMI und P. J. OUWEHAND 1987). Letztere führten für den Gault des Helvetikums den Namen *„Garschella-Formation“* ein.

Auf der Hohen Kugel bestätigte ARNOLD HEIM die von PAUL MEESMANN 1926 bekannt gemachten Vorkommen von Mittelkreide einer Ultrahelvetischen Schubmasse, die dieser Hochkugeldecke nannte. Ihre ultrahelvetischen Anteile wurden später in die im Allgäu definierte Liebensteiner Decke einbezogen. Daß Nord-Süd Abgleitungen im Eozän-zeitlichen Meer an ihrem Aufbau Anteil haben können, zeigen P. FELBER & G. WYSSLING (1979, S. 706, 712).

Die Deckengrenze zum überlagernden Rhenodanubischen Flysch des Gipfels der Hohen Kugel erkannte als erster ERNST KRAUS 1932a, während die Schweizer Forscher immer noch stratigraphisch überlagernden Tertiärflysch vermuteten.

Neben der zeitlos aktuellen Dissertation von PAUL MEESMANN 1926 aus Basel, welche den Hohen Kasten mit dem Gebiet von Götzis verbindet, sind für den Freschen-Stock noch die Züricher Arbeiten von HENRI GEORGE SAX und HERMANN WILLY SCHAAD, beide 1925, wichtig.

Eine Bearbeitung der Jungschichten von Oberkreide- bis Eozän Alter konnte ARNOLD HEIM, trotz intensiver Befassung, vor Beginn des zweiten Weltkriegs nicht mehr gelingen. Dies darum, weil er zu lange nicht bereit war, von der Vorstellung einer normal stratigraphischen Auflagerung der Flysche Abstand zu nehmen. Schrieb er doch noch 1923 vom Problem der Kreide-Nummuliten. So hatte er nach dem zweiten Weltkrieg nicht mehr die Kraft, und sicher auch nicht die Zeit, über die Jungschichten des Helvetikums in Vorarlberg zu publizieren. Es konnte ja auch eine unbedingt nötige gründliche mikropaläontologische Befassung nicht mehr nachgeholt werden.

In diese Bemühungen mit einbezogen, konnte ich (R. O.) noch für ihn die Seewerkalke des Falkenberg nördlich Götzis für seine Arbeit im Jahre 1958 mikropaläontologisch durcharbeiten. Auf seinen letzten Exkursionen im Helvetikum in Vorarlberg konnte ich ihn noch begleiten. Dabei und bei Besuchen in Zürich erlebte ich ihn auch als Menschen. Konsequenter vegetarisch und feinsinnig sich als Teil der Natur erlebend, konnte ich die von ihm (1933, S. VI) beschriebenen Sonnenuntergänge am Hohen Freschen mit ihm wiedererleben und im Jahre 1962, als er mit seiner Frau Elisabeth als Achzigjähriger die Scesaplana im Rätikon bestieg, dabei sein.

Schon vorher für einen Vortrag bei der Geologischen Gesellschaft in Wien zu Gast, unterhielt er bei der Nachsitzung im Rathauskeller mit Vogelstimmen, was dann PETER BECK-MANNAGETTA in gleicher Weise antworten ließ.

Anders als in Österreich, wo Vertreter der mikropaläontologischen Elite, wie u. a. M. GLÄSSNER oder A. LIEBUS außerhalb der Grenzen des heutigen Österreich verblieben, oder wie R. J. SCHUBERT (vgl. I. ZORN 1999) und andere nicht aus dem Kriege zurückkamen, war ja die Mikropaläontologie in der Schweiz während der Zwischenkriegs- und Kriegszeiten viel weiter vorangekommen.

So hatte HANS BOLLI (1944), ausgehend von einer Bearbeitung der Seewerkalke in der Ostschweiz, hierfür wegweisend zur Globotruncanen-Stratigraphie beigetragen und bedauerte in seiner Arbeit (S. 292), die Fundpunkte der von L. RIEDEL (1940) beschriebenen Ammoniten und Inoceramen aus den Bregenzerach-Schichten bei Egg nicht einbeziehen zu können.

Flysche und Ostalpin aus der Sicht der Deckenlehre

Wenn auch die Annahme einer Kreide-zeitlichen Sedimentation des Vorarlberger Flysches durch E. KRAUS und M. RICHTER, im Vergleich mit den Flyschen Bayerns und des östlichen Österreich, schon länger vorher erfolgte, war seine genaue Einstufung das Verdienst jüngerer Forscher wie FRANZ ALLEMANN, RUDOLF BLASER und PAUL NÄNNY. Vor allem W. LEUPOLD verdanken sie die Unterweisung in Mikropaläontologie; er wies auch mit seiner Arbeit von 1943 in der Tektonik neue Wege, dies auch das Ultrahelvetikum und den Flysch in Vorarlberg betreffend.

So kam der mikropaläontologisch unterstützte Fortschritt in der Flyschforschung nach dem Kriege, in erster Linie Dünnschliffe bearbeitend, aus der Schweiz. Die nachfolgend einsetzende, mehr auf die schlammende Gesteinsaufbereitung orientierte Mikropaläontologie, gefördert durch die neu einsetzende Erdölsuche, kam auch fast gleichzeitig aus Wien und aus Deutschland (vgl. R. OBERHAUSER 1963).

Als kaum erreichbares Vorbild im Rahmen der Erforschung des Ostalpen – Westendes figuriert die Bearbeitung des Fürstentums Liechtenstein durch die Berner Geologen (F. ALLEMANN 1957, F. ALLEMANN et al. 1953, 1985).

Bedeutende Fortschritte zur Kenntnis des Penninikums und zu seinen Beziehungen zu den unterlagernden Helvetischen und den überlagernden Ostalpinen Decken erbrachte in den Zwischenkriegsjahren MORITZ BLUMENTHAL. Folgend dem Erstentdecker A. ROTHPLETZ, 1902 und 1905, veröffentlichte er 1926 eine umfassende tektonische und stratigraphische Bearbeitung über das Fenster von Gargellen, wobei bereits doppelkeilige Globotruncanen in den Dünnschliffen für eine Einstufung in die Kreide verwendet wurden. Er berichtete 1936a im Jahrbuch der Naturforschenden Gesellschaft in Graubünden über die Gliederung des Ostalpinen Deckenkerns im Osträtikon, in den Eclogae (1936c) über die Allgäudecke im Großwalsertal und bietet zugleich im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (1936b) für den Grenzbereich Bregenzerwald – Allgäu einen großartigen Kulissenschnitt von der Feuerstätter Klippenzone durch Helvetikum und Flysch bis in die Kalkalpen. Die von ERNST KRAUS und MAX RICHTER betriebene Zweiteilung des Flysches des südlichen Rahmens des Helvetikum-Halbfensters östlich des Rheins wird dabei für den Bregenzerwald verworfen, was dann FRANZ ALLEMANN, RUDOLF BLASER und PAUL NÄNNY 1951 durch mikropaläontologische Dünnschliff-Bearbeitung bestätigen konnten. Sie folgten dabei ihren grundlegenden Arbei-

ten im Prätigau und in Liechtenstein. Wichtige Anregungen für das Verständnis der Flysche Vorarlbergs erbrachte auch R. HERB 1962.

MORITZ BLUMENTHAL (1886–1967) stammte aus einer Graubündner Patrizier-Familie aus Surcasti im Lugnez, wo er auch begraben liegt. Er studierte in Wien, Leipzig und Zürich und war mit HANS PETER CORNELIUS seit der Studienzeit befreundet. Nachfolgend erdölgeologische Tätigkeit in Indonesien, auf den Philippinen und in Venezuela. Ab 1924 war er als freier Wissenschaftler in den Alpen und daneben in fast allen Anrainerstaaten des Mittelmeeres tätig. In den Jahren 1952 bis 1955 hatte ich (R. O.) ihn kennengelernt, als ich in Ankara für den türkischen Geologischen Dienst als Mikropaläontologe arbeitete. Ich erlebte ihn als einen bescheidenen und geradlinigen Menschen, der zielstrebig als Forschungsreisender mit Diener durch die Berge des Taurus zog. In Ankara residierte er in der Altstadt in einem Hotel aus osmanischer Zeit, immer ohne Verzug von einem Diener mit heißem Tee und türkischen Keks bedient.

Seine Tagebücher voll mit druckreif gezeichneter Graphik zur Hand, diskutierten wir beim Mikroskop die Aussage der Foraminiferen-Schnitte in den Dünnschliffen seiner Gesteinsproben. Er ließ mich so freundlich Anteil nehmen an seiner Wahrheitssuche für unsere Wissenschaft.

Nachfolgend einer *“cum laude”* Dissertation über die Klippen der Mythen und Rotenfluh bei HANS SCHARDT in Zürich 1919, forschte G. SMIT SIBINGA von Amsterdam aus mit seinen Studenten von 1954 bis zu seinem Tode im Jahre 1963 im Quartär Vorarlbergs. Er begründete so eine bis heute sehr aktive niederländische Schule der Quartärforschung in den Alpen mit Hauptstützpunkten in Vorarlberg.

An Schweizer Dissertanten ist zunächst DANIEL TRÜMPY 1916 zu nennen. Auf seiner Arbeit fußt die tektonische Unterteilung des westlichen Rätikon. Er nimmt einen SE–NW Schub des Ostalpins an, worin ihm auch Willy OTTO LEUTENEGGER 1928 folgt, der jedoch für den Hochrätikon noch ein E–W gerichtetes Nachdrängen des kristallinen Deckenkerns annimmt, dies jedoch nicht im Sinne von OTTO AMPFERER 1932. Denn dieser nimmt für das Kristallin mit den Sedimenten zusammen eine spät Tertiär-zeitlich West-vergent aufschiebende Tektonik an. ARNOLD STAHEL 1926, JACOB VERDAM 1928 sowie CHRISTIAN SCHUMACHER 1929 trugen ebenfalls bei. Letzterer stammte aus Sargans und studierte Bergbau an der Technischen Hochschule in Berlin. Er kartierte im Einvernehmen mit dem Institut in Zürich den nördlichen Anschluß an die Falknis-Karte von DANIEL TRÜMPY bis Feldkirch. Er befaßte sich auch gründlicher mit dem Vorarlberger und Liechtensteiner Flysch, wiewohl er die Altersfragen noch nicht abklären konnte. So beachtete er die Arbeiten von Th. FUCHS 1885 und R. RICHTER 1928, in denen die Fukoiden schon richtig als Hinterlassenschaften von Wurmbauten gedeutet werden.

Im Jahre 1937 wurde OTTO AMPFERER's Blatt Stuben 1:75 000 gedruckt, für das sein Neffe OTTO REITHOFER die Bearbeitung des Silvrettakristallins beitrug, J. CADISCH, P. BEARTH, und F. SPÄNHÄUER veröffentlichten 1941 Blatt Ardez 1:25 000, welches grenzüberschreitend auch Teile der Hochsilvretta in Tirol und Vorarlberg mit betrifft. Über weitere Entwicklungen bei der Erforschung des Ostalpins, die hier im Westen Österreichs mit dem Lebenswerk von OTTO AMPFERER eng verbunden ist, wurde bereits im Kapitel 3 berichtet.

7. Nachwort und Ausblick

Nach dem zweiten Weltkrieg wurden die Kontakte allmählich wieder aufgenommen. Auf Schweizer Seite bemühten sich darum vor allem RUDOLF STAUB und JOOS CADISCH sowie

dessen Nachfolger WALTER NABHOLZ und FRANZ ALLEMANN.

Für die jüngere Vergangenheit erwähnen wir in den Kapiteln 5 und 6 nur Stichworte, im wesentlichen Literaturangaben. Einzig die Bedeutung zweier Österreicherinnen für die Entwicklung der Geologie in den Alpen und speziell auch in der Schweiz sei hier kurz hervorgehoben.

GERDA WOLETZ (*1916)

GERDA WOLETZ studierte in Wien und schrieb eine Dissertation über die Sande der aus dem Böhmischem Massiv abfließenden Kamp. Sie fand 1942 eine Anstellung an der damals "Zweigstelle Wien des Reichsamtes für Bodenforschung" genannten Geologischen Bundesanstalt. Mit Arbeiten für die Erdölexploration befaßt, erlebte sie die Kriegsläufe mit Auslagerung, Bombardierung etc.

Nachher am Wiederaufbau mitwirkend, wandte sie sich, neben ihrer Arbeit als Redakteurin der Zeitschriften des Hauses, der Schwermineral-Analyse der Sedimentgesteine zu. Sie beschränkte sich dabei auf die Korngröße von 0.05 bis 0.1 mm, welche sich als diagnostisch besonders günstig erwies und zudem rasch arbeiten ließ. So gelang es ihr in Zusammenarbeit mit den kartierenden Geologen und stratigraphisch einstuftenden Mikropaläontologen, namentlich in den Kreide- und Alttertiär-Sedimenten, weiträumig charakterisierende Unterschiede im Schwermineralgehalt festzustellen. So konnten Fragestellungen wie, ob etwa bei Windischgarsten ein Flyschfenster vorlag oder eine versenkte Gosau, rasch beantwortet werden. Dabei erwies es sich als besonders glücklicher Umstand, daß sie den sonst als "opak" zu den Erzen gestellten Chromit von Anfang an mit auszählte, da er, wie wir heute vermuten, als Hinweis auf Sedimentlieferung aus obduzierten Ophiolithen gelten kann. Ihre erfolgreiche Befassung mit der Gosau und den Flyschen Österreichs regte vergleichende Aufsammlungen auch in der Schweiz an und führte zu engeren Kontakten zu Kolleginnen und Kollegen dort, namentlich in Bern.

EMILIE JÄGER (*1926)

EMILIE JÄGER hat in Wien zuerst Chemie, dann Petrographie studiert. 1952 kam sie nach Bern, wo sie den bedeutenden Atomphysiker W. G. HOUTERMANS traf. Ende der fünfziger Jahre wurde, auf Initiative von ERNST NIGGLI, eines der frühen Geochronologie-Labors eingerichtet. Frau EMILIE JÄGER entwickelte dort eine außerordentlich fruchtbare Tätigkeit und wurde zur eigentlichen Begründerin der alpinen Geochronologie. Zusammen mit ihren Mitarbeitern stellte sie das Abkühlalter-Modell für Rb-Sr auf. Auch beim Aufbau eines Labors in Wien spielte sie eine wesentliche Rolle.

An die Stelle der vielen "Mißverständnisse" der ersten Jahrhunderthälfte ist heute eine ersprißliche Zusammenarbeit getreten. Zur Zeit, als die Verhältnisse an den österreichischen Hochschulen noch schwierig waren, studierten junge Österreicher gerne in der Schweiz bzw. konnten sich dort nach ihrem Studienabschluß in Österreich weiterbilden und vielfach auch beruflich Wurzeln schlagen.

Das Wirken österreichischer Professoren an Schweizer Hochschulen – neben EMILIE JÄGER sind HERBERT GRUBINGER und VOLKMAR TROMMSDORFF zu nennen – trug ebenfalls zu einem besseren Verständnis bei. Geologen aus den beiden Ländern arbeiteten gemeinsam in anderen Weltgegenden, so im Iran und im Himalaya. Wir nennen nur JOVAN STÖCKLIN, AYMON BAUD und ANTON RUTTNER sowie AUGUSTO GANSSER, WOLFGANG FRANK und GERHARD FUCHS:

Nach Wien wurden ADRIAN SCHEIDEGGER und JEAN SCHNEIDER berufen. In den oberösterreichischen Kalkalpen arbeite-

te ERNST GASCHE aus Basel und, von ihm eingeführt, betrieb dort LOUISETTE KOEHN-ZANINETTI aus Genf Studien an Triasforaminiferen.

Neid und Überheblichkeit, die wir im Kapitel 1 apostrophierten, sind nur noch unterschwellig, in Wirtshausgesprächen, verspürbar. Sie betreffen aber glücklicherweise meist nur so furchtbar wichtige Themen wie Tennis- oder Schisport (zumindest in diesem Winter 1998/1999).

Dank

Ohne Unterstützung durch die Handschriften-Sammlungen der ETH- und der Zentralbibliothek in Zürich sowie die Hilfe von Bibliothek und Archiv der Geologischen Bundesanstalt in Wien, wo TILLFRIED CERNAJSEK und ALBERT SCHEDL wertvolle Quellen erschlossen, hätte diese Arbeit nicht verfaßt werden können. Auch CHRISTOPH HAUSER stellte Unterlagen aus seinem privaten Archiv zur Verfügung und führte die EDV-Bearbeitung des Textes und der Abbildungen durch. Ihnen allen gebührt unser Dank.

Literatur

- ALLEMANN, F.: Geologie des Fürstentums Liechtenstein (südwestlicher Teil) unter besonderer Berücksichtigung des Flyschproblems. – Jb. Hist. Ver. F. Liechtenstein, **56**, 9–244, Schaan 1957.
- ALLEMANN, F. et al.: Geologische Karte des Fürstentums Liechtenstein 1:25 000, Vaduz 1985.
- ALLEMANN, F., BLASER, R. & NÄNNY, P.: Neuere Untersuchungen in der Vorarlberger Flyschzone. – *Eclogae geol. Helv.*, **44/1**, 159–168, Basel 1951.
- ALLEMANN, F., BLASER, R. & SCHÄETTL, H.: Geologische Karte des Fürstentums Liechtenstein 1:25 000. – Vaduz 1953.
- AMPFERER, O.: Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. – Jb. k. k. Geol. R.-A., **539**–622, Wien 1906.
- AMPFERER, O.: Bemerkungen zu den von Arnold Heim und A. Tornquist entworfenen Erklärungen der Flysch- und Molassebildungen am nördlichen Alpenaume. – *Verh. k. k. geol. R.-A.*, Heft 8, 189–198, Wien 1908.
- AMPFERER, O.: Zur Erinnerung an Albrecht Spitz. – Jb. k. k. Geol. R.-A., **68/1**–2, 161–170, Wien 1918.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – Jb. geol. B.-A., **73**, 99–119, Wien 1923.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – 1. Fortsetzung. – Jb. geol. B.-A., **74**, 1–2, 35–73, Wien 1924.
- AMPFERER, O.: Über Kontinentverschiebungen. – *Die Naturwiss.*, **13**, Jg. Heft 11, 669–675, Berlin 1925.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. 2. Fortsetzung. – Jb. geol. B.-A., **76**, 1–2, 125–151, Wien 1926.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – 3. Fortsetzung. – Jb. geol. B.-A., **78**, 3–4, 327–355, Wien 1928.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – 4. Fortsetzung. – Jb. geol. B.-A., **80**, 1–2, 308–338, Wien 1930.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – 5. Fortsetzung und Schluß. – Jb. geol. B.-A., **81**, 3–4, 637–659, Wien 1931.
- AMPFERER, O.: Zur Großtektonik von Vorarlberg. – Jb. Geol. B.-A., **82**, 31–64, Wien 1932.
- AMPFERER, O.: Über die Gleitformung der Glarner Alpen. – *Sitz.-ber. Akad. Wiss. math.-natw. Kl. I*, **143**, 3–4, 109–121, Wien 1934a.
- AMPFERER, O.: Neue Wege zum Verständnis des Flimser Bergsturzes. – *Sitz.-ber. Akad. Wiss. math.-natw. Kl. I*, **143**, 3–4, 123–135, Wien 1934b.
- AMPFERER, O.: Tektonische Studien im Vorderrheintal. – *Sitz.-ber. Akad. Wiss. math.-natw. Kl. I*, **143**, 299–312, Wien 1934c.
- AMPFERER, O.: Über einige Grundfragen der Gebirgsbildung. – Jb. geol. B.-A., **87**, 3–4, 375–384, Wien 1937a.
- AMPFERER, O.: Wert der Geologie fürs Leben. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1–2, 89–98, Wien 1937b.
- AMPFERER, O.: Im Kampfe für Reliefüberschiebung und O-W Bewegung. – *Verh. Zweigst. Wien d. Reichsst. f. Bodenforsch.*, 1–10, Wien 1939.
- AMPFERER, O.: Gegen den Nappismus und für die Deckenlehre. – *Zeitschr. deutsch. geol. Gesell.*, 313–327, Stuttgart 1940.
- AMPFERER, O.: Gedanken über das Bewegungsbild des atlantischen

- Raumes. - Sitz.-ber. Akad. Wiss. Wien, math. natw. Kl., **150**, 1–2, 19–35, Wien 1941.
- AMPFERER, O.: Wilhelm Hammer†. – Mitt. alpenländ. geol. Ges. Wien, **35**, (1942), 305–314, Wien 1944.
- AMPFERER, O. & HAMMER, W.: Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. – Jb. k. k. Geol. R.-A., 574–603, 683–688, 697–709, Wien 1911.
- AMPFERER, O. & REITHOFER, O.: Geologische Spezialkarte der Republik Österreich 1: 75 000, Blatt 5144 Stuben. – Wien (Geol. B.-A.) 1937.
- AMSTUTZ, A.: Sur la zone dite des racines dans les Alpes occidentales. – Arch. Sci., **4**, 319, Genève 1951.
- ARCHIV der Schweiz. Landeshydrologie und -hydrogeologie. – In Memoriam Moritz Blumenthal 1886–1967, Bern 1968.
- ARGAND, E.: Les nappes de recouvrement des Alpes Occidentales. Essai de carte structurale 1:500 000. – Comm. géol. Suisse, Carte spéc., **64**, 1911.
- ARGAND, E.: Sur l'arc des Alpes Occidentales. – Eclogae geol. Helv., **14**, 1, 145–191, Basel 1916.
- ARNI, P.: Geologische Karte des Mittleren Rätikon 1: 25 000. – Diss. Zürich, 85 S., Zürich 1926.
- BALLY, A.: A geodynamic scenario for hydrocarbon accumulations. – Proc. 9th World Petr. Congr., 2, Applied Sci. Publ. Essex (GB), 33–44, 1975.
- BALLY, A. & SNELSON, S.: Realms of Subsidence. – Canad. Petr. Geol., **6**, 1980.
- BERTRAND, M.: Rapports de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord. – Bull. Soc. géol. France, (3), **12**, 318–330, Paris 1884.
- BLAAS, J.: Die Geologische Erforschung Tirols und Vorarlbergs in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: Eine Besprechung der gesamten geologischen Literatur dieses Gebietes und Zeitraumes. – 322 S., Innsbruck (Wagner'sche Univ.-Buchhandlung) 1900.
- BLESER, P.: Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern östlich der Brennerlinie. – 89 S., Luxemburg (Viktor Bück) 1934.
- BLUMENTHAL, M.: Das Fenster von Gargellen (Vorarlberg). – Eclogae geol. Helv., **20**, 40–78, Basel 1926.
- BLUMENTHAL, M.: Der Sedimentzug der Tschaggunser Mittagsspitze und die Gliederung des oberostalpinen Deckenkernes im Vorarlberger Rätikon. – Jb. d. naturforsch. Ges. Graubündens, N. F. **74**, Chur 1936a.
- BLUMENTHAL, M.: Kurze Notiz über die stratigraphisch-tektonische Aufteilung der ultrahelvetisch-austroalpinen Grenzzone in Vorarlberg und im Allgäu. – Jb. Geol. B.-A., **86**, 197–203, Wien 1936b.
- BLUMENTHAL, M.: Die Allgäu-Decke in den Bergen des Großen Walsertals (Vorarlberg). – Eclogae geol. Helv., **29**, 449–479, 2 Taf., 4 Textfig., Basel 1936c.
- BLUMENTHAL, M.: Zur Erinnerung an H. P. Cornelius. – Jahresber. Natf. Ges. Graubünden, **83**, 12–17, Chur 1951.
- BLUMER, E.: Östlicher Teil des Säntisgebirges, III Teil der Monographie von ALBERT HEIM: Das Säntisgebirge. – Beitr. geol. Karte Schweiz, NF, **16**, 518–638, 1905.
- BLUMER, E.: Notiz über die nördlichsten Kreideketten zu beiden Seiten des Rheins: Nachtrag geologische Monographie des Säntis-Ostendes. – Eclogae geol. Helv., **17/2**, S. 166–168, Basel 1922.
- BOLLI, H.: Zur Stratigraphie der Oberen Kreide in den höheren helvetischen Decken. – Eclogae geol. Helv., **37/2**, 217–328, 1 T., 16 Abb., Basel 1944.
- CADISCH, J.: Geologie der Schweizeralpen. – 383 S., Zürich (Beer) 1934.
- CADISCH, J.: Geologie der Schweizer Alpen. – 2. Aufl., 480 S., Basel (Wepf) 1953.
- CADISCH, J., BEARTH, P. & SPÄNHAEUER, F.: Geologischer Atlas der Schweiz 1: 25 000, Blatt 420, Ardez, mit Erläuterungen, Bern (Schweizerische Geologische Kommission) 1941.
- CORNELIUS, H. P.: Geologische Beobachtungen im Gebiete des Forngletschers (Engadin). – Centralblatt f. Min., 246–252, Stuttgart 1913.
- CORNELIUS, H. P.: Geologische Beobachtungen in den italienischen Teilen des Albigna-Disgraziamaassivs. – Geol. Rdsch., **6/3**, 166–177, Stuttgart 1915.
- CORNELIUS, H. P.: Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung. – Geol. Rdsch., **16**, Heft 5, 350–377 und Heft 6, 417–434, Stuttgart 1925.
- CORNELIUS, H. P.: Zur Altersbestimmung der Adamello- und Bergeller Intrusion. – Sitz.-ber. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Klasse, Abt. **1**, **137/8**, 541–562, Wien 1928.
- CORNELIUS, H. P.: Zur Frage der Beziehungen von Metamorphose und Tektonik in den französischen Alpen. – Mitt. Geol. Gesell., Wien, **23**, 142–151, Wien 1930.
- CORNELIUS, H. P.: Geologische Karte der Err-Julier-Gruppe 1:25 000. – Schweiz. Geol. Komm., Spezialkarte 115 A (Westblatt) und 115 B (Ostblatt); 1932.
- CORNELIUS, H. P.: Geologie der Err-Julier-Gruppe. – Beitr. geol. Karte d. Schweiz, N. F. **70**, 1. Teil: Das Baumaterial, 321 S., 1935.
- CORNELIUS, H. P.: Geologie der Err-Julier-Gruppe. – Beitr. geol. Karte d. Schweiz, N. F. **70**, 2. Teil: Der Gebirgsbau, 264 S., 1950.
- CORNELIUS, H. P.: Geologie der Err-Julier-Gruppe. – Beitr. geol. Karte d. Schweiz, N. F. **70**, 3. Teil: Quartär und Oberflächengestaltung, 75 S., 1951.
- DIENER, C.: Der Gebirgsbau der Westalpen. – 243 S., Wien (Tempsky) & Leipzig (Freytag) 1891.
- DIENER, C.: Nomadisierende Schubmassen in den Ostalpen. – Centralblatt f. Min., 161–181, Stuttgart 1904.
- DIENER, C., HOERNES, R., SUESS, F. E. & UHLIG, V.: Bau und Bild Österreichs. – 1110 S., Wien (Tempsky) & Leipzig (Freytag) 1903.
- DIETIKER, H.: Der Nordrand der Hohen Tauern zwischen Mayrhofen und Krimml. – 132 S., Zürich (Buchdruck Fluntern) 1938.
- DÜNNER, H.: Zur Geologie des Tauernwestendes am Brenner. – 134 S., 5 Taf., 1 Kte., Zürich (Buchdruck Winterthur) 1934.
- DYHRENFURTH, G.: Albrecht Spitz†. – Beilage zu: Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. **44**; 8 S., 1919.
- ESCHER, von der LINTH, A.: Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gebiete. – Neue Denkschr., Naturforsch. Gesell., **13**, Bern 1853.
- ESCHER, von der LINTH, A.: Bemerkungen über Versteinerungen von der Schesaplana und von Hall i. Tirol. – Zeitschr. deutsch. geol. Gesell., S. 519, Stuttgart 1853.
- ESCHER, von der LINTH, A.: [Sur la géologie du Canton de Glaris]. – Actes Soc. Helv. sc. nat., 50^{me} session, 71–75, Neuchâtel 1866.
- FELBER, P. & WYSSLING, G.: Zur Stratigraphie und Tektonik des Süd-helvetikums im Bregenzerwald (Vorarlberg). – Eclogae geol. Helv., **72/3**: 673–714, Basel 1979.
- FLÜGEL, H. W.: A. Wegener – O. Ampferer – R. Schwiner: The first chapter of the "New Globale Tectonic" [sic]. – Earth Sci. History (Troy, N. Y.) **3/2**, 178–186, 1984.
- FLÜGEL, H. W.: Wau-Wau- ein Freud'sches Kapitel österreichischer Geologiegeschichte. – Österreichische Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften, **12**, Heft 3–4, 102–112, Wien 1992.
- FLÜGEL, H. W. & TRÜMPY, R.: Ein Lied von Armin Baltzer (1906) und die Kritik am "Nappismus". – Eclogae geol. Helv., **87/1**, 1–10, Basel 1994.
- FÖLLMI, K. B. & OUWEHAND, P. J.: Garschella-Formation und Götztischichten (Apt – Coniacien): Neue stratigraphische Daten aus dem Helvetikum der Ostschweiz und Vorarlbergs. – Eclogae geol. Helv., **80/1**, 141–191, Basel 1987.
- FRIEBE, G.: Zur paläontologischen Erforschung Vorarlbergs: Die wissenschaftlichen (Auslands-)Kontakte Siegfried Fussenegg's zwischen 1924 und 1939. – Abh. Geol. B.-A., **56/1**, Wien 1999.
- FROHLICHER, H.: Zur Stratigraphie und Tektonik der Unterkreide im Gebiet der Hohen-Kasten-Falte im St. Gallener Rheintal. – Eclogae geol. Helv., **53/2**, 505–515, Basel 1960.
- FUCHS, Th.: Studien über Fucoiden. – Denkschr. Akad. Wiss., **42**, Wien 1885.
- FUCHS, Th.: Notizen von einer geologischen Studienreise in Oberitalien, der Schweiz und Süddeutschland. – Annalen k. k. naturhist. Hofmuseum, **10/2**, 56–77, Wien 1895.
- GEYER, G.: Michael Vacek†. – Jb. Geol. B.-A. **75**, 237–247, Wien 1925.
- GANSSER, A.: Arnold Heim als Geologe. – In: ARNOLD HEIM zum 80. Geburtstag. – Schweizerische Stiftung für alpine Forschungen, 3–5, Zürich 1962.
- HAMMER, W.: Beiträge zur Geologie der Sesvennagruppe. I. – Jb. k. k. Geol. R.-A., **16**, 369–378, Wien 1907.
- HAMMER, W.: Beiträge zur Geologie der Sesvennagruppe. II. Der Westrand der Oetztalemasse. – Verh. k. k. Geol. R.-A., **4**, 98–107, Wien 1908.
- HAMMER, W.: Das Gebiet der Bündner Schiefer im tirolischen Oberinntal. – Jb. k. k. Geol. R.-A., 443–556, 31 Fig., 5 Taf., Wien 1914.
- HAUER, F. v.: Über die Gliederung der oberen Trias in den lombardischen Alpen (im Vergleich mit den Nordtiroler Alpen). – Sitz.-ber. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Klasse, **51**, 33ff., Wien 1865.
- HEIM, ALBERT: Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluß an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. – 2 Bände, 346 und 246 S., Basel (Schwabe) 1878.

- HEIM, ALBERT: Zum Mechanismus der Gebirgsbildung. – Zeitschr. deutsche geol. Gesell., 262–299, Stuttgart 1880.
- HEIM, ALBERT: Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. – Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz 25, 503 u. 76 S., 1891.
- HEIM, ALBERT: Lettre ouverte de M. le Professeur A. Heim à M. le Professeur M. Lugeon. – Bull. Soc. géol. France, (4) 1, 823–825, Paris 1902.
- HEIM, ALBERT: Geologie der Schweiz. Band 2: Die Schweizer Alpen. – 928 S., Leipzig (Tauchnitz) 1922.
- HEIM, ARNOLD: Die Erscheinungen der Längszerreissung und Abquetschung am nordschweizerischen Alpenrand. – Vjschr. Natf. Gesell., 51, 462–472, Zürich 1906.
- HEIM, ARNOLD: Der Alpenrand zwischen Appenzell und Rheintal und das Problem der Kreide-Nummuliten. – Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF, 53, Bern 1923.
- HEIM, ARNOLD: Oceanic sedimentation and submarine discontinuities. – Eclogae geol. Helv., 51, 642–649, Basel 1958.
- HEIM, ARNOLD, BAUMBERGER, E., STEHLIN, H. G. & FUSSENEGGER, S.: Die Subalpine Molasse des westlichen Vorarlberg. – Vierteljahrsschr. naturforsch. Ges. Zürich, 73, 1–64, Zürich 1928.
- HEIM, ARNOLD, BAUMBERGER, E. & FUSSENEGGER, S.: Jura und Unterkreide in den helvetischen Alpen beiderseits des Rheins (Vorarlberg und Ostschweiz). – Denkschr. Schweiz. Natf. Ges., 68, 155–220, Zürich 1933.
- HEIM, ARNOLD, SEITZ, O. & FUSSENEGGER, S.: Die mittlere Kreide in den helvetischen Alpen von Rheintal und Vorarlberg und das Problem der Kondensation. – Denkschr. Schweiz. Natf. Ges., 69/2, 185–310, Zürich 1934.
- HERB, R.: Geologie von Amden mit besonderer Berücksichtigung der Flyschbildungen. – Beitr. geol. Karte Schweiz, NF., 114, 130 S., 23 Fig., 4 Tab., 3 T., Bern 1962.
- HERITSCH, F.: Geologie der Steiermark, 2. Aufl. – Mitt. naturwiss. Verein Steiermark, Wiss. Abh., 57, 224 S., Graz 1922.
- HOTTINGER, A.: Zur Geologie des Nordrandes des Tauernfensters in den zentralen Hohen Tauern. – Eclogae geol. Helv., 27, 11–23, Basel 1934.
- JENNY, H.: Die alpine Faltung. – 176 S., 25 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Berlin (Bornträger) 1924.
- KERNER von MARILAU, F.: Otto Ampferer's geologisches Lebenswerk. – Jb. Geol. B.-A., 92, 93–116, Wien 1949.
- KOBER, L.: Bau und Entstehung der Alpen. – 283 S., Berlin (Bornträger) 1923.
- KOBER, L.: Über Bau und Entstehung der Ostalpen. – Mitt. geol. Gesell., Wien, 5, 368–481, Wien 1912.
- KOCKEL, C. W.: Der Zusammenbruch des kalkalpinen Deckenbaues. – Z. deutsch. Geol. Gesell., 108, S. 264 (Vortragsbesprechung mit Diskussionsbemerkungen von E. SPENGLER), Hannover 1956.
- KOEHN-ZANINETTI, L.: Les Foraminifères du Trias de la Région de l'Almtal. – Jb. Geol. B.-A., Sb., 14, 1–155, Wien 1969.
- KRAUS, E.: Der Nordalpine Kreideflysch. – Geol. Paläont. Abh., NF, 19, 65 S., Jena 1932a.
- KRAUS, E.: Über den Schweizer Flysch. – Eclogae geol. Helv., 25/1, 39–129, Basel 1932b.
- KRAUS, E.: Das Werk Otto Ampferer's. – N. Jahrb. f. Min. etc., Monatshefte 1945 – 48, 295–316, Stuttgart 1949.
- KRAUS, E.: Die Baugeschichte der Alpen. – 1. Teil: 552 S. 138 Abb., 2. Teil: 489 S. 123 Abb., Berlin (Akademie Verlag) 1951.
- KÜHN, O.: Nachruf für Hans Peter Cornelius (1888–1950) [nach Ms. von E. Clar]. – Verh. Geol. B.-A., 1950–1951, Heft 2, 1–15, Wien 1951.
- LEUPOLD, W.: Neue Beobachtungen zur Gliederung der Flyschbildungen der Alpen zwischen Reuss und Rhein. – Eclogae geol. Helv., 35/2, 247–291, Basel 1943.
- LEUTENEGGER, W. O.: Geologische Karte des mittleren nordöstlichen Rätikon. – Diss. Zürich, 1926/1927, 120 S., Zürich 1928.
- LUGEON, M. & GAGNEBIN, E.: Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. – Bull. Soc. vaudoise Sci. nat., 17/1, 90 S., Lausanne 1941.
- MEDWENITSCH, W.: Beitrag zur Geologie des Unterengadiner Fensters, im besonderen westlich des Inns von Prutz bis zum Peireidkamm. – Skizzen zum Antlitz der Erde, 168–192, 1 Abb., Wien 1953.
- MEDWENITSCH, W.: Zur Geologie des Unterengadiner Fensters (österreichischer Anteil). – Eclogae geol. Helv., 55/2, 460–467, Basel 1962.
- MEESMANN, P.: Geologische Untersuchung der Kreideketten im Gebiet des Bodenseerheintales. – Verh. Naturf. Ges., 37, 1–111, Basel 1926.
- MERHART, G. von: Kreide und Tertiär zwischen Hochblanken und Rhein. – Sonderschriften Nat. Hist. Komm. Vorarlberger Landesmus., H. 4, 64 S., Dornbirn 1926.
- MOJSISOVICS, E. v.: Aus den vorarlbergischen Kalkalpen. – Verh. k. k. geol. R.-A., 254–256, Wien 1872.
- MOJSISOVICS, E. v.: Beiträge zur Altersbestimmung einiger Schiefer und Kalkformationen der östlichen Schweizer Alpen. – Verh. k. k. R.-A., 264–268, Wien 1872.
- MOJSISOVICS, E. v.: Beiträge zur topischen Geologie der Alpen. 3. Der Rätikon. – Jb. k. k. geol. R.-A., 33, 137–174, Wien 1873.
- MUHEIM, F.: Die Subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. – Eclogae geol. Helv., 27, 181–296, Basel 1934.
- OBERHAUSER, R.: Neue Beiträge zur Geologie und Mikropaläontologie im Gebiet der Hohen Kugel. Verh. Geol. B.-A., 1958, 121–140, Wien 1958.
- OBERHAUSER, R.: Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. – Jb. Geol. B.-A., 1–88, Wien 1963.
- OBERHAUSER, R.: In Memoriam Prof. Dr. Gerard Leonard SMIT-SIBINGA. – Jahrbuch, Vorarlb. Landesmus. 163–164, Bregenz 1964.
- OBERHAUSER, R.: Siegfried FUSSENEGGER. – Mitt. Geol. Gesell., Wien, 59, 1966/2, 263–269, Wien 1967.
- OBERHAUSER, R.: Dr. Otto Reithofer zum Gedenken. – Jahrbuch Vorarlb. Landesmus. Verein, 163–164, Bregenz 1967.
- OBERHAUSER, R.: Westvergente versus nordvergente Tektonik – ein Beitrag zur Geschichte und zum Stand geologischer Forschung gesehen von der Ost – Westalpengrenze her. – Jb. Geol. B.-A., 134, 773–782, Wien 1991.
- OBERHOLZER, J. & HEIM, ALBERT: Zu Otto Ampferer's "Gleitformung der Glarneralpen" und "Flimser Bergsturz". – Eclogae geol. Helv., 27/2, 507–516, Basel 1934.
- RICHTER, M.: Vorarlberger Alpen. – Slg. Geologischer Führer, 49 (erste Auflage 1969), 171 S., Berlin (Bornträger) 1978.
- RICHTER, R.: Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer. – Paläont. Z., 9, 1928.
- RICHTHOFEN, F. v.: Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. – Jb. k. k. Geol. R.-A., 10, 72–137, Wien 1859.
- RICHTHOFEN, F. v.: Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. – Jb. k. k. Geol. R.-A., 12, 87–206, Wien 1861.
- RIEDEL, L.: Zur Stratigraphie der Oberkreide in Vorarlberg. – Z. Deutsch. Geol. Gesell., 92, Berlin 1940.
- ROESLI, F.: Fazielle und tektonische Zusammenhänge zwischen Oberengadin und Mittelbünden. – Eclogae geol. Helv., 37/2, 355–384, Basel 1944.
- ROTHPLETZ, A.: Über den Rätikon und die große rhätische Überschiebung. – Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesell., 51, 1899: Protokoll 86., Berlin 1899.
- ROTHPLETZ, A.: Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Überschiebungen zwischen dem Bodensee und dem Engadin. – Samml. geol. Führer, 1, 256 S., 81 Fig., Berlin (Bornträger) 1902.
- ROTHPLETZ, A.: Geologische Alpenforschungen. II: Ausdehnung und Herkunft der Rhätischen Schumasse. – 261 S., 59 Fig., 5 Taf., München (Lindauer'sche Buchh.) 1905.
- SALOMON, W.: Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen. – Tschermak's min. petr. Mitt., 17, 109–283, Wien 1897.
- SANDER, B.: Zum Vergleich zwischen Tuxer und Prättigauer Serien. – Verh. k. k. Geol. R.-A., Heft 15, 339–346, Wien 1911.
- SAX, H. G. J.: Geologische Untersuchungen zwischen Hohem Freschen und Bregenzer Ach. – Diss. Zürich, 38 S., Zürich 1925.
- SCHAAD, H. W.: Geologische Untersuchungen in der südlichen Vorarlberger Kreide-Flysch-Zone zwischen Feldkirch und Hochfreschen. – Diss. Zürich, 59 S., Zürich 1925.
- SCHAEFFER, F. X. und Mitarbeiter: Geologie der Ostmark. – 599 S., Wien (Deuticke) 1943.
- SCHARDT, H.: Sur l'origine des Préalpes romandes. – Eclogae geol. Helv., 4, 129–142, Basel 1893.
- SCHNEEGANS, D.: La géologie des nappes de l'Ubaye-Embrunais entre la Durance et l'Ubaye. – Mém. Carte géol. France, 339 S., 1938.
- SCHUMACHER, Chr.: Geologische Untersuchungen im nordwestlichen Rätikon. – Diss. Berlin, 76 S., Berlin 1929.
- SCHWINNER, R.: Lehrbuch der physikalischen Geologie, Bd. 1, 356 S., Berlin (Bornträger) 1936.
- SCHWINNER, R.: Zur Geschichte der Ostalpen-Tektonik. – Zeitschr. deutsch. Geol. Ges., 92, 263–270, Stuttgart 1940.
- SPITZ, A. & DYHRENFURTH, G.: Duncan-Gruppe, Plessur-Gebirge und die Rhätischen Bögen. – Eclogae geol. Helv., 14/4, 476–498, Basel 1913a.

- SPITZ, A. & DYHRENFURTH, G.: Die Triaszonen am Berninapass (Piz Alv) und im östlichen Puschlav (Sassalbo). – Verh. k. k. Geol. R.-A., **16**, 403–415, Wien 1913b.
- SPITZ, A. & DYHRENFURTH, G.: Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scafnis und dem Stifser Joch. – Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, N. F., **44**, 235 S., Bern 1914.
- STACHE, G.: Notizen aus den Tiroler Zentralalpen. – Verh. k. k. Geol. R.-A., 221–223, Wien 1873.
- STAHEL, A. H.: Geologische Untersuchungen des nordöstlichen Rätikon. – Diss. Zürich 1923/1925, 82 S., Zürich 1926.
- STAUB, R.: Zur Geologie des Sassalbo im Puschlav. – Eclogae geol. Helv., **16**/1, 28–34, Basel 1920.
- STAUB, R.: Der Bau der Alpen. – Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F. **52**, 272 S., 1924.
- STAUB, R.: Der Bau der Alpen: 25 Querprofile, 1:500 000. – Schweiz. Geol. Komm., Spezialkarte 105 B, 1926.
- STAUB, R.: Der Bewegungsmechanismus der Erde, dargelegt am Bau der irdischen Gebirgssysteme. – 270 S., Berlin (Bornträger) 1928.
- STAUB, R.: Gedanken zum Bau der Westalpen zwischen Bernina und Mittelmeer, I. Teil. – Vjschr. Natf. Gesell., **82**, 140 S., Zürich 1937.
- STAUB, R.: Ueber den Bau der Gebirge zwischen Samaden und Julierpass. – Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F. **93**, 57 S., 1948.
- STAUB, R.: Über die Beziehungen zwischen Alpen und Apennin und die Gestaltung der alpinen Leitlinien Europas. – Eclogae geol. Helv., **44**/2, 29–130, Basel 1951.
- STAUB, R.: Neue Wege zum Verständnis des Ostalpen-Baues. – Univ. Innsbruck, Alpenkundl. Studien 9, 352 S., Innsbruck 1971.
- STUDER, B.: Geologie der Schweiz (mit Profilen und einer Karte), 2 Bände, Bern und Zürich 1851, 1853.
- SUCESS, E.: Die Entstehung der Alpen. – 68 S., Wien (Braumüller) 1875.
- SUCESS, E.: Das Antlitz der Erde, 1. Bd. – 779 S., Prag (Tempisky) & Leipzig (Freytag) 1885.
- SUCESS, E.: Sur la nature des charriages. – C. R. Ac. Sci. Paris, **139**, 714–716, Paris 1904.
- SUCESS, E.: Das Antlitz der Erde, III. Bd., 2. Teil. – IV + 789 S., Wien (Tempisky), Leipzig (Freytag) 1909.
- SUCESS, E.: Erinnerungen. – 451 S., Leipzig (Hirzel) 1916.
- TARNUZZER, Ch. & BODMER-BEDER, A.: Neue Beiträge zur Geologie und Petrographie des östlichen Rhätikons. – Jber. Naturforsch. Ges. Graubünden, Chur 1899.
- TERMIER, P.: Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. – Bull. Soc. géol. France, (4) **3** (1903), 711–766, Paris 1904.
- THENIUS, E.: The Austrian geologist Otto Ampferer as founder of the seafloor spreading concept: a contribution to the history of Earth sciences. – Earth Science History, **3**/2, 174–177, New York (Troy) 1984.
- THEOBALD, G.: Geologische Beschreibung von Graubünden. – Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Bern 1864, 1865, 1866.
- THUM, I.: Neuere Daten zur Geologie des Unterengadiner Fensters. – Mitt. Geol. Gesell., **62** (1969), 55–77, Wien 1970.
- THUM, I. & NABHOLZ, W.: Zur Sedimentologie und Metamorphose der penninischen Flysch- und Schieferabfolgen im Gebiet Prättigau - Lenzerheide - Oberhalbstein. – Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **144**, 55 S., 1972.
- TRÜMPY, DANIEL: Geologische Untersuchungen im westlichen Rätikon. – Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N. F., **46**/II, 163 S., 1916.
- TRÜMPY, RUDOLF: On crustal subduction in the Alps. – In: Tectonic Problems of the Alpine System (M. Mahel, ed.), Slovak. Acad. of Sciences Bratislava, 121–130, Bratislava 1975.
- TRÜMPY, R.: The Glarus Nappes: A controversy of a Century ago. – In: Controversies in Modern Geology (J. McKenzie & D. Müller, eds.), Academic Press, 385–404, 1991a.
- TRÜMPY, R.: In the footsteps of Emile Argand: Rudolf Staub's Bau der Alpen (1924) and Bewegungsmechanismus der Erde (1928). – Eclogae geol. Helv., **84**/3, 661–670, Basel 1991b.
- TRÜMPY, R.: Ostalpen und Westalpen, Verbindendes und Trennendes. – Jb. Geol. B.-A., **135**/4, 875–882, Wien 1992.
- TRÜMPY, R.: Die Entwicklung der Alpen: Eine kurze Übersicht. – Z. dt. Geol. Ges., **149**/2, 165–182, Stuttgart 1998.
- TRÜMPY, R. et al.: Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25 000 des Schweizerischen Nationalparks (Geologische Spezialkarte Nr. 122) Nr. 87 Nationalparkforsch., Zernetz 1997.
- VACEK, M.: Über Vorarlberger Kreide. Eine Localstudie. – Jb. Geol., R.-A., **29**, 659–758, Wien 1879.
- VACEK, M.: Ueber die Schichtfolge in der Gegend der Glarner Doppel-Falte. – Verh. k. k. Geol. R.-A., 43–51, Wien 1881.
- VACEK, M.: Beitrag zur Kenntniss der Glarner Alpen. – Jb. k. k. Geol. R.-A., **34**/2, 233–262, Wien 1884.
- VACEK, M.: Einige Bemerkungen zur Theorie der Glarner Doppelfalte. – Jb. k. k. Geol. R.-A., **42**/1, 91–112, Wien 1892.
- VERDAM, J.: Geologische Forschungen des nördlichen Rätikon. – Diss. Zürich 1926/1927, 86 S., Zürich 1928.
- VETTERS, H.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten 1:500 000. – Geolog. Bundesanst., Wien 1947.
- WOLETZ, G.: Schwermineral-Vergesellschaftungen aus ostalpinen Sedimentationsbecken der Kreidezeit. – Geolog. Rdsch., **56**/1, 308–320, Stuttgart 1967.
- WYSSLING, G.: Palinspastische Abwicklung der Helvetischen Decken von Vorarlberg und Allgäu. – Jb. Geol. B.-A., **127**, 701–706, 1984.
- WYSSLING, G.: Der frühkretazische helvetische Schelf in Vorarlberg und im Allgäu - Stratigraphie, Sedimentologie und Tektonik. – Jb. Geol. B.-A., **129**/1, 162–256, Wien 1986.
- ZEHNDER, K.: Zur Geologie des Sassalbo (Val Poschiavo, Graubünden). – Vjschr. Natf. Gesell., 189–194, Zürich 1975.
- ZORN, I.: Mikropaläontologie an der Geologischen Bundesanstalt. – Festschrift 150-Jahr-Feier der Geol. Bundesanst. 1999, <im Druck> Wien (Böhlau-Verlag) 1999.