

Das Strukturbild der subalpinen Molasse

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **30 (1937)**

Heft 1

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

G. Das Strukturbild der subalpinen Molasse.

1. Die Strukturelemente.

Überblicken wir, Rückschau haltend, die während unserer regionalen Betrachtungen angetroffenen tektonischen Verhältnisse, so lassen sich in der s. M. zwischen Rhein und Aare folgende strukturelle Elemente auseinanderhalten:

a) Normale Faltenstrukturen: einfacher Gewölbe- und Muldenbau. In reiner Form ist dieses Strukturbild nur im miozänen Vorland verwirklicht. Es sind die meist flachwelligen Verbiegungen im Raume nördlich der Zulg und im Brameggebiet, die hierher gehören. In zweiter Linie folgen sodann die normalen Anti- und Synklinalen einerseits innerhalb der sog. antiklinalen Zonen (Fischenbach-, Birregg-, Krämerstein-, Altendorfer-Synklinale etc.; Gewölbe bei Berneck-Trogen), andererseits innerhalb der sog. überschobenen Zone (Schwarzflühli-Kridegg-Mulde, Synklinale von Ruobenschwend etc.). Kleinsynklinalen von der Art jener am Sommersberg, im Bömmelitobel, am Spreitenbach u. a. O. gehören als sekundäre Schleppungen an Überschiebungsrändern eigentlich nicht hierher. Ob die sog. Randflexur der Molasse (ALB. HEIM) als gewöhnliche Faltungerscheinung zu bewerten ist oder auf isostatische vertikale Bewegungen zurückgeführt werden muss, wird an anderer Stelle zu diskutieren sein.

b) Einen besonderen Antiklinaltypus repräsentieren jene Molasse-„Gewölbe“, die sich an Stelle horizontaler Gewölbebiegungen durch eine senkrechte Kernzone auszeichnen. Als weiteres Merkmal kommt hinzu die in bezug auf die geometrische Antiklinalachse von innen nach aussen zunehmende Divergenz der Antiklinalschenkel, nach Art eines nach unten geöffneten Fächers. Da dieser Antiklinaltypus für die s. M. gewissermassen charakteristisch ist — es gehören hierher die A_1 und A_2 der Ostschweiz, die Feusisberg-, Etzel-, Würzenbach-, Birregg-, Krämerstein-Antiklinale der äusseren Zone, die Biltener und Wandfluh-Hilfern-Antiklinale der inneren Zone u. a. m.), und weil unter einer Antiklinale gewöhnlich ein normales Gewölbe verstanden wird, scheint uns ein spezieller Name für diese Sorte von Molasseantiklinalen durchaus gerechtfertigt. Wir schlagen hierfür die Bezeichnung Molasse-Antikline vor³⁶⁾. Die Antiklinen haben alle dasselbe Merkmal, dass in ihnen im Gegensatz zum gewöhnlichen Gewölbe der normale Schichtzusammenhang zwischen den Antiklinalschenkeln abgerissen ist. Ihre zentrale Steilzone — identisch mit der „Antiklinalzone im engeren Sinne“ von KAUFMANN und GUTZ-

³⁶⁾ Entsprechend kann man bei Molassesynklinalen ohne Muldenbiegung, bei denen der Übergang von einem zum andern Synklinalflügel ebenfalls durch saigere Schichten vermittelt wird, von Synklinen sprechen.

WILLER — ist, wie das Studium guter Querprofile (Sitter-Urnäsch, Fischenbach, Etzelstollen etc.) lehrt, durchwegs als eine Quetschungszone mit allen kleintektonischen Details (Ausquetschungen, Zerreisungen, Torsionen, Gleitflächenscharen parallel zur Schichtung, Scheerflächen, Kalzitadern u. a. m.) entwickelt. Diesen Verhältnissen entsprechend sind die Antiklinalschenkel bald mehr bald weniger gegeneinander verstellt, die Antikline ist in ihrem Kern mehr oder weniger stark in sich überschoben. Derartige Scheitelbruchstörungen können zu eigentlichen Aufschiebungen grossen Ausmasses Anlass geben.

Über die Entstehung der Molasseantiklinen ist man sich bis heute noch nicht ganz im klaren. Sicher ist jedenfalls das eine, dass sie in ihrer Anlage auf normale Antiklinalen zurückgehen. Dafür spricht schon die Zwischenschaltung von normalen Synklinalen (z. B. im Fischenbachprofil), sowie die lokale Erhaltung von Gewölbestrukturen (z. B. bei Berneck). KESSELI (Lit. 86) z. B. denkt an eine sekundäre Pressung einer durch Erosion bereits stark aufgeschlossenen normalen Antiklinale, indem die saigere Einstellung der gequetschten Kernschichten auf fehlende Belastung von oben schliessen lasse. Er erblickt in der Existenz von Antiklinalen direkt den Beweis für eine Zweiphasigkeit der Molassedislokation. Bei ARN. HEIM (Lit. 76, p. 30; Lit. 77, p. 78; Lit. 78, p. 228) steht die divergente Stellung der Schenkelschichten und die daraus sich ergebende (scheinbare?) Schichtmächtigkeitszunahme nach unten im Vordergrund. Er spricht daher von Diapirfalten im ersten Stadium, von Pseudodiapiren und denkt an Auffaltung während der Sedimentation.

c) Die Schuppenstruktur der s. M. ist gebunden an das Auftreten von Schubflächen. Solche kommen auf verschiedene Weise zustande: Einmal kann es sich um eigentliche Scheerflächen handeln, die einen Gesteinskomplex quer durchschneiden, ohne an bestimmte Oberflächenstrukturen gebunden zu sein. Hieher gehören also vor allem auch die gewöhnlichen Brüche. Dann können Gleitflächen sich entwickeln aus überliegenden Falten unter Reduktion (Auswälgung und Zerreiung) der Mittelschenkel. Welcher Fall tritt nun bei der s. M. in Erscheinung? Für die allgemeine Beurteilung der Schubflächen (Aufschiebungen, Überschiebungen) in der s. M. zwischen Rhein und Aare sind folgende Feststellungen von Bedeutung:

I. Auffallend ist zunächst die grosse Steilheit der Schubbahnen. Ihre Neigung beträgt — von Ausnahmen abgesehen — durchschnittlich über 50° , sehr oft aber $60-80$ oder auch 90° . Als besonders charakteristische Beispiele seien angeführt: Die Teufelsmauern-Regelstein-Aufschiebung, die Stoss-Aufschiebung, die Spreitenbach-St. Jost-, die Rempen-, die Hilfern-Aufschiebung (vor allem zwischen Entlen und Waldemme), die Rigi-Aufschiebung (speziell zwischen

Eigental und Waldemme) u. a. m. Überhaupt sind manche Überschiebungen (so z. B. auch die Rigi-Überschiebung am Vierwaldstättersee) in der Natur tatsächlich meist steiler als manche von der Voraussetzung eines einseitigen Deckschuppenbaues bewusst oder unbewusst beeinflusste Profile dies darstellen.

Wirklich flache Gleitbahnen — man vergleiche etwa die Rigi-Überschiebung im Bereich der Birregghalbinsel (hiez zu Profile Nr. 5, 7 und 8 zur Geol. Vierwaldstätterseekarte; Profil V, p. 717 in Lit. 55, Fasc. X; Lit. 33, p. 299) — sind selten und offenbar Ausnahmen. Dies zeigt besonders klar der Fall der soeben erwähnten „Birregg-Überschiebung“. Hier herrscht zwischen dem flachen Fallen der Schubfläche und dem bedeutend steileren Schichtfallen im überschobenen Hangendkomplex eine ausgesprochene Diskordanz. Im Gegensatz hiez zu zeigt sich etwa im Bäuchlenprofil eine relative Konkordanz zwischen Schubfläche und Schichtfallen in der Bäuchlenschuppe. „Relativ“ deshalb, weil wohl zwischen der Schubfläche und den tieferen Bäuchlenserien Konkordanz herrscht, die Fallwinkel nach oben aber stetig abnehmen, sodass zwischen der Schubfläche und den hangendsten Serien im ganzen doch eine gewisse Divergenz herrscht. Die gleiche Erscheinung zeigt sich auch an der Rigi, am Speer, am Gäbris u. a. O. sehr schön, sodass derartige „Schuppen“ schon rein geometrisch zunächst als halbe Antiklinalen aufgefasst werden können.

Aus der relativen Konkordanz zwischen Gleitbahn und Schubmasse ziehen wir vorderhand den Schluss, dass in allen diesen Fällen derartige Überschiebungen nicht aus Scheerflächen hervorgegangen sind. Anders verhält es sich allerdings mit der Birregg-Überschiebung (siehe oben).

II. Wie aus dem regionalen Teil unserer Arbeit bereits hervorgeht, ist es möglich, die Mehrzahl der besprochenen Molasseaufschiebungen grösseren oder kleineren Ausmasses mit dem Verlauf bzw. der Fortsetzung von Antiklinal- und Synklinalachsen in Beziehung zu bringen. Besonders klare Verhältnisse liegen namentlich in der östlichen Schweiz vor. Die Teufelsmauern-Aufschiebung verläuft im Kern der A_1 , die Stoss-Aufschiebung installierte sich in der A_1 und A_2 ursprünglich verbindenden Synklinale. Die St. Jost-Spreitenbach-Aufschiebung geht aus der Birregg-Synklinale hervor, die Speer-Aufschiebung aus dem Scheitelbruch der Biltener Antiklinale (-antikline!), die Rempen-Aufschiebung ist wiederum antiklinaler Natur, ebenso ihre Fortsetzung an der Basis der Nesslausechuppe. Die Hilfern-Aufschiebung südlich der Farnern ist zunächst aus der Fortsetzung der Schwarzflühli-Kridegg-Mulde abzuleiten. Sie geht dann über in eine Aufschiebung, die sich aus der Scheitelbruchstörung der Hilfern-Antikline entwickelt hat usw. Und schliesslich sei auch an die Antiklinalen selber erinnert, deren Kernzone

von kleineren und grösseren Verstellungsflächen durchzogen wird (A_2 der Ostschweiz, Kernaufschubung der Würzenbach-Antiklinale bei Luzern u. a. m.).

Wir kommen so zum Ergebnis, dass die Grosszahl der Molasse-schubflächen weder Scheerflächen darstellt noch aus überliegenden Falten bzw. reduzierten, ausgewalzten Mittelschenkeln abzuleiten ist. Diese Molassegleitbahnen folgen den Scheitellinien (Achsen) von Antiklinalen (Antiklinen) und Synklinalen (Synklinen), d. h. den primären Schwächezonen dieser Strukturelemente; sie sind somit, nicht zuletzt mit Rücksicht auf ihre Steilheit, geologisch als Synklinal- bzw. Antiklinal-Längsscheitelbrüche zu bezeichnen. Die „Schuppenstruktur“ der s. M. geht also zurück auf einen primären Antiklinalen- und Synklinalenbau, der sekundär an Längsbrüchen³⁷⁾ verstellt wurde. Sie ist also gewissermassen gar keine echte Schuppenstruktur, sondern der Sonderfall einer bestimmten Art Bruchfaltung.

Wir leiten also auch die Hauptaufschubung der s. M. zwischen Rhein und Aare, die Rigi-Bäuchlen-Aufschubung, aus dem Scheitelbruch einer einst akzentuierten Antikline ab, deren N-Schenkel heute in der Tiefe verborgen liegt. Es mag sein, dass diese Rigi-Antikline, wie übrigens andere auch (z. B. A_2), schon primär infolge der Verteilung der Nagelfluhkomplexe eine gewisse Asymmetrie bzw. einen gegenüber dem nagelfluhreichen S-Schenkel etwas verkürzten N-Schenkel aufwies. Übrigens denkt auch BUXTORF (Lit. 55, Fasc. X, p. 704; Lit. 33, p. 299) an eine ursprüngliche Rigi-Antiklinale (wir sagen wohl besser Antikline, weil es sich hierbei zweifellos um ein stark aufgefaltetes und ausgeprägtes Grosstrukturelement gehandelt haben muss), deren Scheitellinie, durch alte Erosion bereits geschwächt, die Ursache zur Anlage eines Scheitelbruches und der daraus sich entwickelnden Rigi-Aufschubung gewesen sei.

Unsere Deutung der Molasseschubflächen unter Betonung ihrer im allgemeinen bedeutenden, der saigeren Lage sich nähernden Steilheit bringt es mit sich, dass der Vertikalkomponente der s. M.-Dislokation auf Kosten der Horizontalverschiebungen wieder grössere Bedeutung beigemessen wird, als die letzte Entwicklung der Molasse-tektonik dies tat (siehe z. B. das Rigiprofil BAUMBERGERS in Lit. 11, wo eine flache Rigi-Überschiebung eine minimale Überschiebungsbreite von etwa 20 km bedingt!).

Indessen gibt es in der s. M. selbstverständlich auch Spezialfälle von Schubflächen, die eine andere Deutung verlangen. Hieher gehört vor allem die bereits mehrfach erwähnte „Rigi-Überschiebung“ im Profil der Birregghalbinsel.

³⁷⁾ Es ist reine Gefühlssache, von welchem Neigungswinkel an wir einer derartigen Verstellungsfläche „Längsverwerfung“ bzw. „Scheitelbruch“ oder „Überschiebung“ sagen wollen. Für den Fall der s. M. scheint uns die Bezeichnung „Aufschubung“ die beste zu sein.

Diese Birregg-Überschiebung (und vielleicht auch noch ein Stück ihrer Fortsetzung westlich des Vierwaldstättersees) unterscheidet sich in doppelter Hinsicht vom Normalfall der Molasseaufschiebungen: durch die bedeutende Diskordanz zwischen Schubfläche und Schubmasse und durch die auffallende Flachheit der Schubbahn. Und da sie ausgerechnet dort in Erscheinung tritt, wo die Rigischuppe ihr gewaltigstes Erosionsloch aufweist, drängt sich die Frage auf, ob überhaupt Birregg- und normale Rigi-Aufschiebung miteinander identisch seien. Wir deuten die Verhältnisse folgendermassen: Die Birregg-Überschiebung besitzt alle Merkmale einer Scheerfläche (Diskordanz!). Doch kann sie als solche nicht das ursprünglich flachgelagerte Stampien der Rigizone von S nach N aufsteigend quer durchsetzt haben, da in diesem Falle die Schubmasse flacher einfallen müsste als die Gleitbahn. Als mögliche Lösung bleibt dann noch die Annahme, dass im Querschnitt der Birregghalbinsel die bereits „normal“ überschobene, durch alte Erosion in ihrer Mächtigkeit und Widerstandskraft aber äusserst reduzierte Rigizone vom Anprall (Brandung) der Bürgenstock-Decke nochmals derart erschüttert wurde, dass ihre oberflächlicheren Komplexe durch eine glatte Scheerfläche vom bereits aufgeschobenen Unterbau losgelöst und als selbständiges, aber durchaus lokales Teilschubpaket der Rigischuppe noch etwas weiter auf das aquitane Vorland vorgeschoben wurden. Eine weitere Voraussetzung für die Auslösung des ganzen Vorganges mag auch eine starke Abtragung und Einebnung des normalerweise als Stauwiderstand wirkenden aquitanen Vorlandstreifens im fraglichen Sektor gewesen sein, eine Vermutung, die durch die gerade auf das Birreggebiet beschränkte, ausserordentliche Diskordanz zwischen Aquitanien (amputierte Krämerstein-Antiklinale) und Scheerfläche eine wertvolle Stütze erlangt (vergl. p. 175). Siehe Tafel XIII, Profil 6a.

Schliesslich ist auch zu bedenken, dass primär „normale“ Molasseaufschiebungen sekundär bei den letzten Ausklängen der Dislokation (Deckenbrandung!) noch gewisse Deformationen erleiden können, die ihren ursprünglichen Schubflächencharakter zu verwischen imstande sind. Hiebei darf alten Erosionserscheinungen wenigstens auf beschränkterem Raume ein nicht zu verachtender Einfluss zugeschrieben werden (Anpassung an Erosionsränder, Reliefüberschiebungen etc.). Wir dachten an solche Möglichkeiten zum Beispiel beim Fall der flachen Hohrone-Überschiebung (siehe p. 130). Schliesslich haben wir oben alte Erosionsformen mit primären Schwäche-linien direkt für die Auslösung gewisser Gleitbahnen verantwortlich gemacht, während die südlichsten kleineren Molasserandschuppen (z. B. Schwägalp, Wäggital p. p., Ralligschuppe) wohl direkt durch translative Schiebung oder durch Scheerflächen bei der Brandung der alpinen Decken vom Gesteinsverband des Molasse-S-Randes losgelöst wurden.

d) Brüche. Reine Bruchstörungen sind, wie man übrigens schon lange weiss, für die tektonische Gestaltung unserer s. M. von durchaus untergeordneter und nebensächlicher Bedeutung. Es sei denn, man wolle die unter c) genannten, an Oberflächenstrukturen gebundenen Längsscheitelbrüche hierher zählen.

Immerhin fehlen aber Brüche der s. M. zwischen Rhein und Aare keineswegs völlig. Es handelt sich hiebei, soviel bis jetzt bekannt,

ausschliesslich um Querbrüche bzw. Querverwerfungen kleineren Ausmasses und durchaus lokalen Charakters: Querbrüche (genauer Verwerfungen) mit bis zu 50 m Sprunghöhe erwähnt FRÖHLICHER (Lit. 52, p. 38) aus der Bäuchlenzone. Aus dem Vierwaldstätterseegebiet hat KOPP (Lit. 89, p. 332) eine Reihe von Bruchstörungen namhaft gemacht, so mindestens 3 N—S verlaufende Brüche auf der S-Seite des Würzenbachtals mit horizontalen Sprüngen zwischen 2 und 50 m, Verwerfungen bis zu 10 m Sprunghöhe an der Kännelegg bei Horw, zwei ungefähr E—W streichende Brüche bei Hertenstein und endlich verschiedene, fast vertikale, sich kreuzende Brüche von wenigen m Sprunghöhe im Gebiet des Plattenbaches bei Vitznau. Von R. FREI (Lit. 49, p. 3—4) werden Querstörungen an der S-Seite des Aegerisees und im Raume Rotkreuz-Halbinsel Kiemen vermutet, doch scheint ihr strikter Nachweis nicht möglich zu sein. Aus der Ostschweiz hat GUTZWILLER keine einzige Querstörung namhaft gemacht. Im kleinern Ausmasse werden sie aber sicher auch hier existieren. Im Kräzerli-Schwägalp-Gebiet kennen wir u. a. einen Querbruch von 2 m Verschiebungsbreite. Wie an dieser Stelle beigefügt werden mag, konnte die von ARN. HEIM (Lit. 76, p. 37) erwähnte Verwerfung am Gebhardsberg-Pfänder durch unsere Beobachtungen nicht bestätigt werden.

Querstörungen (Querbrüche) grösseren Ausmasses glaubten ROLLIER (Lit. 132, p. 72) und R. FREI (Lit. 49, p. 4) zwischen Hohrone und Etzel-Feusisberg annehmen zu müssen. Der relative Verstellungssinn wäre dabei bei ROLLIER gerade umgekehrt wie bei FREI. Nach unseren obigen Ausführungen können indessen die tektonischen Elemente westlich und östlich des Sihl-Alpfluss-Durchbruches ohne die Annahme von Querstörungen normal streichend ineinander übergeführt werden. Ähnlich ist die von ROLLIER postulierte, in den Bereich des Aaretales fallende Querverschiebung nicht mehr aufrecht zu erhalten.

Das Zurücktreten bzw. Fehlen von Querstörungen grösserer Dimensionen und Längserstreckungen in der s. M. zwischen Rhein und Aare ist insofern von prinzipieller Bedeutung, als KRAUS (Lit. 90) bekanntlich zur Erklärung der Nagelfluhrhythmen innerhalb der grossen Schuttfächer weitgehend Kippungsvorgänge um meridionale Achsen (= Querbrüche) angenommen hat. Die grosse Menge von Brüchen, die KRAUS auf Blatt Immenstadt (Allgäu) im Hinblick auf seine „Schütteltischtektonik“ kartiert hat, steht jedenfalls, sofern sie zutrifft, zum Kartenbild der schweizerischen s. M. in denkbar grösstem Gegensatz.

2. Zur tektonisch-stratigraphischen Übersichtskarte.

Auf die aus der Betrachtung unserer Übersichtskarte (Tafel XII) sich ergebenden Zusammenhänge und Parallelisierungen tektonischer

Elemente und stratigraphischer Einheiten braucht hier nicht mehr eingegangen zu werden. Es seien lediglich noch ein paar ergänzende Bemerkungen in bezug auf die Zerlegung der s. M. in einzelne Bögen, d. h. ihre Segmentierung, beigelegt.

Studieren wir den Verlauf des Molasse-Alpen-Kontaktes, d. h. den Innenrand der s. M. (wobei infolge der durch die Topographie bedingten scheinbaren Segmentierung besondere Vorsicht am Platze ist), so erkennt man sofort folgende 3 Hauptsegmente:

- a) Das Segment Thunersee–Vitznau (Birreggsporn).
- b) Das Segment Vitznau–Linth.
- c) Das sehr schwach bogenförmige, unvollständige, wahrscheinlich noch über den Rhein hinaus reichende Segment Linth–Rhein.

In den gegen die Alpen einspringenden Überschneidungswinkeln dieser Hauptsegmente liegen die 3 grössten stampischen Nagelfluhfächer der s. M.: Im W die Blumenschüttung, am Vierwaldstättersee der Rigifächer und im E die Speer-Nagelfluhzone. Für die Anlage der genannten Segmente des Alpen-N-Randes sind also zweifellos diese starren Nagelfluhkomplexe massgebend gewesen; der Molasse-S-Rand hat hier den Verlauf der helvetischen Deckenfront im Grossen grundlegend beeinflusst, er selber verhielt sich eher passiv. Nur im Falle der Speerzone weist auch der Nagelfluhkomplex im einspringenden Winkel, wie bereits p. 172 erwähnt, einen deutlichen Streichungsknick auf. Man erkennt hier nun, dass im selben Sektor zufälligerweise auch das Überkreuzen des grossen ostalpinen und westalpinen Deckenbogensegmentes stattfindet. Aus diesem Grunde vermochten die primär durch die Nagelfluhzone segmentierten Randketten, verstärkt durch die Überlagerung einer grossalpinen, auf andere Ursachen zurückgehenden Segmentierung, auch noch der südlichsten Molassezone ihren Knick im Achsenstreichen sekundär aufzuzwingen. Nebenbei sei auf die interessante Erscheinung hingewiesen, dass von jedem Kettungswinkel aus grosse Quertäler die Nagelfluhzentren und das anschliessende Vorland durchbrechen: Im W die Furche Thunersee–Aaretal, im E das Linth-Quertal, dazwischen im Rigi-gebiet, hier gedoppelt, die Niederung Lowerzersee–Zugersee einerseits und das Seebecken Vitznau–Luzern andererseits. Über die möglichen Ursachen dieser Talanlagen haben wir uns S. 120 bereits geäussert.

Die Grossegmentierung des Molasseinnenrandes weist, im Thunersee-Vitznaubogen besonders prägnant, eine weitere Untersegmentierung auf. Man erkennt die Sekundärbögen:

Ralligen–Gross-Emme,
 Gross-Emme–Wald-Emme,
 Wald-Emme–Gross-Entlen,
 Gross-Entlen–Vierwaldstättersee.

Von den wiederum in auffallender Weise von Tälern durchbrochenen Kettungswinkeln weist nur derjenige der Entlen einen kleineren Nagelfluhkomples auf, den man für die Kettung der alpinen Randdecken verantwortlich machen könnte. In den andern Fällen (Gross-Emme, Wald-Emme))ist in der s. M. selber keine direkte Ursache für eine Deformation des Alpenrandes ersichtlich, und da an allen diesen Stellen auch in der südlichsten s. M. prachtvolle Deformationen (Streichknicke) auftreten, so glauben wir weit eher annehmen zu müssen, dass hier die Segmentierung in den alpinen Randketten das primäre und die Ursache zur derjenigen in der Molasse war. Der Pilatusbogen zwischen Eigental und Vierwaldstättersee geht in seiner Anlage auf ein Erosionsloch (Nische von Mühlemäss) zurück, dasselbe gilt für das kleine, aber akzentuierte Segment im Trebsental (Wäggitaler-Gebiet). Zwischen Linth und Rhein zeichnet sich der Molasse-Alpen-Kontakt, abgesehen von dem durch das Erosionsloch östlich Appenzell bedingten Nord-Vorbiegen im Fähnergebiet, durch seinen auffallend geradlinigen Verlauf aus. Es ist dies umso bemerkenswerter, als man gerade hier mit dem Vorbränden der mächtigen Säntis-Decke ein N-Ausbiegen des Alpenrandes erwarten würde. Hier haben wir im Grossen in der Tat ein Argument für die Passivität des Molasse-S-Randes im Sinne ARN. HEIMS.

Die Segmentierung der zentralen und nördlichen s. M., am schönsten erkennbar etwa am Verlauf der Oligo-Miozän-Grenze zwischen Entlebuch und Rhein, ist bedingt durch die Verteilung der grösseren Nagelfluhkomples innerhalb der s. M. („Zwischengebirge“) einerseits und durch die grossen, als stauende Widerlager wirkenden miozänen Schuttfächer des Hörnli und des Napf andererseits. Sie ist daher weitgehend unabhängig von der Segmentation des Innenrandes der s. M. Der starre Nagelfluhklotz der Rigizone wirkte, wie alle grösseren Nagelfluhmassen, als selber nur schwer deformierbarer Druckleiter. Als Folge hievon kam es vor seiner Front zur Anlage des ausgeprägten Zugerseesegmentes zwischen Luzern und dem Zürichsee. Vor den Nagelfluhen des Speerfächers müsste ein entsprechendes Verhalten erwartet werden. Statt dessen zeigt die Karte eine südliche Einbuchtung, eine Beugung zwischen Zürichsee und Thur. Man erkennt hier den Stauwiderstand des Hörnli-fächers, der offenbar so gross war, dass hier — im Gegensatz zur Rigi, wo der Zugerseebogen ungehinderter ins nagelfluhfrie Vorland zwischen Hörnli und Napf ausweichen konnte — das südliche Speer-Nagelfluhzentrum in mehrere Teilschuppen zersplitterte. Auf welche Ursachen geht nun die Beugung von Luzern und das N-Ausholen des Miozäns im Brameggebiet zurück? Ein Stauwiderstand nördlich Luzern ist nirgends vorhanden, also muss die Ursache offenbar im S liegen. In der Tat erkennt man, dass gerade hinter der Beugung von Luzern das gewaltige alte Erosionsloch des Vierwaldstättersees liegt, wo die Riginagelfluhen schon vor der Dislokation der s. M. lokal so gut wie völlig abgetragen waren. Hier

musste jede N-Übertragung des Schubes durch die Rigizone plötzlich erlöschen; die Folge ist ein lokal schwächerer Zusammenstau der s. M. in diesem Sektor. Der Zugerseebogen gehört daher zusammen mit dem Brameggbogen zu einem zwischen dem Hörnlifächer im E und dem (etwa bei Entlebuch kräftig einsetzenden) Napffächer im W vorstossenden Grossegment, das durch die „Bucht“ von Luzern zweigeteilt ist. An der Front des Zugersee- und Brameggsegmentes ist die obere Meeresmolasse³⁸⁾ steil gestellt oder sogar überkippt; vor den bremsenden, druckmässigen Widerlagern des Napf (zwischen Entlebuch und Marbach) und des Hörnli (zwischen Zürichsee und Rheintal), sowie gerade bei Luzern (Dietschenberg), wo die Druckwirkung primär schwach war, fällt sie mässig nach N.

Zwischen Thur und Linth verläuft der Aussenrand der s. M. ähnlich wie der Innenrand sehr geradlinig. Nur im E zeigt die gesamte A_1 ein deutliches Zurückschwenken ihres Achsenstreichens in die W--E-Richtung. Bei Schangnau zeichnet sich wiederum eine grosse Beugung ab, die gegen die Aare hin, vor der Front der Blumenschuppe, erneut zu einem Vorbiegen gegen N ansetzt (vgl. speziell das Achsenstreichen der Falkenfluh-Antiklinale). Indessen ist bei der Deutung dieser Erscheinungen im W Zurückhaltung geboten, da der Verlauf der tektonischen und stratigraphischen Linien, d. h. das ganze Strukturbild überhaupt, im Abschnitt westlich der Emme-Linie zur Hauptsache durch den alten miozänen Erosionsrand bedingt erscheint.

Zu den Verbiegungen in der Kartenebene gesellen sich auch solche im Längsprofil. Doch ist es bis heute noch nicht möglich, ein vollständiges Bild von den axialen Schwankungen der s. M. zu entwerfen. Im allgemeinen darf wohl gesagt werden, dass die zentralen Nagelfluhschüttungen tektonisch zu Kulminationen Anlass gaben, die Zwischengebiete zu Depressionen. Eine in den Sektor Speer-Regelstein fallende, die ganze s. M. ergreifende Kulmination scheint sich auch im Kartenbilde abzuzeichnen³⁹⁾. Eine sichere Kulmination weist die A_1 im Bereiche von Urnäsch und Sitter auf; sie zeichnet sich auf der Karte in der Breite des Chattienstreifens vor der Gäbriszone deutlich ab. Das Axengefälle gegen E ist auf dem linken Rheintalrand direkt feststellbar. Schon früher erwähnt wurde eine Kulmination der inneren Zone der s. M. zwischen Gstellfluh und Kridegg. Auch hier ist das östliche Axialgefälle im Gelände erkennbar. Man wird solchen axialen Schwankungen innerhalb der s. M. in Zukunft vermehrte Aufmerksamkeit schenken müssen, denn sie können für eine vertieftere Interpretation der Tektonik und für manche morphologischen Erscheinungen von Bedeutung werden.

³⁸⁾ Man betrachte die Burdigalien/Aquitaniengrenze!

³⁹⁾ Die p. 123 erwähnte Teilkulmination der Hohrone liegt an ihrem W-Rand.

Noch 2 Fragen drängen sich bei der Betrachtung der Übersichtskarte auf: Die Frage nach der Abgrenzung der s. M. gegen die mittelländische Tertiärplatte und die Frage nach der Bedeutung der auf BAUMBERGER zurückgehenden Zweiteilung in innere und äussere Zone der s. M.

Als N-Rand der s. M. gilt seit KAUFMANN und GUTZWILLER „die nördliche Grenzlinie der alpinen Hebung“, d. h. die Grenze zwischen dislozierter und ungestört flachliegender Molasse. Ganz abgesehen davon, dass eine solche Linienziehung wegen des allmählichen Überganges so gut wie unmöglich ist, zeigt ein Blick auf die Karte sofort, dass eine derart definierte s. M. etwa im Aarequerschnitt dank der flachwelligen Verbiegungen nördlich der Zulg und im Seeland bis in den Jura hinein reichen würde. Man muss sich also, da eine Abgrenzung der s. M. aus Zweckmässigkeitsgründen nicht zu umgehen ist, nach einer anderen Abgrenzung umsehen. Hiefür käme z. B., falls eine die ganze Schweiz durchziehende einheitliche nördliche Antiklinale bestünde, die Scheitellinie dieser Antiklinale in Betracht. Nachdem aber eine nach der alten Anschauung vom Rhein bis zum Léman sich erstreckende „nördliche Hauptantiklinale“ mit der Feststellung ihrer axialen Endigung bei Marbach illusorisch geworden ist, und nachdem die nördliche Antiklinale schon zwischen Ricken und Sihl durch einen komplexeren Bau unterbrochen erscheint, empfiehlt sich aus Zweckmässigkeitsgründen als N-Grenze der s. M. zwischen Rhein und Aare der S-Rand der aus dem Mittelland gegen S sich heraushebenden obern Meeresmolasse, d. h. die Miozän-Oligozän-Grenze. Vom Rhein bis nach Marbach als klare und einfache stratigraphische Grenzlinie im Kartenbild sich abhebend, fällt die vorgeschlagene Limitierung einzig zwischen Schangnau und der Aare zugleich mit einer tektonischen Linie (Aufschiebung der Blumen- bzw. Schangnau-Schuppe) zusammen.

Am Vierwaldstättersee hat BAUMBERGER — um noch den zweiten Punkt kurz zu streifen — eine gefaltete äussere und eine überschobene innere Zone der s. M. einander grundsätzlich gegenübergestellt. Da nun aber, aus andernorts bereits angeführten Gründen, die „Falten“ der äussern Zone nicht als gewöhnliche Antiklinalen, sondern als bereits mehr oder weniger intensiv in sich verstellte, aufgeschobene Strukturelemente aufzufassen sind, ergibt sich schon daraus, dass sich äussere und innere Zone tektonisch keinesfalls prinzipiell, sondern höchstens graduell unterscheiden. Verfolgt man schliesslich die äussere Zone vom Vierwaldstättersee gegen E und betrachtet die in ihrem Bereiche sich entwickelnden Aufschiebungen grossen Stils, so erkennt man, dass die BAUMBERGERSche Zweiteilung der s. M. höchstens lokale, aber keinesfalls regionale Bedeutung hat und daher vielleicht besser fallen gelassen würde.

3. Das Problem der Molasse-Randflexur.

Verfolgt man etwa im Querschnitt Hombrechtikon-Insel Ufenau, die ungefaltete mittelländische Molasse von N gegen den Zürichsee hin, so beobachtet man, dass sie in der Gegend von Hombrechtikon zunächst in ein ca. 10° betragendes S-Fallen abzubiegen beginnt, um dann etwa bei Feldbach mit einem ebenso starken N-Fallen zum N-Schenkel der Feusisberg-Antiklinale anzusteigen. Das südliche Schichtfallen etwa auf der Linie Rüti-Hombrechtikon hat also in bezug auf die horizontale Molasse den Charakter einer Flexur. Eine entsprechende Erscheinung, d. h. ein schwaches S-Fallen existiert nach ALB. HEIM auch am Schnebelhorn und am Bachtel. Doch am klarsten ist diese Rückläufigkeit der Molasse an der Sihl erkennbar, wo sich, wie schon KAUFMANN bekannt war, an die flache Molasse des untern Sihltales (Albisschichten) im Gebiet von Sihlbrugg eine Zone 10 — 25° betragenden S-Fallens anschliesst. Dieses flexurartige Schichtabbiegen der Molasse vor dem Anstieg zur eigentlichen dislozierten s. M. ist von ALB. HEIM (Lit. 66, p. 189 ff.) als die alpine Randabsenkung der Molasse bezeichnet und als Folge einer diluvialen, isostatischen, vertikalen Absenkung des gesamten Alpenkörpers gedeutet worden.

Wir haben uns an dieser Stelle (ohne weiter auf das Problem eintreten zu können) namentlich im Hinblick auf die flachwelligen Faltenverbiegungen der mittelländischen Molasse in der Gegend von Bern oder im Brameggebiet wenigstens die Frage vorzulegen, ob diese Flexur des Zürichsee-Sihl-Gebietes nicht einfach als letzter, gleichaltriger oder vielleicht etwas verspäteter Ausläufer der gegen das Mittelland zu verebbenden Molassedislokation aufzufassen sei. HERBORDT (Lit. 79) hat denn auch nicht von einer Flexur, sondern von einer flachen Antiklinale mit anschliessender Synklinale gesprochen; ebenso bezeichnet ZINGG (Erläuterungen zum Geol. Atlas der Schweiz, Blatt Nr. 7) die „Flexur“ als Antiklinale, die mit der „Antiklinale der Zürichseeterrassen“ zusammenfalle und von der Halbinsel Au nach Herschmettlen streiche. Zwischen ihr und der Antiklinale von Feusisberg würde sich entsprechend eine von Wädenswil über Stäfa nach Wolfhausen ziehende Synklinale einschalten. Zunächst sei betont, dass sich im N-S-Profil, wie aus den Verhältnissen im Sihlgebiet am klarsten hervorgeht (vgl. z. B. Lit. 66, Fig. 31, p. 190), das südliche Schichtfallen ohne Aufwölbung direkt aus den horizontalen Schichten entwickelt. Es handelt sich demnach geologisch jedenfalls nicht um eine Antiklinale, sondern um eine wirkliche Flexur. Man kann aber auch sagen, dass sich zwischen die Feusisberger bzw. Hohrone-Antiklinale und die horizontale Molasse im N einfach eine Synklinale einschalte, und es erhebt sich dann vom tektonischen Standpunkt aus die prinzipielle Frage, ob eine ausklingende reine Faltenbewegung überhaupt mit einer unter

das Niveau der ungestörten Schichtplatte hinabgreifenden Synklinale (Wellental) endigen könne.

Ein derartiger Fall wäre nur dann unmöglich, wenn sich der gefaltete Oberbau in einer gewissen Tiefe vom ungefalteten Unterbau längs einer glatten Abscheerungsfläche getrennt hätte. Denn dann muss die Faltenwelle mit einer Antiklinale (Wellenberg) ausklingen, die „Synklinale“ wäre somit die Folge eines flexurartigen Rücksinkens im Sinne HEIMS. Siehe A, Fig. 4.

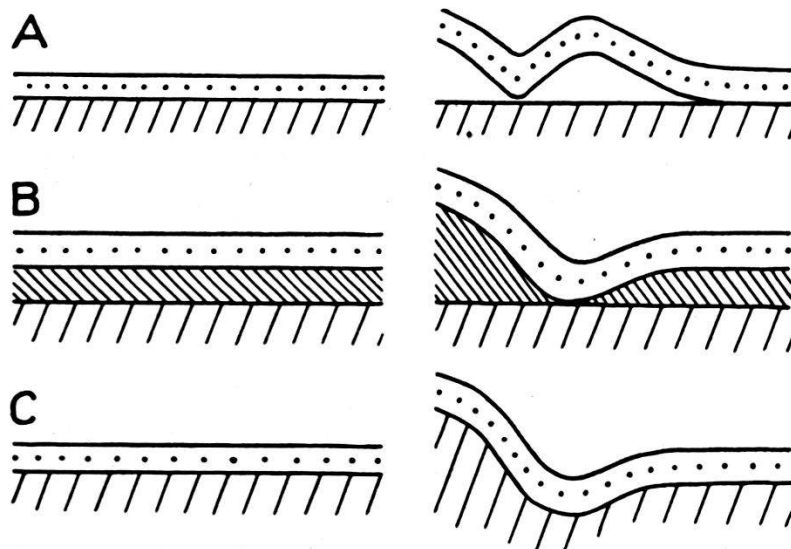


Fig. 4.

Eine flexurartige Faltenendung kann aber ohne weiteres eintreten, wenn sich zwischen gefaltetem Oberbau und starrem Unterbau eine plastische Ausgleichs-Zone von gewisser Mächtigkeit einschaltet (B), oder wenn die Faltenbewegung einen ganz bedeutenden Tiefgang mit Massenausgleich in grosser Tiefe aufweist (C).

Da die Voraussetzungen der beiden letzten Fälle B und C für die s. M. wohl am ehesten zutreffen, kann also vom molassetektonischen Standpunkt aus über den wahren Charakter der Randflexur nichts ausgesagt werden. Für die HEIMSche Deutung einer diluvialen Molasse-Alpen-Absenkung müssen daher andere, heute immer noch umstrittene Argumente (Rückläufigkeit des Deckenschotter, rückläufige Terrassen u. ä.) herangezogen werden. Hier sei, im Hinblick auf das zutreffende Postulat, dass eine Randflexur im Sinne HEIMS längs des gesamten N-Randes der s. M. erkennbar sein müsste, nur noch beigefügt, dass eine Randflexur westlich des Zugersees bis zur Aare nirgends mit Sicherheit festgestellt ist. Speziell sind die diesbezüglichen Vermutungen HEIMS und GERBERS in der Gegend von Bern durch die fortschreitende Feststellung flacher, wirklicher Faltenstrukturen illusorisch geworden, und RUTSCH betont denn auch, „dass von einer alpinen Randflexur, wie sie ED. GERBER in der Bernischen Molasse annimmt, keine Rede sein kann“ (Lit. 136, p. 19).

Auch der Übergang von der Rotenfluh-Antiklinale des Bramegggebietes zur mittelländischen Molasse gibt für die Existenz einer Flexur keine sicheren Anhaltspunkte. Doch ist bei alledem zu bedenken, dass eine Molasserückläufigkeit im Sinne HEIMS in dem (möglichen) Falle praktisch überhaupt nicht mehr erkannt bzw. von normaler Faltung getrennt werden kann, wo sie nicht mehr direkt an die flache Molassetafel anstösst, sondern innerhalb eines primär auch nur schwach gefalteten Gebietes verläuft.

H. Der Molasse-Alpen-Kontakt und das Alter der Molassedislokation.

1. Das Verhältnis zwischen Alpen und Molasse und seine Deutung.

C. ESCHER v. D. LINTH hatte als erster klar erkannt, dass die Kalksteinformation das Molassegebirge überlagere. Die alpinen Decken haben den Molasse-S-Rand überfahren, dieser sinkt S-fallend unter die alpine Deckenfront ein.

Ausnahmen von dieser Regel sind nur selten und als durchaus lokale Störungen, als Aufschürfungen zu bewerten: Im Rachtobel (Weissbachgebiet) stossen Nagelfluhbänke saiger oder bis 60° N-fallend an die Säntis-Decke an. Die scheinbar synklinale Schichtstellung in diesem südlichsten Molasseprofil durch die östliche Stockbergzone fällt zusammen mit bedeutenden Abweichungen von den normalen Streichrichtungen (siehe ARN. HEIM Lit. 75, p. 41 und Tafel II Profil 7; LUDWIG Lit. 108). Nordfallende Nagelfluhhorizonte erwähnt ARN. HEIM (Lit. 68, p. 446, Tafel VIII, Profil 3; Lit. 71, p. 637) vom Alpenrand am Flibach, und einen sozusagen senkrechten Molasse-Alpen-Kontakt zeichnet OCHSNER (Lit. 121, Profil IV, p. 654) südlich des Austock (Wäggital).

Derartige lokale Abweichungen im Zusammenhang mit einem da und dort zu beobachtenden Steilerwerden der Molasseschichten gegen den Alpenrand führten BURCKHARDT — und GUTZWILLER zum Teil — zur Annahme einer synklinalen Rückstülpung am Molasse-S-Rand. Heute wissen wir, dass KAUFMANN mit seinen, eine normale, S-fallend unter die Alpen einsinkende Molasseserie darstellenden Profilen recht hatte, und betrachten beispielsweise den über 2 km mächtigen Nagelfluhkomplex der Stockberg-Speer-Hirzli-Zone als den normalen S-Schenkel der Biltener Antiklinale.

Den ursprünglichen S-Rand der Molasse darf man mit ALB. und ARN. HEIM etwa auf eine Linie Sennwald-Näfels-Brunnen-Sachsels-Beatenberg-Zweisimmen-Villeneuve-Bonneville, d. h. in die „Senkungszone“ der Helvetiden, zurückverlegen. BECK (Lit. 19, p. 100) kommt auf Grund gewisser Überlegungen an Hand einer Isogammen-Karte sogar zu einer Linie Ragaz-Tödi-Münster im Goms-Goppenstein-Martigny. Nach ihm hätten die nördlichen Zentralmassive den einst sehr südlich gelegenen Molasse-S-Rand weitgehend überschoben. Jedenfalls beweisen die Verhältnisse im Val d'Illeiez, dass