



Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Bericht vom 1. Oktober 1911.

Inhalt: Eingesendete Mitteilungen: A. Spitz: Gedanken über tektonische Lücken.
— Literaturnotizen: J. G. Richert. — Einsendungen für die Bibliothek.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Eingesendete Mitteilungen.

Albrecht Spitz. Gedanken über tektonische Lücken.

Die folgenden Zeilen wurden durch Aufnahmen im Engadin angeregt, welche ich in Gemeinschaft mit G. Dyhrenfurth seit mehreren Jahren betreibe. Beim Versuche, mir über die Entstehung mancher der merkwürdig unvollständigen Profile Rechenschaft zu geben, kam ich zu der Anschauung der „Gleitbretter“, mechanischer Einheiten, die eine vom ursprünglichen Faltenbau ganz unabhängige Bewegung erlauben und schließlich zu dessen vollständiger Auflösung führen können. Dabei erkenne ich den Schicht- als Bewegungsflächen eine große Rolle zu; alles folgende gilt daher selbstverständlich nur für wohlgeschichtete Serien.

Es sei hier ausdrücklich bemerkt, daß die nachstehenden Überlegungen weder auf Vollständigkeit noch auf Neuheit Anspruch machen. So mancher Feldgeologe mag sich ähnliches gedacht haben und vieles ist gewiß auch in der unübersehbaren tektonischen Literatur enthalten; ich habe davon nur herangezogen, was mir gerade besonders nahe liegt. Zweck dieser Zeilen ist vielmehr, auf den bisher wenig beachteten Dislokationstypus der Gleitbretter hinzuweisen, einige schematische Entstehungsmöglichkeiten zusammenzustellen und zu einer Diskussion anzuregen; namentlich wäre es zu begrüßen, wenn man mit physikalischen Methoden an die Untersuchung solcher Fragen heranträte, da man auf geologischem Wege bisher nicht einmal über die mechanischen Grundbegriffe Klarheit zu erlangen vermochte.

I.

Betrachten wir irgend ein stark gestörtes alpines Profil: gewöhnlich fehlt der Mittelschenkel (zum Beispiel in der helvetischen Region); oder es herrscht Schuppenstruktur, die sich im wesentlichen auf denselben Bauplan zurückführen läßt. Ist einmal an einer anderen Stelle eine Lücke vorhanden, so sagt man: diese Schicht ist „verquetscht“ und

rekonstruiert eine lokal etwas gestörte Falte, ohne viel danach zu fragen, wohin die fehlenden Schichten gekommen sind. Und doch führt diese Frage zur Einsicht, wie sehr Faltenschema und namentlich Ausquetschung in ihren Wirkungen überschätzt werden¹⁾. Mit diesen beiden Faktoren allein kann man der so überaus mannigfaltigen Erscheinungsform der Lücken nicht ohne mechanische Ungeheuerlichkeiten gerecht werden. Wir wollen uns daher zunächst die Frage stellen: Auf welche Weise kann in einer konkordanten Schichtfolge ein Glied verloren gehen? und dabei der Vollständigkeit halber auch die geläufigen Fälle kurz besprechen:

1. Ausquetschung.

Wird eine (relativ) plastische Schicht zwischen zwei starren Massen lokal stärker gepreßt, so weicht sie an die Stellen geringeren Drucks aus; an der Druckstelle erfolgt Verdünnung, die bis zum vollständigen Verschwinden führen kann, in der Nachbarschaft aber notwendigerweise Anschoppung²⁾, verbunden mit Aufwölbung (Abstauung) der hangenden starren Schicht. Diese Anschoppung wird sich je nach der Plastizität der weicheren Schicht in Stauungsfältelung, in Anwanderung auf Ruschel- oder Bruchflächen³⁾ oder in bloßer Verdickung äußern. Zu einer Summierung solcher lokalen Druckkräfte scheint es auch in stark gestörten Gebieten nicht zu kommen, da man sonst die weicheren Schichten lediglich in Form isolierter Linsen von ungeheurer Mächtigkeit antreffen müßte. Die Wirkung der Ausquetschung ist also nur eine lokale. Beispiele im Felde sind die so überaus häufigen Mächtigkeitsschwankungen. Als Ausquetschung durch bloße Belastung faßt C. Diener⁴⁾ die Störungen in den Sockelschichten der süd-tiroler Dolomitstöcke auf. Hierher gehört auch die vollständige Ausquetschung (étrangement) einer Falte, wie sie neuerdings A. Buxtorf⁵⁾ in der Weißensteinkette (Jura) annimmt. Die Bedeutung der Schichtflächen bei diesen Bewegungen liegt auf der Hand.

2. Streckung, Zerrung, Plättung (étirement, lamination).

a) Wird eine starre Masse über eine weichere (relativ) ruhende Unterlage bewegt, so quillt diese an der Stirn der Überschiebung beständig auf⁶⁾. Infolge des Vorwärtswanderns der Belastung entsteht

¹⁾ Auch Rothpletz stellte diese Frage bei seiner Kritik der Auswälzung von Mittelschenkeln.

²⁾ Wo eine solche fehlt, kann man also nicht mehr von Ausquetschung reden.

³⁾ Erstere bei schiefriegen, letztere bei spröden Gesteinen, welche unter Druck zerspringen.

⁴⁾ Vergleiche Bau und Bild Österreichs, pag. 548.

⁵⁾ Beiträge z. geolog. Karte d. Schweiz. N. F. 21, Profile auf pag. 93.

⁶⁾ Unter Umständen kann sich die Schubmasse an diesem Hindernisse stauen, mit ihm verfallen, Stücke davon abreißen und mitschleppen (vielleicht läßt sich die Scholle von Couches rouges an der Basis der Brèche du Chablais der Pte. de Cananéen [nach der Darstellung von F. Jaccard, Bull. soc. Vaudoise des sciences natur. v. 43, 1907] als derartige Schlepsscholle erklären); oder es kann die Bewegung dadurch gänzlich zum Stillstand gebracht werden. Als ein Beispiel dieser Art, wenn auch noch durch andere Vorgänge kompliziert, fasse ich die Verzahnung von Kristallin der Chazforâ- und Dolomit der Braulioscholle am Monte Forcola

eine ziemlich regelmäßige Verdünnung der Unterlage. Unregelmäßige Gewichtsverteilung in der Schubmasse führt in der Unterlage zur Abquetschung von Linsen, welche bei fortgesetzter Bewegung je nach den Reibungsverhältnissen entweder en place oder durch Mitschleifen gänzlich plattgedrückt, in letzterem Falle auch zerrissen werden können (basale Schlepsschollen).

Das Wesen dieses Vorganges liegt in der Verbindung von vorwärts wandernder Ausquetschung mit gleichsinnig wirkender Walzung durch die Schubmasse, wodurch die basale Schicht auf eine größere Fläche ausgedehnt wird. Hier treten noch zu den mechanischen Wirkungen der Ausquetschung jene der Streckung ¹⁾ hinzu. Ein Beispiel ist vielleicht die gänzlich zerfetzte Trias an der Basis der Préalpes romandes, die offenbar als Gleitschicht diente.

b) Ist die Reibung zwischen der Schubmasse und einer starren Basisschicht lokal größer als im Liegenden der letzteren, so wird die Schubfläche hierher verlegt, die basale Schicht gezerrt, bis sie zerreißt und so selbst gewissermaßen zum tiefsten Glied der Schubmasse wird. Ist die Basis eine liegende Falte, so kann sie durch die darüber hinweggehende Schubmasse (Traneau écraseur Termiers) vollkommen plattgedrückt und zerrissen werden. Ein Beispiel ist vielleicht die Griesstockdecke bei Heim ²⁾. Auch bei diesen Bewegungen ist die Bedeutung der Schichtflächen offenkundig.

3. Auswalzung des Mittelschenkels.

Sie ist eigentlich nur ein besonders wichtiger Spezialfall der Streckung unter Belastung (= Walzung).

a) Nach Heim entsteht eine Verwalzung des Mittelschenkels in einer schiefen Falte dadurch, daß Mulden- und Antiklinalkern in entgegengesetzter Richtung bewegt werden. Die Punkte *a* und *b* (Fig. 1, Schema 1) wandern dabei in der Richtung des Pfeils in den Mittelschenkel, wodurch Sattel und Mulde auf ihrer eigenen Stirn „fortrollen“; doch ist der Betrag des gesamten Vorschubes größer als der Materialzuwachs des Mittelschenkels, welcher daher gezerrt wird. Dieses Schema ist nur auf eine vereinzelt Falte anwendbar. Angesichts eines regelmäßigen Bündels schiefer Falten drängt sich nämlich der Zweifel auf, ob hier — von der tiefsten Falte abgesehen — überhaupt muldenwärts gerichtete Kräfte in Wirksamkeit treten können, da die Falten bei Zusammenpressung doch nur in der

in den Engadiner Dolomiten auf, worüber an anderer Stelle berichtet werden soll; vorläufig vergleiche O. Schlagintweit, Geologische Untersuchungen in den Bergen zwischen Livigno, Bormio und Santa Maria im Münstertal. Zeitschr. d. D. G. G. 1908, Profil 7 u. pag. 256.

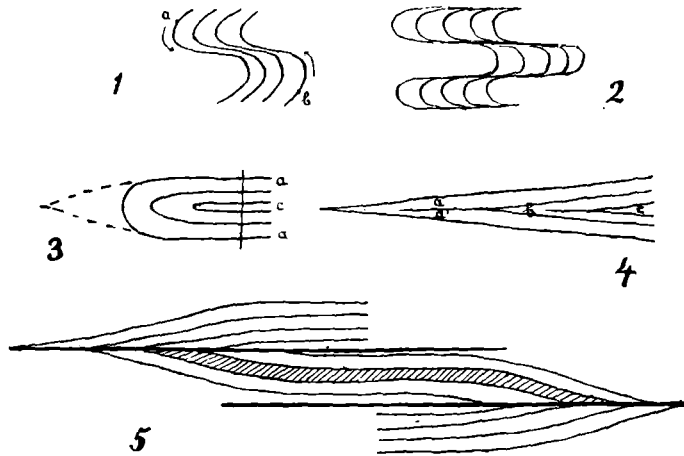
¹⁾ Streckstreifen senkrecht auf das Streichen. Solche im Streichen (zum Beispiel in den Tauern) lassen sich vielleicht durch die Bogenform der Decken allein erklären (vergleiche auch Arnold Heim, Säntisgebirge, pag. 493). Kann man das gelegentliche Zusammenvorkommen von Fältelung und Streckung (zum Beispiel im Verrucano des Münstertals) als geplättete Kleinfältelung erklären?

Streckung ohne Belastung (Zerrung) ist theoretisch bei manchen Gleitbewegungen und Biegungen (vergleiche die alten „Aufbrüche“) zu erwarten.

²⁾ Albert Heim, Die vermeintliche „Gewölbeumbiegung“ des Nordflügels der Glarner Doppelfalte. Vierteljahrsschrift d. Züricher naturforsch. Ges. 1907, Tafel 5.

Richtung des freien Raumes, also sattelwärts, wachsen können (Poussée au vide)¹⁾. Ebenso ist es fraglich, ob ein neuer Sattel erst dann entstehen kann, wenn der nächstältere sein Wachstum vollständig eingestellt hat. Gibt man die Möglichkeit gleichzeitigen Wachstums der Sättel zu²⁾, so kann man nicht mehr von einem Fortrollen der Antiklinalen sprechen, da ja die Sättel dabei gewissermaßen ihre eigenen Mulden aufzehren müßten³⁾. Die größte Höhe der Sättel bei gleichzeitigem Wachstum ist vielmehr (von Verdünnungen natürlich abgesehen) erreicht, wenn die Schenkel vollkommen parallel stehen (= $\frac{1}{2}$ des ursprünglichen Ablagerungsraumes); die Falten sind dann ausgereift. Sollen die Sättel darüber hinaus wachsen, so müssen Zerreißen der Schenkel eintreten (vergleiche 3, Fall e), und zwar ist in diesem Falle keiner der beiden Schenkel durch die Natur der Bewegung vor dem anderen besonders bevorzugt.

Fig. 1.



Einige Beispiele liegender Falten.

b) Anders in einer schiefen Falte, die von vornherein stark unsymmetrisch (flexurartig) angelegt ist. Hier werden sich die Bewegungsdifferenzen zwischen andrängendem und ruhendem Land in dem kurzen Mittelschenkel besonders stark konzentrieren und ihn daher leicht zerreißen. Ein Fortrollen findet dann nicht mehr statt⁴⁾, der Antiklinalteil bewegt sich über den Muldentheil und Punkt *a* behält seine Lage auf der Gewölbebiegung stets bei.

¹⁾ Bei Verknetung zweier tektonisch getrennter Massen können natürlich Unterschiebungen, beziehungsweise unregelmäßige Stauchungen stattfinden.

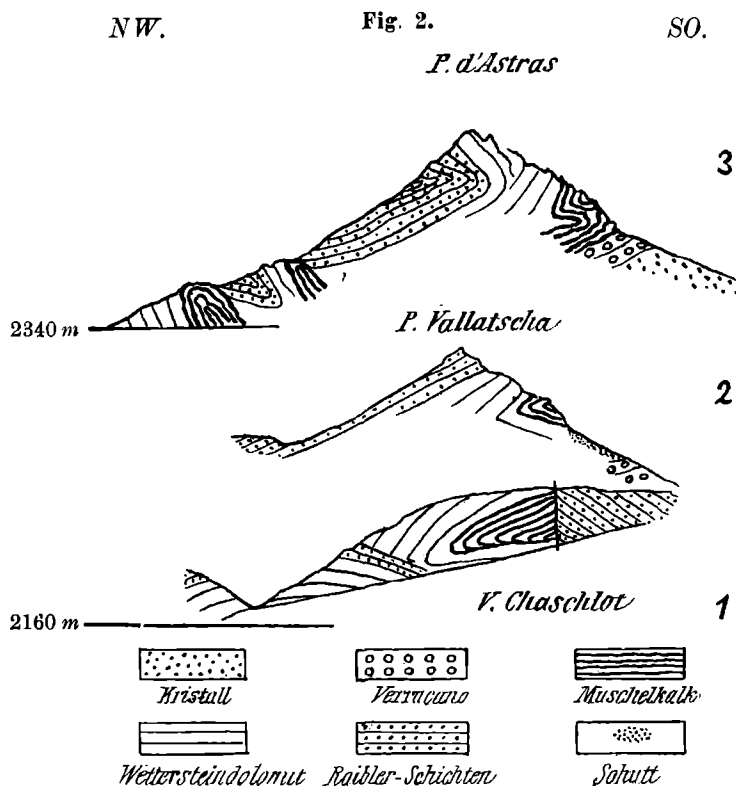
²⁾ Wozu das Vorkommen von Lücken im hangenden Mittelschenkel einer Antiklinale zwingt. Vergl. 3, Fall c und Fig. 2.

³⁾ Spitz gepreßte Sättel können überhaupt nicht rollen.

⁴⁾ Trifft eine Schubmasse an ihrer Stirn auf ein Hindernis, das sie nicht mitzuschleppen vermag, so kann sie sich daran stauen, bis sie sich faltenförmig darüber wälzt (Drehfalte, Suess).

Die mechanische Wirkung dieser Bewegung ist von jener der Streckung (unter Belastung) nicht wesentlich verschieden. Auch hier werden die betroffenen Schichten auf eine größere Fläche ausgedehnt. Die Schichtflächen dienen dabei in hohem Maße als Gleit- und Bewegungsflächen.

Beispiele von Falten mit verwalzten Mittelschenkeln, die sich nicht auch als Drehfalten¹⁾ deuten ließen, sind in den Alpen seltener als man annehmen möchte. Gewöhnlich führt man die Glarner Über-



3 Profile durch die Piz d'Astrasgruppe im Unterengadin.

Maßstab: 1:25.000.

schiebungen an, doch hat bekanntlich Rothpletz ihre Faltennatur bestritten. Ich gebe daher hier ein Profil aus den Engadiner Dolomiten, an dem die Entstehung der Auswulzung (1) aus einer liegenden Falte (3) klar ersichtlich ist. Beispiele von Verdünnungen des Mittelschenkels bieten in großartiger Regelmäßigkeit die Falten des Säntis dar (Heim).

c) Wie schon unter a angedeutet, kann bei gleichzeitigem Wachstum mehrerer Sättel auch der hangende Mittelschenkel einer

¹⁾ Vergl. pag. 288, Anmerkung 4 und pag. 294.

Antiklinale (zwischen ihr und der nächsthöheren Mulde) zerrissen werden („lag“ der Engländer). Ein schönes Beispiel bietet die Piz d'Astrasgruppe¹⁾ im Engadin (Fig. 2, Profil 3).

d) Wiederholt sich in einer Schar parallel gepreßter Falten die Verwalzung des Mittelschenkels entweder nach Schema 3 *a*, *b* oder wohl auch nach 3 *c*, so entsteht Schuppenstruktur (Suess), wie sie zum Beispiel Bittner aus den niederösterreichischen Kalkalpen beschrieben hat. Dieser sowie der theoretisch mögliche Fall,

e) daß durch starken Vorstoß der Antiklinalen beide Mittelschenkel teilweise verwalzt werden (Fig. 1, Schema 2), führt uns allmählich zu den

4. Gleitungen.

Die unter Ausquetschung und Auswalzung aufgezählten Phänomene sind zum größten Teil wohlbekannt und unter dem Einflusse der Deckentheorie hat sich die Aufmerksamkeit auch mehr als bisher auf die Streckung gerichtet; allen drei Bewegungsarten ist Verdünnung, den beiden letzteren auch Ausdehnung der betroffenen Schichten auf eine größere Fläche gemeinsam. Zwischen reduzierten und intakten Schichtgruppen besteht ein tiefgreifender mechanischer Unterschied.

Im Gegensatz hiezu hatten sich die nunmehr zu besprechenden Bewegungen bisher nicht der allgemeinen Beliebtheit zu erfreuen²⁾; Verdünnung und Ausdehnung spielen hier eine nebensächliche Rolle, die fehlenden Schichten sind selbständig gewandert, so daß die Frage nach ihrem Verbleib erhöhte Bedeutung gewinnt. Reduzierte und intakte Schichtgruppen sind mechanisch gleichwertig.

a) Betrachten wir einmal enggepreßte Falten, wie sie in den Alpen so häufig sind. Fig. 1, Schema 4, stellt eine Antikline dar, deren Schenkel noch nicht vollkommen parallel, deren Umbiegungen aber spitz gepreßt sind. Jede Schicht *a*, *b* . . . kommt mit ihrem Gegenflügel *a'*, *b'* . . . in der Achse der Falte auf eine längere Strecke zur Berührung. Um den Betrag dieser Strecke ist jede Schicht von der nächstälteren abgeglitten. In den Kern der Falte können beliebig viel ältere Schichten eintreten.

Die in Fig. 1, Schema 3, dargestellte Falte zeigt vollkommen parallele Schenkel; die Schicht *c* kommt in der Achse der Falte auf eine große Strecke mit sich selbst zur Berührung. Ältere Schichten können nicht mehr in den Kern der Falte eintreten, das ganze Schichtpaket *a—c* ist von ihnen abgestaut worden und kann sich selbständig falten (Faltungsstockwerke Ampferers, siehe pag. 292). Die Schichtfläche zwischen *c* und den älteren Schichten wird zur Gleitfläche³⁾;

¹⁾ Für die Annahme einer Unterschiebung der Mulden liegt auch hier kein Anlaß vor.

²⁾ Einer der wenigen Geologen, welche die Bedeutung solcher Bewegungen klar ausgesprochen haben, ist W. Schiller. Er hat für Gleitungen von jüngeren über ältere Schichten den Namen „Übergleitung“ vorgeschlagen. (Berichte der Freiburger naturf. Ges. 1904, Lischannagruppe, pag. 40); ich habe ihn jedoch hier nicht verwendet, da bei der pag. 293 versuchten Klassifikation der Gleitbewegungen das relative Alter von Decke und Basis gegenstandslos ist.

³⁾ Die Bedeutung der Schicht- als Gleitflächen bei Faltungen hat schon Heim betont. Daß bei enggepreßten tiefen Falten gewöhnlich keine Charnieren zu sehen sind, erklärt sich daraus, daß in Fällen des Schemas 4 spitz gepreßte

auf ihr vollzieht sich der gesamte Betrag der Verschiebung, der sich in ersterem Falle auf alle älteren Schichten gleichmäßig verteilte.

b) Unterbrechen wir unseren Gedankengang einen Augenblick.

Sowohl in Schema 4 als auch 3¹⁾ der Fig. 1 sind Flächen vorhanden, welche genau in die Richtung der Bewegung fallen. Es ist somit die Möglichkeit gegeben, daß die Bewegung die durch die Zusammenknickung ohnedies verminderte Festigkeit der Umbiegungen überwindet und die Falten in der Achse zerreißen²⁾ (Fig. 1, Schema 5). Es ist klar, daß hierdurch der bisherige Charakter der Bewegung vollkommen verändert wird, da aus Teilen sowohl der Mulden als auch der Antiklinalen neue tektonische Einheiten gebildet werden.

c) Wird ein konkordantes Schichtenpaket in der Richtung seiner Schichtflächen bewegt, so können diese ebenfalls zu Verschiebungsflächen werden und es entstehen, etwa durch die Unterschiede in der Gesteinsbeschaffenheit bestimmt — aber nicht auf sie beschränkt — auch hier ganz ähnliche, neue mechanische Einheiten. Die Geschwindigkeit jeder einzelnen von ihnen hängt ab von den lokalen Belastungs- und Reibungsverhältnissen.

d) Aber erst dann wird jede Einheit vollkommene Selbständigkeit erlangen, wenn sie nicht nur nach oben und unten, sondern auch nach seitwärts abgegrenzt ist. Das kann auf verschiedene Weise geschehen: in Schema 5 (Fig. 1) zum Beispiel durch selbständige Bewegung irgendeines beliebigen (gestrichelten) Schichtpakets (wie eben unter c auseinandergesetzt wurde); oder durch Entstehung von Trennungsflächen quer auf die Schichtung, sei es infolge von Ausquetschung oder von Streckung³⁾. Fortgesetzte Bewegung einer derart zerlegten Masse wird zu einem ähnlichen Resultat führen wie ein ins Gleiten geratener Stoß von Brettern: einige eilen voran, andere bleiben zurück, wieder andere verändern, lokalen Verhältnissen gehorchend, ihre Geschwindigkeit und tauschen miteinander die Plätze wie in einem Spiele gemischter Karten, bis schließlich die ursprüngliche Ordnung vollständig verwischt ist.

5. Für jede solche, durch zwei annähernd parallele Verschiebungs(= Gleit-)flächen⁴⁾ abgegrenzte mechanische Einheit möchte ich den Namen

Gleitbrett

vorschlagen⁵⁾; allseits abgegrenzte kann man freie Gleitbretter nennen. Sie vermögen das Fehlen ganzer Schichtpakete auf aus-

Umbiegungen leicht übersehen werden, im Falle 3 aber ein zufälliger Aufschluß öfter die ausgedehnte Region paralleler Schichten (Schnittlinie im Schema 3) als die beschränkte der Wölbung anschneiden wird.

¹⁾ Namentlich wenn auch hier die Umbiegung spitz gepreßt ist.

²⁾ Da ja eine weitere Bewegung im Sinne der Sättel hier ohne Zerreißen nicht mehr möglich ist (vergl. pag. 288) und die Mittelschenkel nicht mehr durch die Natur der Bewegung zum Zerreißen prädisponiert sind.

³⁾ „Tektonische Linsen“. Auch Erosion und Hebung an Brüchen können freie Enden schaffen.

⁴⁾ Die natürlich auch Quetsch-, Zerr- oder Walzflächen sein können!

⁵⁾ Dieser Name soll keine Stellungnahme zugunsten der Gleithypothese sein, sondern bloß die Bewegung zwischen Gleitflächen ausdrücken.

gedehnte Strecken hin zu erklären, ohne daß man — und auch das nicht immer — zu mehr als lokaler Wirkung der verdünnenden Faktoren Zuflucht nehmen muß¹⁾. Sie können aus faltenden Bewegungen hervorgehen, beziehungsweise reife Faltung ablösen, verändern aber im allgemeinen ihren Charakter vollständig und heben schließlich jede Art von Regelmäßigkeit auf. Eine Ausnahme machen hierin nur die Fälle 3 *d* und *e*, bei denen der Charakter von Mulden und Sätteln erhalten bleibt; hier werden die Gleitflächen durch Auswalzung geschaffen. 3 *d* wurde, seiner Bedeutung gemäß, schon früh unter dem Namen „Schuppenstruktur“ hervorgehoben; für 3 *e* (Schema 2 der Fig. 1) fehlt ein Name, doch dürfte dieser Fall in der Natur kaum von Bedeutung sein.

6. Rückblickend und zusammenfassend können wir die besprochenen Fälle nochmals in veränderter Ordnung, und zwar nach der Art der erzeugenden Kräfte gruppieren:

I. Die erzeugenden Kräfte wirken normal auf die Schichtflächen
Ausquetschung, Abquetschung.

II. die erzeugenden Kräfte wirken in der Richtung der Schichtflächen:

1. verdünnend

- a) durch Zerrung (= Streckung ohne Belastung) [Gewölbebiegungen];
- b) durch Walzung (= Streckung unter Belastung) [Plättung, Auswalzung von Mittelschenkeln].

2. bloß schiebend Gleitung (Gleitbretter).

II.

1. a) Da in allen unter I besprochenen Fällen die Gleitflächen aus Schichtflächen hervorgehen, so werden sie im allgemeinen sowohl untereinander als auch zur Schichtung der einzelnen Gleitbretter parallel sein. Doch zeigt zum Beispiel Profil 1 auf Fig. 2 deutlich, wie sich an einer durch Auswalzung entstandenen Gleitfläche Diskordanzen entwickeln können.

b) Lokale Widerstände an einer konkordanten Gleitfläche können zu Zerrungen und Stauungen und damit gleichfalls zu Diskordanzen führen.

c) Faltungen erzeugen bei jedem Gesteinswechsel infolge von Differentialbewegungen ebenfalls Diskordanzen; es entstehen Faltungsstockwerke²⁾ im kleinen. Dieser Fall ist sehr häufig. Jedes solche Faltungsstockwerk ist oben und unten von einer Abstauungsfläche begrenzt und kann daher selbst zu einem Gleitbrett werden.

¹⁾ Als bewegende Kraft wird man sich auch hier, wie bei Fall 2, häufig einen *traineau écraseur* vorstellen dürfen; doch ist seine Wirkung in diesem Falle eben eine andere. In ihrem Endeffekt hat Gleitbrettstruktur im allgemeinen geringere Mächtigkeit des betroffenen Packets als Ganzes und Ausdehnung auf eine größere Fläche mit den verdünnenden Faktoren gemeinsam. Ähnliche Vorgänge bezeichnet Arnold Heim als „Ausschichten“ (Säntisgebirge, pag. 483).

²⁾ Vergl. O. Ampferer, Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1906, pag. 585.

Auffallend ist, daß in den Alpen trotz der großen Verbreitung parallel gepreßter Falten doch Faltungsstockwerke im Großen nicht häufig zu sein scheinen. In der helvetischen Region zum Beispiel zeigen alle Schichten vom Gneis bis zum Flysch denselben einheitlichen Zug der Faltung. Diese muß daher entweder nach Schema 4 (Fig. 1) oder nach einem beständigen Wechsel von 3 und 4 vor sich gegangen sein.

d) Wir können also eine ganze Reihe von schiebenden und gleitenden Bewegungen zusammenfassen, bei denen die Bewegungsflächen ihrer Entstehung nach konkordant zur Schichtung, Diskordanzen daher sekundärer Natur sind (plakogene Bewegungen¹⁾, und zwar:

Faltenüberschiebungen (mit ausgewalztem Mittelschenkel); sie erzeugen Überfaltungsdecken;

ferner gleitende Bewegungen, bei denen eine Masse einseitig über die (relativ) ruhende Basis bewegt wird. Sie erzeugen Abschiebungs- oder Abgleitungsdecken²⁾;

endlich selbständige Faltung von Stockwerken an Ort und Stelle, Abstaunungsdecken³⁾.

2. Dieser Gruppe gegenüber stehen die Abscherungsdecken (kerogene Decken⁴⁾). Ihr Wesen scheint mir darin zu liegen, daß ihre Begrenzungsflächen ihrer Entstehung nach diskordant, Konkordanzen daher sekundärer Natur⁵⁾ sind. Sie können auf verschiedene Weise entstehen:

a) Durch diskordante Sprünge, auf denen Überschiebungen erfolgen („Übersprünge“), eine Ansicht, die Rothpletz seit vielen Jahren mit aller Entschiedenheit vertritt und die Suess neuerdings in Form der „lustrischen Flächen“ aufgenommen hat. Man kann sich allerdings schwer erklären, auf welche Weise lange gerade Sprünge in spitzem Winkel zur Schichtung entstehen sollen, ohne durch sie abgelenkt zu werden⁶⁾; aber nach gewissen Profilen, zum Beispiel

¹⁾ Von *πλαξ, κοσ* ebene Fläche, Steintafel, Schichtfläche.

²⁾ Als Abschiebungsdecke wäre nach der Vorstellung von L. Kober (Mitt. d. geol. Ges. Wien, 1909, pag. 492) die voralpine Serie der niederösterreichischen Kalkalpen (unter dem Einflusse der hochalpinen und Hallstätter Serie) zu bezeichnen, ebenso der Jura in der Auffassung von Buxtorf (vergl. unten); als Beispiel einer Abgleitungsdecke wären die Préalpes romandes nach der ursprünglichen Vorstellung von Schardt zu nennen. Ähnliche theoretische Vorstellungen haben Reyer und Ampferer entwickelt.

³⁾ Ein schönes Beispiel bei Arn. Heim, Mon. d. Churfürsten-Mattstockgruppe, Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz, N. F. 20, Profil pag. 16–17. Die Falte des Sichelkamm ist in den härteren Gesteinen des Urgon-Neokom und des Malm-Lias deutlich ausgeprägt, während die weichen Valangemergel alle Spannungen durch Verdickung, beziehungsweise Verdünnung ausgleichen und ungefalted bleiben; sie trennen also zwei Stockwerke. — Vergl. auch Wähner, Sonnwendjoch, wo der Malm an den engen Falten des tieferen Jura nicht beteiligt zu sein scheint (pag. 162).

⁴⁾ Von *κείρω*, ich schere.

⁵⁾ Die Nomenklatur ist noch keineswegs geklärt. Buxtorfs „Abscherungsdecke“ im Jura zum Beispiel ist nach der hier gebrauchten Bezeichnung eine Abschiebungs- oder Abgleitungsdecke, wenn der Untergrund nicht gefaltet ist; sonst wäre sie als Abstaunungsdecke zu bezeichnen (Faltungsstockwerke!).

⁶⁾ Ihre Erklärung durch Rothpletz als Drucksprünge im Sinne von Daubrée trifft nur auf ungeschichtete Massen zu!

im westfälischen Kohlenrevier, ist an ihrer Existenz kaum zu zweifeln.

b) Der von Mühlberg betonte Fall der Erosionsüberschiebung kann gleichfalls zur Entstehung von diskordanten Sprüngen führen, doch zeigt die Ausführung dieses Gedankens durch Rothpletz¹⁾ deutlich, daß hier auch Gleitungen längs der Schichtflächen eine Rolle spielen können.

c) Mehr von lokaler Bedeutung sind die Untergrundstauungen (Rothpletz), wenn eine Schubmasse an ihrer Basis Hindernisse (etwa infolge alter Erosionsflächen) diskordant abreißt.

Bei allen diskordanten Überschiebungen sind natürlich die Bedingungen für die Bildung von Myloniten besonders günstig!

3. a) Da wir im Felde meist nur Fragmente von Überschiebungen vor uns haben, so wird ihre Zugehörigkeit nicht immer einwandfrei festzustellen sein; man wird sich daher vielfach mit der Klassifizierung von konkordanten und diskordanten Überschiebungen begnügen müssen. Dies um so mehr, als nach der Vorstellung von Mühlberg, Rothpletz, Suess und anderen durch Einschleppung an der Stirn von Scherungsdecken Drehfalten erzeugt werden können, welche sich von Faltendecken mit verwalztem Mittelschenkel nur in günstigen Fällen unterscheiden lassen.

b) Ähnlich wie bei den Decken²⁾ wird auch bei dem vielfach kombinierten Typus der Gleitbretter, der sowohl durch kerogene wie durch plakogene Bewegungen entstehen kann, mit einer Klassifizierung in konkordante und diskordante Gleitbretter häufig das Mögliche erreicht sein.

III.

Das über Gleitbretter Gesagte sollen uns einige Beispiele veranschaulichen.

1. Ich bitte den Leser, die trefflichen „Untersuchungen im Ober-Engadin zwischen Albulapaß und Livigno“ von K. Zoeppritz (Berichte der Freiburger naturf. Ges. 1906), speziell die Karte aufzuschlagen. Vom Verrucano bis zum Malm herrscht hier vollkommene, lückenlose Konkordanz³⁾. Untenstehend gebe ich daraus ein Profil (von oben nach unten) über den P. Vaüglia und den P. Mezaun zum Inn (OSO—WNW). Alle Schichten fallen konkordant und mittelsteil bis flach gegen OSO. Was wir hier zunächst sehen, ist die Zerlegung der ganzen Masse in sieben Gleitbretter die zum Teil durch ganz beträchtliche Lücken getrennt sind. Der Faltenbau ist

¹⁾ Geotektonische Probleme, Fig. 40.

²⁾ Der Unterschied zwischen Decken im weiteren Sinne und Gleitbrettern ist nicht scharf; man mag ihn außer in der bedeutenderen Größe und streichenden Ausdehnung der Decken (seitliche freie Enden bei Gleitbrettern!) vor allem darin suchen, daß die Decke nur mit einer, das Gleitbrett hingegen mit zwei gleichzeitig in Wirksamkeit tretenden Gleitflächen verknüpft ist. Durch Überlagerung einer Decke von seiten einer anderen kann also erstere den Charakter eines Gleitbrettes erwerben (vergl. II, 1 c).

³⁾ Dogger ist noch nicht nachgewiesen. — Zwischen Triasdolomit und Lias habe ich keine Lücke angenommen, da das Rhät schwer zu erkennen und wohl meist zum Lias gezogen ist.

noch recht gut zu erkennen, er läßt sich auf vier Sättel und drei Mulden zurückführen, deren mittlere völlig zusammengeklappt, mit spitzer Charnière den Malm einschließt.

Antikline	{ Gneis (P. Vauglia)	7
	Triasdolomit	
Synkline	{ Lias } (Corn)	6
	Triasdolomit	
Antikline	{ Gneis	5
	Wettersteindolomit	
	Raibler Schichten	
	Hauptdolomit	(P. Mezaun) 4
Synkline	Lias von minimaler Mächtigkeit	-----
	Malm (mit Charnière)	
	Lias	
Antikline	{ Hauptdolomit	3
	Raibler Schichten	
	Wettersteindolomit	
Synkline	Lias	2
Antikline	Gneis (Inn)	1

Schreitet man vom Inn gegen NW vor (vergl. die Karte!), so verschwinden allmählich die Gleitbretter 2, 3, 4 ohne Charnieren an einer langen Linie, so daß Gneis 1 mit Gneis 5 in Berührung tritt; die Gleitbretter werden gegen N „frei“ (durch Scherung?). In ähnlicher Weise wird Gleitbrett 6 gegen N und S frei.

Was nun die Lücken anbelangt, so lassen sich jene zwischen 3 und 7 gewiß auch durch Ausquetschung, Zerrung und Auswalzung (des liegenden Mittelschenkels) allein erklären. Nicht so bei 1—3. Hier scheinen mir die fehlenden Schichten in Form echter Gleitbretter selbständig gewandert zu sein, genau so wie es bei weiterer Bewegung die Einheiten 1—7 auch heute noch täten. Die fehlenden Schichten sind also den in diesem Profile vorhandenen Gleitbrettern mechanisch vollkommen gleichwertig.

Ganz ähnlich wie Gleitbrett 6 am Corn findet man auch südöstlich davon zwei lange, schmale Bretter von Dolomit an beiden Enden frei im Gneis stecken. Auch den Fetzen von Liasschiefer im Granit des Albulatunnels (Zoeppritz, pag. 15) erkläre ich mir als Rest einer zusammengeklappten Mulde (wie Zoeppritz eine solche in der Nähe nachwies), deren Schenkel als Gleitbretter weggewandert sind.

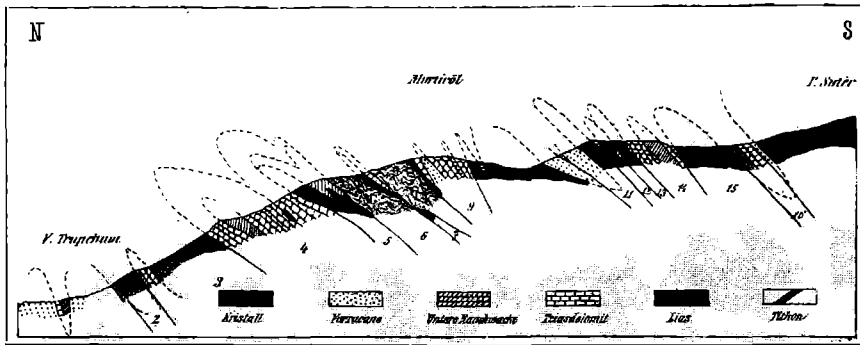
2. In noch viel großartigerer Weise sehen wir dieselbe Erscheinung am Murtiröl bei Scanfs (Fig. 3, nach Zoeppritz im wesentlichen kopiert). Es ist klar, daß wir hier nicht etwa Schuppen, sondern Gleitbretter — und zwar gleich 17! — vor uns haben. Diese Zahl ist wahrscheinlich noch zu niedrig gegriffen, da die hiebei gemachte Annahme, daß der „Triasdolomit“ die gesamte Trias umfaßt, den Tatsachen kaum entsprechen dürfte¹⁾. Obwohl sich im großen

¹⁾ Das Rhät dürfte auch hier im Lias enthalten sein. — Einige Trennungsflächen bedürfen der Erläuterung: Zwischen 3 und 4 schaltet sich nach kurzen

und ganzen noch die Reste von zwei Liassynklinalen zwischen drei Antiklinalen erkennen lassen, so wäre es hier noch viel weniger am Platze, die Lücken bloß durch Ausquetschung, Streckung und Auswölbung zu erklären, wenn auch die Beteiligung dieser Faktoren durchaus nicht geleugnet werden soll.

Ein Beispiel soll das erläutern: Verfolgt man auf Zoeppritz' Karte das Gleitbrett 4 nach Osten, so sieht man, daß es mit einem schmalen Sporn von Rauhwanke und Verrucano zwischen dem Lias von 3 und 6 unter das Tal sinkt. Eine Ausquetschung des harten Triasdolomits zwischen den Verrucano- und Liasschiefern kann natürlich nicht stattgefunden haben, abgesehen davon, daß der Dolomit im ganzen Bereiche des Murtiröl nirgends angeschoppt ist.

Fig. 3.



Profil durch den Murtiröl bei Scans im Oberengadin, nach Zoeppritz.

Maßstab: 1:50.000.

Bei der Annahme von Streckung sollte man erwarten, daß sich die Wirkung nur auf die unmittelbare Basis der (höchsten) Gneismasse des P. Sutir—P. Vaüglia (17) erstreckte; sie geht aber in gleicher Weise durch den ganzen Murtiröl. Und was für eine riesige Masse müßte die Rolle eines *traineau écraseur* gespielt haben, wenn man die ganze, heute noch zirka 4000 m mächtige Murtirölzone bloß als ihre zerfetzte Basalschicht ansehen wollte!¹⁾

Auswölbung endlich kann das sprunghafte Verschwinden des Dolomits im Liegenden (und auch im Hangenden) des Verrucano auf eine Erstreckung von kaum 1 km nicht erklären, da ja ihr Effekt entweder gleichmäßige Verdünnung oder Zerreißen in sehr gering mächtige Linsen sein müßte.

Strecken mehrmals Malm ein; desgleichen wird die Trias zwischen 10 und 11 weiterhin durch Malm abgelöst. Der Verrucano zwischen 16 und 17 verschwindet schon nach ein paar Schritten.

¹⁾ In diesem Falle müßte die Streckung gleiche Schichtgruppen in gleicher Weise betreffen und es wäre nicht verständlich, weshalb zum Beispiel der Triasdolomit in 4 vorhanden ist, unmittelbar darüber, in 5 und 7 aber vollständig fehlt!

Als beste Lösung erscheint mir folgende: Der Dolomit 4, unser Verrucano, der Gneis 5 (und ein entsprechender Gneis am Ostende) sowie ein über den beiden letzteren auftretender Dolomit 5 *a* gehören zusammen und bilden den Rest einer sekundären Antikline im Lias 3—6. Sie ist in ebenso viele freie Gleitbretter als hier aufgezählt zerlegt. Der Kern ist stellenweise weiter vorgewandert als Teile der Schenkel und so kommt es, daß der Gneis im Dolomit steckt und der Verrucano wie ein Keil durch den Dolomit hindurch und zwischen die Schichten des Lias eindringt; wären diese wenigen Meter Verrucano lokal zerrissen, so lägen beide Systeme von Lias vollkommen konkordant aufeinander, ohne die geringste Spur einer Störung erkennen zu lassen! Doch ist auch, wie schon oben (pag. 295 Anmerkung) erwähnt, der Kontakt von 4 und 3 anormal.

In ähnlicher Weise erkläre ich mir auch den Gneiskeil 7 im Lias und manche andere Lücke; ja man ist angesichts der überwältigenden Einheitlichkeit des Dislokationstyps am Murtiröl fast versucht, diese Erklärung zu verallgemeinern und den verdünnenden Faktoren bloß eine sekundäre Bedeutung (Entstehung der freien Enden) zuzugestehen. Dabei will ich das Vorhandensein eines *traîneau éraseur* nicht ausschließen, betrachte ihn hier aber weniger als streckende denn als bewegende und schiebende Kraft; in diesem Sinne mag auch jedes Gleitbrett auf seine Nachbarn wirken. Aber auch wer der hier skizzierten Anschauung über die Entstehung der Lücken nicht zustimmt, wird sich kaum des Eindrucks erwehren können, daß die heute noch am Murtiröl vorhandenen Gleitbretter bei weiterer Bewegung (von den Erosionseinschnitten sei abgesehen) zur Entstehung von Lücken in der geschilderten Art führen würden.

3. In größter Ausdehnung finden wir Gleitbrettstruktur in der durch die Arbeiten von Lorenz, Hoek und Seidlitz genauer bekannten Graubündner Aufbruchszone. Hier ist die Zerlegung stellenweise so weitgehend, daß sich keine Gesetzmäßigkeit mehr erkennen läßt, die ganze Zone vielmehr, wie Hoek sagt, einem „aus losen Blättern gemischten Kartenspiele“ gleicht. Diese Worte geben denselben Eindruck wieder, wie der von mir gebrauchte Vergleich mit einem Stoß von Brettern. Hier mag der ostalpine *traîneau éraseur* auch wirklich verdünnend gewirkt haben.

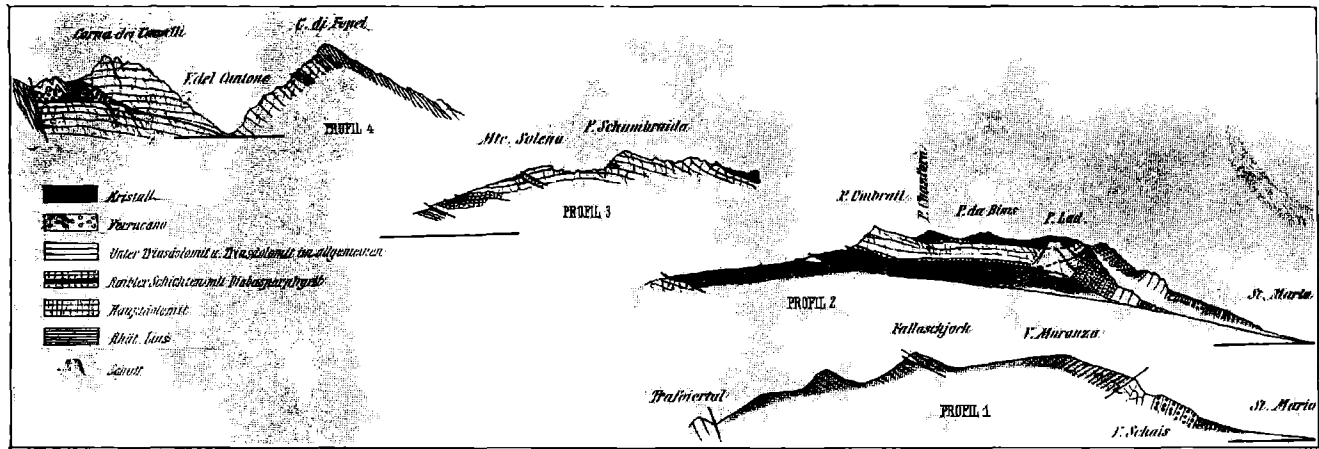
4. Die Entstehung der Lücken vermögen wir am Beispiel der Braulioüberschiebung recht gut zu überblicken. Gehen wir vom Profil 2 der Fig. 4 aus:

Über den kristallinen Schiefern des Münstertals baut sich die Trias vom Verrucano bis zum Hauptdolomit¹⁾ vollständig konkordant²⁾ auf, bedeckt von einer ebenfalls konkordanten Kappe von Kristallin. In V Muranza schneidet jedoch eine von Schlagintweit entdeckte und von Hammer bestätigte Verschiebungsfläche zwischen basalem Gneis und Trias durch, so zwar, daß die steilgestellten Raibler

¹⁾ Das Alter dieses Dolomits ist bestimmt durch seine Verknüpfung mit Kalkschiefern der Trias-Rhätgrenze weiter im W (Monte Praveder-Dössradond).

²⁾ Der Diabas des P. Lad ist keine Einfaltung des Grundgebirges (Schlagintweit), sondern ein Lager in den Raibler Schichten, wie an anderer Stelle näher ausgeführt werden soll.

Fig. 4.



4 etwas vereinfachte Profile durch die Braulioüberschiebung (Profil 1 nach Hammer, unter Hinweglassung des Schuttes).

Maßstab: 1:100.000.

Der Quarzphyllit am Nordfuße des P. Lad inmitten des Gneises wurde mit der Signatur des Verrucano bezeichnet, um ihn als jüngere Zwischenlage hervorzuheben.

Links ist Süden, rechts Norden und zwar verläuft Profil 1 von SO nach NW, 2 und 3 von SSW nach NNO und 4 von SW nach NO. Der horizontale schwarze Strich unter 1 und 2 bedeutet die Höhe von 1400, unter 3 und 4 von 2000 m.

Schichten des P. Lad an den Schichtköpfen von gleichfalls steil S fallendem Granitgneis abstoßen. Gegen den P. Umbrail zu legen sich zwar Trias und Muranzagneis konkordant, aber zwischen beiden fehlt die ganze ältere Trias mit dem Verrucano. Es fragt sich nun, welcher Art die Bewegung an dieser Fläche war und wohin die fehlenden Schichten gekommen sind.

In unserem Profil fällt die vollkommene Analogie zwischen dem Bau des Muranzagneises und der Masse des P. Umbrail—P. Lad auf; beide bilden eine Mulde mit steilem Nord- und flacherem Südflügel, beide sind aber gegeneinander etwas verschoben. Richten wir diese Bewegung aus, bis der südfallende Flügel des Muranzagneises in die Fortsetzung des ebenso fallenden Gneises im Münstertal¹⁾ kommt, so ersehen wir daraus, daß der Muranzagneis gegenüber der Trias (relativ) um einige Kilometer gegen S vorgeschoben worden ist. Aber auch im ausgerichteten Profil kommen unter dem Umbrail noch immer Raibler Schichten mit Gneis in Berührung. Die fehlende Untertrias kann hier unmöglich verquetscht, gestreckt oder verwalzt worden sein, wie aus dem diskordanten Verlauf der Gleitfläche unter dem P. Lad unabweislich hervorgeht, wenn man nicht zu ganz unwahrscheinlichen Konstruktionen greifen will. Sie muß also, noch von einer zweiten Gleitfläche begrenzt, als echtes Gleitbrett weggewandert sein.

Auch auf die Frage: Wohin? glaube ich antworten zu können. Verfolgen wir zu diesem Zwecke die Brauliotüberschiebung weiter gegen W, wobei wir uns von der Streichlinie der Umbrailgruppe immer mehr gegen S entfernen. Der Gneis von V. Muranza dünnt in V. Forcola ziemlich plötzlich aus und man möchte meinen, aus der Überschiebung sei eine liegende Falte geworden. Das ist aber unrichtig, denn ein von Schlagintweit entdeckter Keil von Gneis (und dieser ist nicht der einzige) mitten im Dolomit des Monte Solena (Profil 3) beweist, daß hier die scheinbar einheitlichen Raibler Schichten durch Gleitflächen zerlegt sind. Noch weiter westlich, am Monte Cornaccia, sind auch diese verschwunden und es liegt der Hauptdolomit direkt auf Rhät, jedoch mit einer scharfen Diskordanz²⁾. Erst zirka 17 km westlich der V. Forcola und zirka 8 km südlich der Streichlinie des Umbrail treffen wir wieder ältere Schichten (Profil 4). Man sieht hier einige Falten und Fetzen von gut erkennbarer älterer Trias mit einigen Vorkommnissen von Gneis, die ihrer geringen Ausdehnung wegen wohl eher den Namen von Linsen als Gleitbrettern verdienen. Diese ganze von Zoeppritz entdeckte Masse liegt nicht auf dem Hauptdolomit der Corna dei Cavalli, wie Schlagintweit annahm, sondern geht deutlich in ihn hinein und ihre Fortsetzung läßt sich als scharfe Diskordanzlinie bis V. del Cantone verfolgen, wo sie unter das Tal sinkt. Hier finden wir also jene älteren Schichten, die im Profil des Umbrail und Solena fehlen und dieses Beispiel berechtigt uns, sie auch dort im Süden zu suchen. Die Linsen von Gneis in den Profilen 3 und 4 lassen übrigens vermuten, daß auch die große Masse

¹⁾ Dieses Fallen beherrscht die ganze Südseite des unteren Münstertals.

²⁾ Sie wurde zuerst von S. Franchi entdeckt, der mir freundlichst davon Mitteilung machte.

des Muranzagneises nicht mehr mechanisch einheitlich, sondern durch Gleitflächen zerlegt ist und vielleicht ist das kleine Gleitbrett von Triasdolomit, das südlich des P. Umbrail mitten im Gneis steckt, nicht als eigene Mulde, sondern als Rest der vorgeschobenen Untertrias zu betrachten, die zwischen die Gleitflächen des Gneises geraten ist¹⁾. Der mächtige untere Hauptdolomit der Corna dei Cavalli scheint dafür zu sprechen, daß die Überschiebung aus einer Falte hervorging, womit auch ihre große Länge harmonieren würde. Sein merkwürdiges Verhältnis zum Lias ist nur lokal, wenige Kilometer östlich und westlich sind er und die Untertrias verschwunden und der obere Hauptdolomit liegt konkordant auf dem Lias — scheinbar eine unbedeutende Überschiebung; doch noch an ihrem Westende (V. Torta bei Cinuskel im Engadin) erkennt man, daß der Lias ohne Einschaltung von Rhät und ohne Umbiegung, als echtes Gleitbrett zwischen diesem und jenem Hauptdolomit endigt, der ihm als Basis diente.

Wir sehen also hier eine Serie, die derart zerlegt ist, daß die ältere Trias des hangenden Flügels mit einzelnen Resten von Gneis stärker gegen S bewegt wurde als der Gneiskern und dieser wieder stärker als der hangende Hauptdolomit; die relative Bewegung dieser drei Gleitbretter bleibt gültig, ob man nun die Schubmassen von N oder von S herleitet. Die Position der Lücken ist eine zufällige: fehlende (Lücken) und vorhandene Gleitbretter sind mechanisch gleichwertig!

Noch etwas anderes lehrt uns das Umbrailprofil: die konkordante Schichtfolge auf seiner Nordseite scheint vollkommen lückenlos zu sein und doch ist das eine Täuschung. Verfolgen wir nämlich den Kontakt von Hauptdolomit und Raibler Schichten weiter gegen W nach V. Mora hinein, so ergibt sich bald aus der Einschaltung von rhätischen Kalkschiefern in seiner nächsten Nähe²⁾, daß wir es hier nur mit dem obersten Teil des so mächtigen Hauptdolomits zu tun haben. Auch hier halte ich eine Wanderung des fehlenden Teiles in Form eines Gleitbrettes für wahrscheinlicher als jede andere Lösung, denn am P. Umbrail selbst ist der Dolomit nicht einheitlich; durch seine ganze Südwand zieht ein langes Band von Raibler Schichten, das gegen N ohne Spur einer Umbiegung keilförmig in ihm verschwindet.

Die Ursache dieser Bewegungen glaube ich in der kristallinen Decke des P. Chazforà—P. Lad sehen zu dürfen. Im ganzen unteren Münstertal liegen die dazu gehörigen Deckschollen vorwiegend auf Gliedern der tieferen Trias und auch unser Profil 2 zeigt in seinem nördlichen Teile, daß sie stellenweise direkt den Raibler Schichten aufliegen, ja sogar keilförmig in sie eindringen. Es liegt nun nahe anzunehmen, daß der Hauptdolomit durch diese Schubmasse von seiner Basis ab- und gegen S vorgeschoben wurde, wobei er einzelne Teile der Raibler Schichten mitnahm (Basis des P. Umbrail!) und selbst in Gleitbretter zerlegt wurde. Eine Bestätigung glaube ich in unserem

¹⁾ Eine Vermutung, die zuerst Herr Dr. Hammer gesprächsweise zu mir äußerte.

²⁾ Vergl. pag. 297, Anmerkung 1.

Profil 1 zu sehen¹⁾. Wie Hammer²⁾ gezeigt hat, entspricht die Trias von V. Schais jener des P. Lad und die Scholle am Fallaschjoch der Platte des P. Umbrail. Denkt man sich aber letztere im Profil 2 noch weiter nach Süden vorgeschoben, so stoßen schließlich Chazforà- und Muranzagneis zusammen und das Profil gleicht jenem durch das Fallaschjoch. Ähnlich lassen sich die meisten übrigen Gleitbretter des Ciavalatschkammes deuten.

Man sieht also, wie vorsichtig man bei Beurteilung konkordanter Schichtfolgen sein muß. Auch in unseren früheren Beispielen konnte man sich davon überzeugen. Am P. Mezaun (vergl. Zoeppritz' Karte!) folgt aus dem Verhältnis des Verrucano an der Basis von Gleitbrett 3 zum Lias von 2, daß entweder zwischen Verrucano und Gneis, oder zwischen Verrucano und Wetterstein- (+ Muschelkalk-) dolomit eine bedeutende Lücke durchgehen muß. Und in ähnlicher Weise kann man am Ostende des Gleitbrettes 4 am Murtiröl aus der Karte entnehmen, daß zwischen dem Lias 3 und 6 und dem Hauptdolomit 4 trotz des zwischengeschalteten Rhäts je eine Trennungsfläche vorhanden sein muß, wenn nicht beide gar mitten durch den Dolomit hindurchgehen! Wir pflegen eben Lücken erst dann zu registrieren, wenn eine vollständige geologische Etage fehlt und übersehen jene Fälle, wo sich die Lücke nur auf einen Teil der Etage erstreckt (wie zum Beispiel beim Hauptdolomit des P. Lad) oder gleichaltrige Schichten ganz zufällig aufeinander zu liegen kommen. Die Zerlegung in kleinere mechanische Einheiten als es die Falten sind, ist eben viel häufiger als man für gewöhnlich anzunehmen geneigt ist, da die Schichtflächen in vielen Fällen natürliche Trennungsflächen darstellen, welche in die Richtung der Bewegung fallen; ja, streng genommen, kann man sagen: Es gibt in tangential dislozierten Gebieten wohl konkordante und stratigraphisch³⁾ vollständige Profile, es gibt aber vielleicht überhaupt keine normalen Kontakte; denn bei solchen Bewegungen dürfte tatsächlich kaum eine Schicht auf der anderen geblieben sein!

Schließlich sei noch auf den merkwürdig gemischten Charakter der Gleitfläche an der Basis des Umbrail aufmerksam gemacht, die zuerst den Schichtflächen folgt und dann zu einem Scherungssprung wird. Ein schönes diskordantes Gleitbrett, über dessen Entstehung ich aber nichts auszusagen vermag, zeigt auch Profil 3 am Monte Solena. Weitere Beispiele diskordanter Gleitbretter haben W. Hammer vom Endkopf (Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1911) und W. Schiller aus der Lischannagruppe beschrieben, in welcher letzterer zwischen überschobenem Gneis und basalem Hauptdolomit der ursprünglich transgressive Lias sich als prachtvolles diskordantes Gleitbrett fortbewegt hat (Berichte der Freiburger naturforsch. Gesellschaft 1904, namentlich Fig. 14 auf pag. 63).

¹⁾ Von anderen Tatsachen in V. Mora und der Ofengegend ganz abgesehen.

²⁾ Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1908, pag. 192.

³⁾ Im weiteren Sinne.

IV.

Diese Beispiele ließen sich leicht noch um einige vermehren¹⁾. Es sei nur noch auf eines aus dem schottischen Hochlande hingewiesen (E. B. Bailey, Recumbent folds in the schists of the Scottish Highlands, mit Karte und Profilen, Quart. Journ. 1910, v. 66, pag. 586). Mehr als das stratigraphische Schema dieser Schiefer mit ihren keltischen Namen, von dem unbekannt ist, ob man es von oben nach unten oder umgekehrt zu lesen hat, interessiert uns das Vorhandensein zahlreicher liegender Falten mit vielen konkordanten Überschiebungsflächen. Und wenn man auch aus dem eben genannten Grunde nicht weiß, was Antikline und was Syncline ist, so kommt doch auf jeden Fall ein Teil dieser Flächen in den hangenden Schenkel von Antiklinalen zu liegen. Es ist nun für mich besonders erfreulich, daß Bailey in Schottland zu ganz ähnlichen Gesichtspunkten gekommen ist, wie ich in den Alpen, wenn er vielleicht auch nicht so weit geht. Zum Beleg einige Beispiele: Die Engländer pflegen Verschiebungsflächen im liegenden Schenkel einer Antikline *thrust*, im Hangenden *lag* zu nennen. Bailey faßt (pag. 594) beide unter *slide* = Gleitfläche zusammen. Ferner (pag. 601): *It seems probable too, that in almost every case sliding has not been confined to a single isolated plane, but rather has been distributed over a host of close-set parallel planes.* — Pag. 603 ist die Rede von einer „*thrust*“ und einer „*lag*“ zu beiden Seiten der „*Appin Core*“: *It is obvious, then, that the two slides are complementary, and that they combine to give to the Appin Core increased freedom of advance, or relative advance, into the heart of the other sedimentary masses, which lie above it, below it and in front of it.* pag. 617: *In fact, the cores of many of the recumbent folds have been squeezed forward so that they have virtually reacted as intrusive masses.*

Diese Arbeit ist aber auch deshalb so interessant, weil sie — im Gegensatz zu älteren schottischen Profilen — die vollständige Analogie des Dislokationstyps zwischen diesem Teil des kaledonischen Gebirges und manchen Regionen der Alpen erkennen läßt. Dieses kaum zu entwirrende Bild von langen Decken, die mit ihren Überschiebungsflächen wieder kompliziert gefaltet sind, ruft Uhligs Profile durch die Radstädter Tauern ins Gedächtnis. Ja ich kann mich von diesen und etwa Termiers Briançonnaisprofilen abgesehen, kaum eines alpinen Detailprofils entsinnen, das so sehr die Vorstellung einer gleitenden viskosen Masse erweckt, die sich wie ein Teig vorwärts bewegt, sich an allen möglichen Hindernissen staut, bis sie diese schließlich überflutet und weiterfließt²⁾.

¹⁾ Natürlich findet man auch in den Alpen außerhalb Graubündens genug Beispiele. Vergl. die „Übergleitungen“ von Plassenkalk und Oberalmschichten im Salzkammergut (E. Spengler, Die Schafberggruppe. Mitt. d. Wiener geol. Ges. 1911, pag. 247, 263) oder Kossmats Deutung der Lagerungsverhältnisse in den Gruben von Idria (Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1911, Profil pag. 372 und 375).

²⁾ Daß Baileys Profile in den wesentlichsten Zügen auf Beobachtungen beruhen, kann man aus einem Vergleich mit der sorgfältigen Karte und den Angaben im Text entnehmen.

So verlockend es ist, diese und andere Beobachtungen¹⁾ im Sinne der Reyer-Schardt-Ampfererschen Ideen²⁾ eines wurzellosen Abgleitens zu deuten, so stehen diesem Versuche unlegbar auch schwere Bedenken entgegen. Bleiben wir bei dem helvetisch-präalpinen Deckengebiet als bestbekanntem Beispiele: Abgleitungsdecken bedürfen einer „Vortiefe“. Wie kommen die helvetischen Decken aber auf die Höhe des Aarmassivs hinauf? Wir müßten denn annehmen, daß das Verhältnis von Aarmassiv, helvetischer Wurzelregion und Vorland erst durch nachträgliche Faltungen verändert worden sei; damit betreten wir aber wieder das Gebiet der Hypothese. Und von welcher Unterlage sollten kristalline Decken, wie man sie im Simplongebiet zu zeichnen pflegt, abgeglitten sein? Ich glaube, daß wir trotz der großen Bedeutung gleitender Bewegungen für die Bildung von Überdeckungen damit allein nicht auskommen.

Trotz dieser Einwürfe ist es erstaunlich, daß Ampferers gedankenreiche Arbeit so geringe Beachtung gefunden hat; und ich möchte zum Schlusse dankbar der Anregung gedenken, die ich aus ihr geschöpft habe.

Literaturnotizen.

J. G. Richert. Die Grundwasser, mit besonderer Berücksichtigung der Grundwasser Schwedens. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1911. 106 Seiten mit 69 Figuren und 11 Tafeln.

Eine durch zahlreiche Skizzen und Diagramme erläuterte klare Darstellung der wichtigsten Lehren der Hydrologie. Nach einer übersichtlichen Besprechung der verschiedenen Arten von Grundwasserströmen folgt eine praktische Anleitung zu hydrologischen Untersuchungen mit Entwicklung der Formeln für die Berechnung der Geschwindigkeit und Wassermenge bei freien Strömen mit freiem und aufgestautem Spiegel und bei artesischen Strömen. Anschließend daran werden die Methoden der in neuerer Zeit bei unzureichender natürlicher Grundwasserzufuhr wiederholt mit Erfolg versuchten künstlichen Erhöhung der Ergiebigkeit von Grundwasserströmen und der Veredlung von Oberflächenwasser in Grundwasser eingehend erörtert.

Der zweite Teil des Buches behandelt im besonderen die Grundwasserverhältnisse Schwedens, wobei über mehrere vom Verfasser dort ausgeführte hydrologische Untersuchungen näher berichtet wird. (Kerner.)

¹⁾ Vergleiche besonders die Angaben von Arbenz und Staub über das Fehlen helvetischer Wurzeln am Hinterrhein! (Vierteljahrschrift d. naturf. Ges. Zürich 1910.)

²⁾ Vergl. O. Ampferer, Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1906.