

VERHANDLUNGEN

der Geologischen Reichsanstalt.

№ 11

Wien, November

1919

Inhalt: Eingesendete Mitteilung: H. P. Cornelius: Zur Frage der Bewegungsrichtung der Allgäuer Ueberschiebungsdecken. — Albrecht Spitz †: Liasfossilien aus dem Canavese. — Literaturnotiz: J. Stiny.

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

Eingesendete Mitteilungen.

H. P. Cornelius. Zur Frage der Bewegungsrichtung der Allgäuer Ueberschiebungsdecken.

Die Allgäuer Alpen bieten innerhalb der Ostalpen wohl das klarste und bestbekannte Beispiel weitausholender flacher Ueberschiebungen.

Rothpletz (11, 12) hat als erster die Bedeutung der dortselbst mehrmals wiederholten Auflagerung ostalpiner Trias auf jüngere Bildungen mit sicherem Blick erkannt; die Arbeiten seiner Schüler Haniel (4, 5), Schulze (13), Pontoppidan (9) haben das Bild in den Einzelheiten ausgestaltet. Und Ampferers umfassende Aufnahmestätigkeit hat uns die Erscheinung erst in ihrer ganzen Großartigkeit enthüllt (1).

Besteht somit über die Tatsache selbst, den Aufbau der Allgäuer Alpen aus großen flachen Ueberschiebungsdecken, so gut wie kein Zweifel mehr, so ist dafür die Frage nach der Bewegungsrichtung eben dieser Ueberschiebungsdecken um so strittiger. Der Auffassung Rothpletz' und seiner Schüler von deren Herkunft aus Osten setzte die Deckentheorie die Behauptung eines südlichen Ursprungs entgegen. Ampferer hat seit 1911 das Nebeneinandervorkommen beider Bewegungsrichtungen betont. Während er aber anfänglich der südlichen das weitaus überwiegende Gewicht gab, scheint er neuerdings (3) umgekehrt die östliche für die maßgebende zu halten. Endlich bestritt Mylius (7, 8) die Einheitlichkeit des Ueberschiebungsvorgangs überhaupt; nach ihm sollen nur kürzere, bald gegen einander gerichtete, bald divergierende Bewegungen in verschiedenen Richtungen stattgefunden haben.

Ein längerer Aufenthalt im Allgäu im Juli und August des vergangenen Sommers bot mir Gelegenheit, neben anderem auch der Frage der Schubrichtung nachzugehen. Meine Begehungen beschränkten sich dabei in der Hauptsache auf das bayrische Gebiet; nur einzelne Exkursionen wurden jenseits der Grenze ausgeführt. Ueber das Ergebnis sei im folgenden kurz berichtet.

Für das Verständnis der folgenden Ausführungen vergleiche man die geologische Karte der Berge südlich von Oberstdorf von Haniel,

Schulze und Pontoppidan, welche der erstgenannte Autor seinem geologischen Führer (5) beigibt; sowie für die Umgebung von Hinde- lang die kürzlich (leider erst nach Abschluß meiner Begehungen) erschienene Karte von K. A. Reiser (10). Von dem zwischenliegenden, die Berge des obersten Ostrachtales und den größten Teil der Daumen- gruppe umfassenden Abschnitt fehlt leider zurzeit noch eine geo- logische Spezialaufnahme.

Was für Mittel stehen uns überhaupt zu Gebote, um die Be- wegungsrichtung einer überschobenen Masse festzustellen?

Zunächst kommt hierfür — darüber dürfte heutigentags Einigkeit unter den alpinen Geologen bestehen — das Einfallen der Schub- flächen nicht in Betracht. Nicht nur schwankt dieses im einzelnen, und vielfach außerordentlich rasch — wie fast jede genaue Begehung einer solchen Fläche dartut —, so daß man an nahe benachbarten Stellen oft zu ganz entgegengesetzten Ergebnissen käme. Sondern wir können auch von vornherein gar nicht wissen, inwieweit das heutige Einfallen ein ursprüngliches, ob es nicht vielmehr durch spätere Faltung beeinflußt ist — Beispiele von nachträglich gefalteten Schubflächen gibt es genug. Und anderseits ist ebensowenig von vornherein zu erkennen, ob nicht die Schubfläche bereits ursprüng- lich in einem von der Bewegungsrichtung abweichenden Sinne ver- bogen war — analog dem Auf- und Absteigen in der Richtung des Streichens, das von zahlreichen westalpinen Bewegungsflächen be- kannt ist ¹⁾.

Zur Entscheidung der aufgeworfenen Frage müssen wir uns also nach anderen Wegen umsehen.

Der von den westalpinen Geologen in analogen Fällen zumeist beschrittene besteht in der Feststellung des Streichens der Stirn- umbiegung: dieses muß im großen und ganzen senkrecht ver- laufen zu der Richtung des erzeugenden Schubs.

In dem uns hier beschäftigenden Falle ist dieser Weg von vorn- herein ungangbar, da Stirnumbiegungen im ostalpinen Gebirge des Allgäu unbekannt sind.

Ein zweiter Weg scheint sich darzubieten in der Feststellung des Streichens von Rutschstreifen auf den Schubflächen: solche müssen stets in der Richtung der erfolgten Bewegung verlaufen. Allein seiner Verfolgung stellen sich große Hindernisse entgegen: einmal sind die Schubflächen selbst nur selten in der erforderlichen Weise aufgeschlossen, und wenn dies auch der Fall, so werden die Rutschstreifen infolge von Abwitterung verhältnismäßig schnell un- kenntlich. Sodann aber bleibt zu bedenken, daß sich an einer ein- heitlichen Bewegungsfläche zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden- artige und verschiedenwertige Bewegungen abgespielt haben können. Einem großzügigen Ueberschiebungsvorgang können z. B. Bewegungen in der Streichrichtung — etwa Längszerrungen infolge von bogenförmiger Krümmung des Stirnrandes, wie sie Arnold Heim (6) aus den Rand-

¹⁾ Damit soll nicht behauptet werden, daß dieses Auf- und Absteigen stets ein ursprüngliches sein müsse.

ketten der Nordostschweiz beschreibt — parallelgegangen oder nachgefolgt sein. Es ist klar, daß die von der zuletzt erfolgten Bewegung herrührenden Rutschstreifen am deutlichsten, wenn nicht überhaupt allein erhalten bleiben, und somit auch dem Beobachter vortäuschen müssen, die Bewegung, welcher sie ihre Entstehung verdanken, sei die einzige auf der betreffenden Fläche erfolgte gewesen. Und dabei braucht deren Ausmaß noch gar nicht einmal bedeutend gewesen zu sein; auch recht geringfügige Bewegungen können stattliche Rutschflächen erzeugen, wie zahllose untergeordnete Verschiebungsflächen in beliebigen Gebieten lehren.

Es ist mir geglückt, an der Sohle der Allgäuer Schubmasse Rutschstreifen aufzufinden. Im Retterschwangtal, auf dem Westgehänge der Rotspitze, beschreibt diese Fläche eine etwa O—W streichende, tunnelförmige Wölbung (der Fundpunkt der in der Literatur öfters genannten kristallinen Grundschollen). Ihr Nordflügel ist in einem steilen Tobel vorzüglich aufgeschlossen. Hauptdolomit liegt dort auf furchtbar zerquetschten und verkneteten Schieferndes Flysch und der (?) Oberkreide. Die Grenzfläche streicht O—W und fällt wechselnd, im Durchschnitt mit etwa 45° gegen N. An ihr konnte ich an einer Stelle Rutschstreifen beobachten, deren Richtung von der rein nördlichen des Einfallens nur um $10-15^{\circ}$ gegen O abweicht. An anderer, tiefer gelegener Stelle im gleichen Tobel aber fand ich auf der nämlichen Fläche fast horizontale, O—W verlaufende Rutschstreifen. Es ist klar, daß diese zueinander fast senkrecht stehenden Systeme von Rutschstreifen nicht beide zugleich der Ausdruck der ursprünglichen, maßgebenden Bewegungsrichtung sein können. Aber welchem von ihnen der Vorrang zu geben sei, ist ohne Heranziehung von anderweitigen Kriterien nicht zu entscheiden.

Man wird also jedenfalls die Richtung von Rutschstreifen nur mit größter Vorsicht für die Feststellung der Schubrichtung benutzen dürfen.

Es bleibt uns aber noch ein dritter Weg. Wir können die Detailfalten aufsuchen, die im Zusammenhang mit dem Ueberschiebungsvorgang entstanden sind, und aus ihrem Streichen die Bewegungsrichtung ermitteln. Denn auch sie müssen sich, ganz ebenso wie die großen Stirnfalten, in der Richtung senkrecht zum faltenden Druck ausbilden, die in diesem Fall identisch ist mit der Schubrichtung.

Allein hier erhebt sich sofort die Frage: Welche Detailfalten sind im Zusammenhang mit dem Ueberschiebungsvorgang entstanden? Sind wir überhaupt in der Lage, solche zu erkennen, in einem Gebiet, das schon vor dem Einsetzen der überschiebenden Bewegungen gefaltet war, wie das nach Rothpletz in den Allgäuer Alpen der Fall war, und das auch späterhin jedenfalls noch Faltungen erlitten hat?

Auf diese sehr berechtigte Frage ist zu erwidern, daß zunächst eine Gruppe von Detailfalten, zum mindesten in der Hauptsache, als Begleiterscheinung des Ueberschiebungsvorganges zu betrachten ist. Den beiden großen, vorwiegend aus ostalpinen Trias- und Jura-

schichten bestehenden Schubmassen des Allgäu — auf diese sollen sich die folgenden Betrachtungen im wesentlichen beschränken —, der tieferen Allgäuer und der höheren Lechtaler Schubmasse, wie sie Rothpletz bezeichnet hat, dienen verhältnismäßig plastische Schichten als Unterlage: der erstgenannten die Flyschgesteine der helvetischen Zone, der zweiten vor allem Liasfleckenmergel, an deren Stelle auch oberjurassische bunte Hornsteine und Aptychenkalke, sowie Kreideschiefer der Allgäuer Schubmasse. Diesen Gesteinen, welche die Wucht der übergleitenden Schubmassen in erster Linie auszuhalten hatten, sind mechanische Begleiterscheinungen des Ueberschiebungsvorganges fast stets deutlich aufgeprägt. Sie äußern sich theils als sekundäre Schieferung, theils als linsige und faserige Zerquetschung; als wirre Durcheinanderknetung und endlich in besonderem Maße als Faltung oder Fältelung, von verhältnismäßig bedeutenden Dimensionen bis hinab zu den kleinsten ¹⁾.

Daß dies richtig — die letztgenannte Erscheinung wirklich als bedingt durch die Ueberschiebungen anzufassen ist, geht hervor aus der besonderen Häufung der Kleinfalten im Liegenden der Schubflächen, bis zu einem Abstand von einigen hundert Metern von diesen. Selbstverständlich läßt sich nicht von jeder einzelnen dieser Falten behaupten, daß sie dem Ueberschiebungsvorgang ihre Entstehung verdankt; allein für die Gesamtheit der Erscheinung trifft dies sicherlich zu. Welcher andere Vorgang sollte auch eine so hochgradige Faltung und Stauchung der Schichten zur Folge gehabt haben (wie sie etwa im Lias des Sperrbachtobels oder Bacherlochs zu beobachten ist), wenn nicht das Uebergleiten einer mehrere Kilometer mächtigen Gesteinsmasse — ein Uebergleiten, für dessen Betrag im horizontalen Sinne auch die bescheidenste Schätzung um eine stattliche Anzahl von Kilometern nicht herumkommt.

Wir sind also wohl berechtigt, die genannten Detailfalten als Nebenprodukt der Ueberschiebungsvorgänge

¹⁾ Ein zu berücksichtigender Punkt ist dabei die sehr verschiedenartige Faltbarkeit der verschiedenen in Betracht kommenden Gesteine. Sie erreicht ihr Maximum in den aus einem Wechsel blättrigen und kompakten Materials aufgebauten Schichtgliedern: den bunten Hornsteinen des Malm, den Liasfleckenmergeln z. T., sowie gewissen Flyschgesteinen. Der Dünnschichtigkeit der Hornsteine entsprechend ist in ihnen die Faltengröße sehr gering — der Krümmungsradius beträgt kaum mehr als einige Dezimeter oder auch nur Zentimeter. Die dickergebankten Lias- und Flyschmergel neigen dagegen zur Bildung größerer, nach Metern messender Falten. — Erheblich geringer schon ist die Faltbarkeit des Aptychenkalks; er neigt vermöge seiner Struktur — Kalklinsen und Knollen, durch tonige Gleitfasern voneinander geschieden — mehr zu unregelmäßig faseriger Zerquetschung als zu geregelter Faltung. Immerhin sind gelegentlich auch in diesem Gestein deutliche Falten zu beobachten. Gar nicht der Fall ist dies dagegen im allgemeinen in den Kreideschiefen: in ihrem gleichmäßig tonig-mergeligen, blättrigen Material führt die mechanische Beanspruchung nur zur Ausbildung von Transversalschieferung. Für einen Teil des Flysch-, auch für manche Liasgesteine gilt dasselbe. — Man darf demnach nicht erstaunt sein, wenn man in solchen Gesteinen wie den letztgenannten auch in der Nachbarschaft von Ueberschiebungen keine Kleinfalten trifft — die mechanischen Folgen des Ueberschiebungsvorganges haben sich dort eben in den oben bezeichneten andersartigen Formen geäußert.

aufzufassen. Und wenn es auch sicher verfehlt wäre, die Richtung der letzteren aus dem Streichen einer einzelnen von jenen Falten erschließen zu wollen — ebenso sicher muß sie sich aus dem Mittel einer großen Anzahl von Faltenstreicherichtungen ergeben¹⁾.

Die praktischen Schwierigkeiten, die sich im Allgäu der Verfolgung dieses Weges entgegenstellen, sind nicht ganz unbedeutend. Sie bestehen — abgesehen von den namentlich in tieferen Regionen häufig mangelhaften Aufschlüssen der leicht verwitternden und vom übergeschobenen Hauptdolomit gern mit Blockhalden überschütteten Flysch- und Liasegesteine — hauptsächlich darin, daß mit zunehmender Annäherung an die Schubflächen die Falten im steigenden Maße undeutlich werden durch Entstehung von sie durchquerender Transversalschieferung. Nicht selten erkennt man aus der Ferne ganz deutliche Umbiegungen — steht man aber unmittelbar davor, so sind sie nicht mehr aufzufinden, da nur mehr das Olivage in die Augen fällt.

Nichtsdestoweniger konnte ich das Streichen einer ganzen Anzahl von Falten der vorbezeichneten Art bestimmen²⁾. Im folgenden seien die Ergebnisse zusammengestellt. Solche, bei denen die Genauigkeit der Messung um einen größeren Betrag als etwa 5° zweifelhaft ist, sind mit einem (?) bezeichnet. Alle Zahlen sind von der (unter Berücksichtigung von 10—12° westlicher Deklination ermittelten) Nordrichtung aus gemessen.

¹⁾ Nicht erkennen läßt sich auf die angegebene Weise häufig der absolute Sinn der erfolgten Bewegung: ob dieselbe beispielsweise von S nach N erfolgt ist oder in umgekehrter Richtung. Denn inmitten einer einheitlichen, intensiv zusammengestauchten Gesteinsmasse läßt sich das stratigraphische Oben und Unten oft genug nicht ohne weiteres feststellen: infolgedessen kann die Entscheidung unsicher bleiben, ob es sich um liegende Mulden oder Gewölbe, um stehende oder um tauchende Falten handelt. Mechanische Begleiterscheinungen (Mittelschenkel!) werden öfters den Ausschlag geben. Im übrigen spielt in dem hier in Betracht kommenden Gebiet die Frage nach dem absoluten Sinn kaum eine Rolle; die regionalen Zusammenhänge entscheiden sie in der Regel schon eindeutig.

²⁾ Für Leser, die der alpinen Tektonik fernstehen, ist vielleicht eine Bemerkung darüber nicht unerwünscht, in welcher Weise das Streichen einer liegenden Falte — um solche handelt es sich hier in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle — bestimmt wird, zumal in den meisten Lehrbüchern Angaben darüber nicht enthalten sind. Man muß sich vor allem hüten — einer der folgenreichsten Irrtümer in der Geschichte der Alpengeologie — Schichtstreichen und Faltenstreichen gleichzusetzen. Das erstere ist vielmehr bedingt durch zwei Komponenten: einmal die Lage der Schicht innerhalb der Falte und zweitens die Lage der Falte im Raume, d. h. das Auf- und Absteigen der Faltungachsen. Man muß also das letztere eliminieren, um die erstgenannte eindeutig zu ermitteln. Dies ist möglich an den Stellen, wo die Schichten innerhalb der Falte senkrecht stehen — hier ist das Achsenfallen ohne Einfluß — d. h. also an den Stirn- und Endumbiegungen. Das hier ermittelte Streichen der Schichten drückt das Streichen der Falte unmittelbar aus. — Bei aufrecht stehenden Falten legt man eine senkrechte Ebene durch die jeweils höchsten Punkte der einzelnen Faltenquerschnitte — die ja meist nicht in einer Horizontalen liegen — und ermittelt das Streichen von jener. Bei vollständig zusammengeklappten Falten mit senkrechten Schenkeln, wie sie gelegentlich vorkommen, kann das Streichen der letzteren mit dem Faltenstreichen gleichgesetzt werden.

I A. Falten im basalen Flysch unter der Allgäuer Ueberschiebung.

	Gemessenes Streichen
1 Kleebach (östlich vom Spieser)	80° O
2 Hirschbach, zwischen Hirschberg und Spieser (3 Falten) .	je 60—65° O
3 Zillenbach (4 Falten)	je 45—50° O
4 Rotspitz, Westhang, unter dem Aptychenkalk	70° W
5 Reichenbachtobel, Südost von Hindelang (5 Falten)	O—W; 65° O; 80° W; 80° O; 80° W
6 Faltenbachtobel, östlich Oberstdorf (3 Falten)	65° O; 30° O (?); 50° O
7 Trettachanlagen, Weg auf dem Westufer	60° O
8 Stillachtal, an der Straße nördlich von Gschlif (2 Falten) .	40° O; 25—30° O
9 Südwestlich der oberen Riezleralpe, gegen die Kanzelwand (2 Falten)	90° O (?); 70° O (?)

I B. Falten in untergeordneten, an der Basis der Allgäuer Schubmassen mitgeschleppten Schuppen.

	Gemessenes Streichen
10 Hirschbachtobel, nördlich Hindelang:	
a) in Liasfleckenmergel (drei Falten)	50° O (?); 80° O (2 mal)
b) in Aptychenkalk (7 Falten) {	80° O; 50—55° O (3 mal); 50° O; 80° O; 70° O
c) Kreideflysch ¹⁾ über dem Aptychenkalk	50—55° O (2 mal)
11 Rotspitz-Westhang, unter dem nördlich einfallenden Teil der Schubfläche (2 Falten, Flysch)	80° O; 80° W
12 Rotspitz-Westhang, unter der Aufwölbung der Schubfläche:	
a) in dem Aptychenkalkklotz am „Roten Berg“ (4 Falten)	65° O; 55° O; 70° O; 80° W
b) in dem Flysch? über dem Aptychenkalk	80° W

¹⁾ Die Angaben über die stratigraphische Stellung der Schichten im Hirschbachtobel entnehme ich freundlichen privaten Mitteilungen von Herrn Professor K. A. Reiser, für welche ich demselben auch an dieser Stelle bestens danken möchte. Eine nähere Begründung seiner stratigraphischen Auffassung dürfte der wohl in Bälde zu erwartende Text zu seiner Karte (10) bringen.

II. Falten in der Unterlage der Lechtaler Schubmasse.

	Gemessenes Streichen
13 Weg auf der Südwestseite des Schochens, am Traualpsee, Aptychenkalk (2 Falten)	60° O; 65° O
14 Schrecksee, Bachdurchbruch durch Hornsteinkalk	60° O
15 Aelpeleskopf, bunter Hornstein (2 Falten)	45° O; 55° O
16 Mitterhof (Erzbergalpe), Liasfleckenmergel	55—60° O
17 Nordost-Gehänge des Roßkopfs, bunte Hornsteine (5 Falten)	65° O; 80° O; 70° O; 65° O; 60—65° O
18 Oestlich vom Himmeleck, Lias (2 Falten)	40° O (?); 70° O (?)
19 Nordgrat des Großen Wilden, Lias	55° O
20 Unter Hinterhornbach an der Straße, Lias (2 Falten)	50°—55° O; 80 W
21 Oestlich Einmündung des Stutzbachs ins Hornbachtal, Lias	65° O
22 Südgrat der Jochspitze, Lias (2 Falten)	45° O; 55—60° O
23 Südwestgrat des Rauhecks, Lias (2 Falten)	60° O; 45—50° O
24 Kreuzeck, Gipfelregion, Lias (2 Falten)	75° O (?); 80° O
25 Kreuzeck, Südwestgrat, Lias (2 Falten)	45° O; 70° O (?)
26 Krottenspitz-Westgrat, Nordseite, Lias	40° O
27 Krottenspitz-Westgrat, Südseite, Lias (4 Falten)	65° O; 35° O; 65° O; 75° O
28 Gehänge auf der Nordseite des Muttlers, Lias (7 Falten)	50° O; 40° O; 75° O; 45° O; O—W; 45° O; 50° O
29 Oestlich vom Obermädlejoch, Lias (3 Falten)	30° O (?); 80° O; 65° O
30 Nordostseite des Kratzers, Lias (3 Falten)	45° O; 55° O; 40° O
31 Weg durch das Sperrbachtobel, Lias (17 Falten)	15° O; 20° O; 45° O; 50° O; 50° O; 45° O; 45° O; 65° O; 60° O; 50° O; 55° O; 65° O; 45° O; 65° O; 55° O 60° O; 80° O

	Gemessenes Streichen
32 Wildengundkopf, Lias (4 Falten)	45°—50° O (2 mal); 45° O (?); 40° O
33 Wandstufe über dem Waltenbergerhaus, Lias (2 Falten)	85° O (?); 55° O
34 Eingang ins Bockkar, Lias . .	70° O
35 Bacherloch, bei 17—1800 m Höhe, Lias (4 Falten)	55° O; 50° O; 60° O (2 mal)
36 Linkerskopf, Lias (10 Falten)	{ 45° O; 70° O; 85° O; 65° O; 80° O; 80° O; 70° O; 60° W; 65° O (2 mal)
37 Rappenköpfe, Lias (4 Falten)	55° O; 85° W; O—W; 70° W

Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß die vorstehende Zusammenstellung nicht entfernt die Gesamtheit der in dem begangenen Gebiet aufgeschlossenen Detailfalten umfaßt. Eine vollkommen erschöpfende Untersuchung hätte erheblich mehr Zeit erfordert, als mir zu Gebote stand — kaum weniger als eine vollständige Neuaufnahme. Es wäre zu wünschen, daß mit der etwaigen Vornahme einer solchen eine genaue Feststellung des Streichens (soweit als möglich) sämtlicher Detailfalten verbunden würde.

Immerhin erscheint mir die Zahl der mitgeteilten Beobachtungen ausreichend, um daraus zu brauchbaren Ergebnissen bezüglich der Schubrichtung zu gelangen.

Zunächst zeigt eine Durchsicht der obenstehenden Listen von Faltenstreichrichtungen, daß von insgesamt 126 solchen, die gemessen wurden, 104, also nahezu $\frac{5}{6}$, zwischen der O—W- und der NO—SW-Richtung liegen. Nur 10 Messungen = 8% fallen zwischen die O—W- und die SO—NW-Richtung; und nur 12 = 9.5% der Gesamtheit nähern sich über die NO—SW-Richtung hinaus der nordsüdlichen, und weniger als einen Viertelquadranten von der letzteren entfernt liegen gar nur 2 (= 1.6%).

Dieser verschwindende Prozentsatz von annähernd nordsüdlich streichenden Detailfalten zeigt klar, daß von größeren Ostwestbewegungen im Allgäu (soweit meine Begehungen reichen) nicht die Rede sein kann.

Zu positiven Ergebnissen über die wahrscheinliche Schubrichtung sollen uns Mittelzahlen verhelfen. Wir erhalten als Mittel aus der Liste I A für die Detailfalten im basalen Flysch unter der Allgäuer Ueberschiebung den Wert von 65°; für diejenigen in den Schuppen unter der letzteren (Liste I B) einen solchen von 70°; und für das Streichen der Kleinfalten im Liegenden der Lechtaler Ueberschiebung endlich (Liste II) ergibt sich ein Mittelwert von 60 $\frac{1}{2}$ °¹⁾.

Mögen diese Zahlen immerhin durch spätere umfassendere Messungen eine Verschiebung um einige Grade nach der einen oder der anderen Seite hin erfahren — brauchbare Annäherungswerte für das durchschnittliche Streichen der Spezialfalten im Liegenden der großen

¹⁾ Bei der Berechnung dieser Mittelwerte wurden die minder zuverlässigen mit (?) bezeichneten Messungen nur mit halbem Gewicht berücksichtigt.

Ueberschiebungen stellen sie zweifellos dar. Sie zeigen, daß der erzeugende Schub ebensowenig wie aus östlicher aus rein südlicher Richtung (was ja auch von vornherein nicht zu erwarten war) gekommen ist, sondern aus einer zwischenliegenden südöstlichen bis südsüdöstlichen, am wahrscheinlichsten aus einer von SSO nur wenig gegen SO abweichenden Richtung.

Dieses Ergebnis wird noch durch eine Anzahl weiterer Beobachtungen gestützt.

Sie beziehen sich zunächst auf liegende Spezialfalten im Hauptdolomit der Allgäuer Schubdecke, nahe ihrer Sohle. Solche Spezialfalten lassen sich auffassen als Stauchungserscheinung, bedingt durch den Widerstand, welchen die vordringende Decke an ihrer Unterlage erfährt. Auch solche Stauchungsfalten müssen im allgemeinen — sofern nicht ganz lokale Widerstände für ihre Entstehung maßgebend waren — senkrecht zu der Bewegungsrichtung streichen. Tatsächlich wurden die folgenden Streichrichtungen beobachtet:

Westgehänge der Rotspitze	70—80° O
Aufstieg aus dem Hirschbachtobel zum Spieser	80° O
Wildbachtobel bei Bad Oberdorf (2 Falten)	45° O; 55° O.

Diese Zahlen stehen im vollen Einklang mit den oben für die allgemeine Schubrichtung ermittelten Werten.

Auf analoge Weise, durch erhöhte Reibung beim Vormarsche der Schubmasse entstanden, deutet Ampferer (1) die weit großartigere, höchst intensive und wirre Faltung im Hauptdolomit der Lechtaler Schubmasse in der Umgebung des Prinz Luitpoldhauses samt der nördlich in zum Teil normalem Verband mit dem Hauptdolomit angeschlossenen Zone eingefalteter jüngerer Schichten. Auch hier steht das Faltenstreichen im Einklang mit dieser Auffassung. In der großen Faltenstirn wurde das Streichen gemessen am Wiedemer zu 65° O; 55° O; 70° O; an der Fuchskarspitze zu 70° O; am Beginn des NW-Grats der Kesselspitze zu 70° O und weiter aufwärts an demselben Grat zu 75°—80° O. Spezialfalten im Hornstein nördlich unter dem Wiedemer streichen 55° O; am Aufstieg zum Prinz Luitpoldhaus aus dem Bärkündele 75° O. Auch diese Falten streichen also normal auf die oben ermittelte Schubrichtung.

Dies gilt aber, in noch erheblich erweitertem Umfange, für die übergroße Mehrzahl der Faltenelemente im ostalpinen Gebirge des Allgäu überhaupt. Schon ein Blick auf die treffliche geologische Karte der Berge südlich von Oberstdorf von C. A. Haniel (5) zeigt das nordöstliche bis ostnordöstliche Streichen der zahlreichen meist kompliziert in den Hauptdolomit eingefalteten Lias-, Jura- und Kreidestreifen jener Gegend; und im nördlichen Allgäu steht es ebenso. Ausnahmen sind selten; dahin gehört z. B. die Hauptdolomitschuppe des Rauhorns, deren saiger stehende Schichten fast genau ostwestlich streichen.

Unter den genannten Faltenelementen ist von besonderem Interesse, sowohl durch ihre Dimensionen und ihren reichen Schichtinhalt,

als auch durch ihre Beziehungen zur allgemeinen Tektonik die gewaltige, vielfach durch sekundäre Faltungen gegliederte Synklinale aus Lias-, Jura- und im Osten auch Kreidestebsteinen, welche dem Rand der Lechtaler Decke vorgelagert, aus dem Gebirge südöstlich von Oberstdorf über das Bärgebirge und den Schrecksee bis weit nach Tirol hinein zu verfolgen ist. Nach dem berühmtesten der ihr angehörenden Berge sei sie in der Folge der Kürze halber als Höfats-synklinale bezeichnet. Sie streicht auf bayrischem Boden im wesentlichen SW—NO, um mit Annäherung an die Landesgrenze in die ONO-Richtung einzulenken. Infolge sehr steilen östlichen Axialgefälles streichen ihre Schichten im Bärgebirge beinahe nord-südlich aus.

Daß dem wirklich so ist — daß hier nicht etwa eine Knickung der Synklinale, ein N—S-Streichen dieser selbst vorliegt, wie Ampferer (1) möchte, ergibt sich wieder aus der Beobachtung der Kleinfalten der zum Teil intensiv in sich gestauchten Hornstein- und Aptychenkalkschichten des Synklinalkerns. Denn würde die Synklinale als solche N—S streichen, infolge einer erzeugenden O—W-Bewegung, so müßte — gleichviel ob es sich dabei um eine ursprüngliche Anlage in der genannten Richtung oder um eine nachträgliche Drehung der primär in anderer Richtung eingefalteten Synklinale handelte — in beiden Fällen müßte die gleiche O—W-Bewegung auch in den untergeordneten Zerknitterungen im Innern der Synklinale zum Ausdruck kommen, d. h. es müßte auch diese das nämliche nord-südliche Streichen beherrschen. Statt dessen wurden darin folgende Streichrichtungen gemessen:

Aptychenkalk, Zwerchwand am O-Abhang des Schnecken (2 Falten)	45° O; 50° O
Hornstein, Bärgebirge, gegenüber Aufstieg zum Prinz Luitpoldhaus	45° O
Hornstein, Bärgebirge, gegenüber Täschlefall	40° O
Aptychenkalk, Säuwald, Bärgebirge	60—70° O
Hornstein, S vom Hintern Erzberghof, Bär- gebirge (4 Falten)	70° O; 80° O; 70° O; OW

Das Faltenstreichen bleibt also auch im Bärgebirge nordöstlich. Damit stehen andere Beobachtungen an der Höfats-synklinale gut im Einklang. Sie erscheint an der Höfats im Aptychenkalk und Hornstein geschlossen und streicht auf der SW-Seite des Berges, im Dietersbachtal, in die Luft aus. Auf der NO-Seite desselben Berges jedoch liegt der Muldenschluß im Aptychenkalk schon unter der Talsohle des Oytals. Daraus ergibt sich ein beträchtliches Gefälle der Faltungsachsen gegen NO. Auf eine weitere Vertiefung der Synklinale in dieser Richtung deutet ihr stratigraphischer Inhalt: während sie an der Höfats als jüngstes Glied Aptychenkalk enthält, ebenso noch im oberen Bärgebirge, treten vom Tal der Erzbergalpe gegen NO auch Kreideschiefer darin auf und erlangen im Kessel des Schrecksees beträchtliche Mächtigkeit.

Diese Tatsachen lassen auf ein nicht unbeträchtliches Axialgefälle der Höfatsynklinale gegen NO schließen. Nehmen wir die oben mitgeteilten Beobachtungen über das Faltenstreichen hinzu, so erscheint die Vermutung begründet, daß die streichende Fortsetzung des Muldenschlusses von der Höfats unter dem oberen Schwarzwassertal, von den überschobenen Hauptdolomitmassen der Lechtaler Decke begraben, in der Tiefe zu suchen ist. Tatsächlich greift ja auch die Lechtaler Decke gegen NO immer weiter auf die Höfatsynklinale über: während sie am Himmeleck noch auf den Fleckenmergeln ihres Südfügels liegt, überschiebt sie am Roßkopf die oberjurassischen Hornsteine, am Schrecksee die Kreideschiefer ihres Kerns. Ein Hineinstreichen der Höfatsynklinale unter die Lechtaler Decke ist also bis zu einem gewissen Grade unmittelbar zu beobachten.

Mit ihrer nordöstlichen, weiterhin ostnordöstlichen Streichrichtung verläuft somit auch die Höfatsynklinale ungefähr senkrecht zu der oben ermittelten Richtung des Deckenschubs. Um so mehr gewinnt Ampferers Vermutung (1) an Wahrscheinlichkeit, daß sie dessen unmittelbarer Einwirkung ihre Entstehung verdankt: daß sie die durch das Vordringen der Lechtaler Decke von ihrer Unterlage abgeschobenen und vor ihrer Stirn zusammengestauchten jüngeren Schichten enthält, welche einst das Hangende des Hauptdolomits und Lias im südlichen Teil der Allgäuer Decke bildeten.

Die allgemeine Uebereinstimmung des Streichens der großen Faltenzüge mit der Normalen zu der Richtung der Deckenbewegungen steht überhaupt im Einklang mit der Auffassung, daß Faltung und Ueberschiebung in den Alpen keineswegs zwei voneinander vollständig unabhängige, getrennt verlaufende Vorgänge sind, sondern vielmehr innig miteinander verbundene — vielleicht in der Weise, daß die Faltung überhaupt zum großen Teil nur eine Begleiterscheinung der Ueberschiebung darstellt.

Die obige Berechnung von Mittelwerten des Streichens der Detailfalten im Liegenden der großen Ueberschiebungen ergab eine kleine Differenz zwischen den unter der Allgäuer und den unter der Lechtaler Decke gelegenen. Die Zahl der Messungen ist wohl noch zu gering, um zu entscheiden, ob diese Differenz rein zufällig ist oder ob ihr eine tatsächliche Bedeutung zukommt — ob die Bewegungen der beiden großen Decken wirklich aus etwas voneinander abweichenden Richtungen erfolgt sind.

Ebensowenig läßt sich aus den mitgeteilten Beobachtungen entnehmen, ob eine Aenderung der Bewegungsrichtung im Streichen stattfindet. Soweit bisher zu übersehen, erscheinen vielmehr die verschiedenen Streichrichtungen ziemlich gleichmäßig über das ganze Gebiet verteilt.

Jedenfalls fand sich nicht der leiseste Anhaltspunkt dafür, daß Schübe aus allen möglichen Himmelsrichtungen in enger räumlicher Nachbarschaft erfolgt sind, wie das nach Mylius (8) der Fall sein soll. Seine N—S-Bewegung in der Kette nördlich des Hornbachtals speziell findet im Streichen der Detailfalten keinerlei Stütze, dieses hält sich dort vielmehr im Durchschnitt genau an die gleiche NO—ONO-Richtung wie anderwärts im begangenen Gebiet (vgl. Nr. 20 bis

23 der Liste II, Seite 311), während nach Mylius' Annahme eine ungefähr ostwestliche zu erwarten wäre.

Auch von einem Ineinandergreifen verschieden gerichteter Bewegungen von verschiedenem Alter, wie es zum Beispiel den westlichen Rhätikon nach Trümpy (14) beherrscht, ist im ostalpinen Allgäuer Gebirge vorläufig nichts zu bemerken.

Was über die Schubrichtung auf Grund des oben Mitgeteilten behauptet werden kann, ist — um es nochmals zu wiederholen — das folgende: Die ostalpinen Ueberschiebungsdecken bewegten sich in einer Richtung zwischen SO—NW und SSO—NNW, wahrscheinlich näher der letzteren als der erstgenannten. Dies Ergebnis deckt sich im wesentlichen mit dem von der Deckentheorie geforderten. Wenn die Bewegungsrichtung von der annähernd südnördlichen, wie sie jene Theorie für den größten Teil der Ostalpen verlangen muß, ziemlich beträchtlich abweicht, so drückt sich hierin ebenso wie in dem damit zusammenhängenden SW—NO-Streichen der Faltenzüge vom Allgäu bis zum Rhätikon ein bogenförmiges Zurückschwenken der Ostalpen gegen SW aus — ein Zurückschwenken, auf das zuerst Ampferer und Hammer (1) aufmerksam gemacht haben¹⁾.

Ob dieses Zurückschwenken ein ursprüngliches ist — ob es nicht vielmehr etwa wie der bogenförmige Verlauf anderer Faltenzüge durch eine nachträgliche Zusammenbiegung des bereits gefalteten Gebirges senkrecht zu der ursprünglichen Bewegungsrichtung zustande kam — entsprechend einem von Ampferer geäußerten Gedanken (2) — das zu entscheiden, bleibt eine der zahlreichen Aufgaben künftiger Forschung.

München, im Oktober 1919.

Zitierte Literatur.

- 1 Ampferer, O. und Hammer, W., Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt, 61. Bd. 1911.
- 2 Ampferer, O., Ueber den Wechsel von Falt und Schubrichtungen beim Bau der Faltengebirge. Verh. d. Geol. Reichsanstalt. Wien 1915, p. 163.
- 3 Ampferer, O., Ueber die tektonische Heimatberechtigung der Nordalpen. Verh. d. Geol. Reichsanstalt. Wien 1918, p. 63.
- 4 Haniel, C. A., Die geolog. Verhältnisse der Südabdachung des Allgäuer Hauptkammes. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1911.
- 5 Haniel, C. A., Geolog. Führer durch die Allgäuer Alpen südlich von Oberstdorf. München, bei Piloty und Loehle, 1914.
- 6 Heim, Arnold, Die Erscheinungen der Längszerreißung und Abquetschung am nordschweizerischen Alpenrand. Vierteljahrsschr. der naturf. Gesellschaft Zürich. 51, 1906, p. 662.
- 7 Mylius, H., Geolog. Forschungen an der Grenze zwischen Ost- und Westalpen. I. München 1912.

¹⁾ Der Ausdruck „Knickung“ (Ampferer) erscheint mißverständlich; es handelt sich mehr um eine allmähliche Biegung. Eine solche schließt es selbstverständlich keineswegs aus, daß die ostalpinen Decken einstmals über ihren heutigen, durch die Erosion bedingten Westrand hinaus, zusammenhängend große Teile der Westalpen bedeckt haben; führt doch eine Verlängerung des heutigen Ostalpenrandes Allgäu—Rhätikon im Sinne des NO—SW-Streichens schon ins Hungende des Gotthardmassivs.

- 8 Mylius, H., Berge von scheinbar ortsfremder Herkunft in den bayrischen Alpen. Landeskundliche Forschungen, herausgegeben von der Geogr. Gesellsch. in München, Heft 22, 1914.
- 9 Pontoppidan, H., Die geolog. Verhältnisse des Rappenalpentaales sowie der Pergkette zwischen Breitach und Stillach. Geognost. Jahreshefte, München 1911.
- 10 Reiser, K. A., Geolog. Karte der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. Herausgegeben von der geognost. Abteil. des k. bayr. Oberbergamtes, München 1919.
- 11 Rothpletz, A., Geolog. Alpenforschungen I. und II. München 1900 u. 1905.
- 12 Rothpletz, A., Geolog. Führer durch die Alpen. I Das Gebiet der zwei großen rhätischen Ueberschiebungen zwischen Bodensee und Engadin. Berlin 1902.
- 13 Schulze, G., Die geologischen Verhältnisse des Allgäuer Hauptkammes von der Rotgondspitze bis zum Kreuzeck und der nördlich ausstrahlenden Seitenäste. Geognostische Jahreshefte, München 1901.
- 14 Trümpy, D., Geolog. Untersuchungen im westlichen Rhätikon. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Neue Folge 46, II., 1916.

Albrecht Spitz †¹⁾. Liasfossilien aus dem Canavese.

Im Frühsommer 1914 besuchte ich zwecks vergleichender Studien das Canavese, an der Hand der vortrefflichen Karte des R. ufficio geol. ital.; dabei hatte ich das Glück, bei Montalto, nördlich von Ivrea, Versteinerungen zu finden.

Die Fundstelle liegt unmittelbar südlich des Triasfelsens, auf dem das Castell von Montalto steht, an einem kleinen Fußwege, der vom Hauptweg durch die Weingärten zum Castell führt. (Fig. 1.)

Zwischen den schwarzen Tonschiefern, die auf der Nordseite des erwähnten Hauptweges anstehen, und die, wie wir noch sehen werden, zum Malm gehören, und den Triasdolomiten des Castells, trifft man eine Serie von roten Tonschiefern, die stellenweise durch Einschaltung bräunlicher Knollen das Aussehen eines Konglomerates oder einer Brekzie annehmen. Doch handelt es sich nicht um fremde Einschlüsse von Dolomit, wie man erwarten möchte, sondern um primär mit den Schiefern verwachsene und in sie übergehende, mitunter zu förmlichen Bänken gehäufte Hornsteinmassen und kieselige Kalke von bräunlichgelber bis rötlicher Anwitterung oder rotbraun gefärbtem Bruche, gelegentlich durchzogen von roten Adern. Etwa in der Mitte dieser Schiefer-Hornstein-Serie entwickeln sich rote Crinoidenkalke, die nicht selten größere und kleinere, eckige Fragmente von Triasdolomit einschließen. Die Crinoidenkalke sind mit den roten Schiefern durch Uebergänge engstens verknüpft und gehen auch in rote, sandige Kalke über. In den Mauern der Weingärten kann man das Gestein am besten studieren und hier glückten mir auch nach längerem Suchen die Fossilfunde. Die Erhaltung ist infolge von Verdrückung und Umwandlung in Spat durchwegs eine schlechte,

¹⁾ Die Arbeit wurde im Jahre 1914 verfaßt und hätte im Jahrbuch des R. Com. geol. ital. erscheinen sollen. Durch die Kriegsereignisse wurde die Veröffentlichung hintangehalten. Der Verfasser hatte die Absicht, sie nach Kriegsende zu revidieren und zu erweitern. Dies wurde durch seinen Tod verhindert. Es fehlen infolgedessen die Angaben über neuere Literatur.