

# Einige Beispiele von Kerbwirkung und Reliefüberschiebung aus den Südtiroler Dolomiten.

Von Otto Ampferer.

(Mit 8 Textfiguren.)

In den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien vom Jahre 1916, 125. Bd., 3.—4. Heft, S. 225, habe ich meines Wissens zum erstenmal den Begriff der „Kerbwirkung“ in die geologische Literatur eingeführt.

Es sind darunter jene Wirkungen zu verstehen, welche auftreten, wenn nicht eine unversehrte Schichtenfolge, sondern eine bereits von der Erosion oder der Tektonik zerschnittene noch weiteren mechanischen Angriffen angesetzt wird.

Diese Wirkungen sind ziemlich mannigfaltig und kommen besonders für die Tektonik und Morphologie in Betracht.

Eine große Bedeutung hat die Kerbwirkung für die Ausbildung und den Verlauf von Überschiebungen.

Die wichtigsten hier auftretenden mechanischen Beziehungen habe ich zum erstenmal in den „Beiträgen zur Auflösung der Mechanik der Alpen“ im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt vom Jahre 1924, S. 35—53, unter dem Namen der „Reliefüberschiebung“ zusammengestellt und an einigen Beispielen erläutert.

Unter Reliefüberschiebung ist eine Überschiebung zu verstehen, welche nicht über eine glatte Schichtenoberfläche, sondern über ein bereits in die liegenden Schichten eingeschnittenes Relief hin erfolgt ist.

Dieses Grundrelief kann von Wasser bedeckt sein oder frei liegen.

Nachdem zum mindesten große Teile des Grundreliefs auch unter der Überschiebung erhalten bleiben, liefert uns eine Reliefüberschiebung im allgemeinen nicht nur tektonische, sondern auch morphologische Angaben.

Sie kann so zur Überlieferin von uralten Erosionsformen werden, von deren Existenz wir sonst vielleicht keinerlei Kunde erhalten hätten.

Die Verbreitung der Reliefüberschiebungen in den Alpen und den anderen Gebirgen der Erde ist heute noch größtenteils unbekannt und muß erst in der Zukunft erforscht werden.

Ein besonders großartiges Beispiel bieten die Karpathen. Nach Petrascheck setzen sich die Sudeten und der Krakau-Wieluner Höhenzug als Bergwälle mit erodierten Oberflächenformen unter die Schubmassen der Karpathen hinein fort. Hier ist durch den Bergbau und zahlreiche Bohrungen das Relief des überfahrenen Untergrundes auf große Strecken hin aufgeklärt worden. Götzinger hat sich in letzter Zeit mit der Darstellung dieses alten Reliefs beschäftigt.

Jedenfalls kann man behaupten, daß die Reliefüberschiebungen durchaus nicht selten sind. Der Nachweis der Reliefüberschiebungen ist von den Nordalpen ausgegangen. Sie spielen aber auch in den Südalpen eine Rolle, wie in der nachfolgenden Beschreibung gezeigt werden soll.

Ich wende mich zunächst der Marmolatagruppe zu, deren wahrhaft großartige, tektonische Aufschlüsse durch H. P. Cornelius und Marta Furlani-Cornelius im Beilageband LVI, Abt. B, der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft vom Jahre 1926 eine neue und sehr gute Darstellung erfahren haben.

Dabei vergesse ich keineswegs die wichtigeren älteren Vorarbeiten von Richthofen, Mojsisovics, Ogilvie-Gordon und Salomon.

Das große Werk von Salomon hat ja erst die Marmolata zu einer geologischen Berühmtheit gemacht. Er war auch der erste, welcher auf der Südseite der Marmolata eine größere Überschiebung nachgewiesen hat.

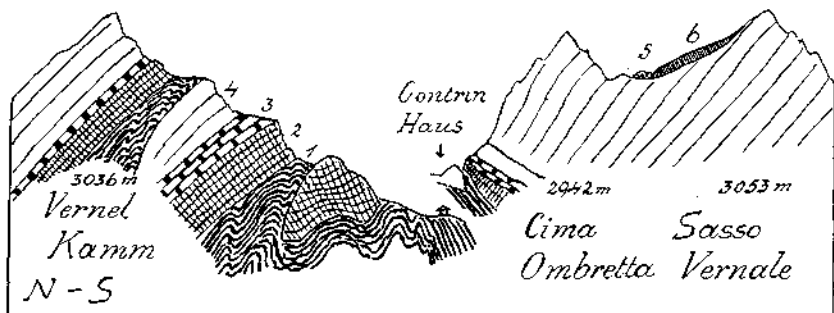


Fig. 1. 1 = Werrfener Schichten und Unterer Muschelkalk. 2 = Mendoladolomit. 3 = Buchensteiner Schichten. 4 = Marmolatakalk. 5 = Morsuenwall. 6 = Gletscher.

Ich habe die Südseite der Marmolata im Jahre 1926 in Begleitung meiner Freundin Maria Ogilvie-Gordon kennengelernt.

Das hier als Fig. 1 vorgelegte Profil stammt von dieser Reise und deckt sich im wesentlichen mit den benachbarten von H. und M. Cornelius veröffentlichten Profilen.

Das Charakteristische ist hier eine mächtige, von W gegen O streichende Aufwölbung, an der alle Schichten bis hinab zu den permischen Bellerophonkalken hochgebracht werden.

Diese Aufwölbung zeigt nun bei genauerer Betrachtung eine teilweise sehr komplizierte Kernfüllung, welche sich mit der äußeren Großform nicht in unmittelbarer Übereinstimmung befindet. Ein beträchtlicher Anteil der hier vorhandenen Komplikationen läßt sich, wie schon Cornelius gezeigt hat, ohne weiteres auf vulkanische Kräfte zurückführen.

Es bleibt aber auch nach Ausschaltung der vulkanisch deutbaren Störungen noch ein großes Maß von Komplikationen übrig, die sich einer solchen Erklärung entziehen.

Ich will nun versuchen, dieses Mißverhältnis zwischen Großform und innerer Struktur klarer herauszuheben.

Zu diesem Zwecke stelle ich der vervollständigten Großform jene Form gegenüber, die sich unabhängig davon nur aus der inneren Struktur ergibt. Wie das Schema Fig. 2 ohne weiteres klarstellt, sind dies zwei Formen, welche sich gegenseitig einfach ausschließen.

Während bei einer einfachen Aufwölbung alle Teile zusammenpassen müssen und sich daher dieselbe Großform ergibt, ob man zu ihrer Konstruktion die oberste Schichte oder eine tiefere verwendet, erhalten wir hier zwischen der Form der äußeren Hülle und dem Aufbau des Kerns einen schroffen Unterschied.

Die Tektonik der Hülle paßt hier durchaus nicht zur Tektonik ihrer Kernmasse.

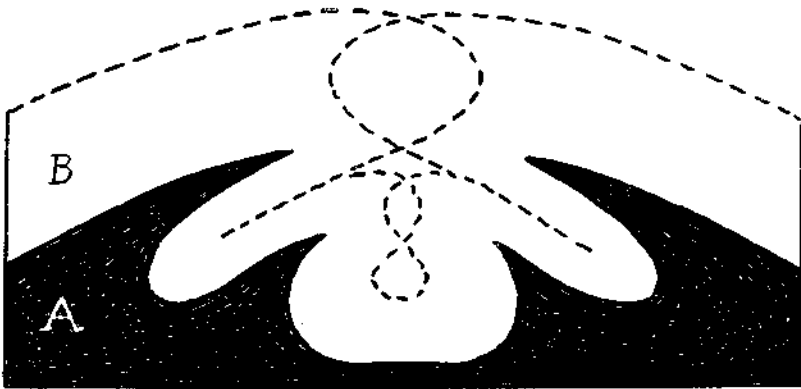


Fig. 2. Das Schema stellt einen schwarzgezeichneten Faltenunterbau — A — dar. Der Oberbau — B — kann trotz starker Ausquetschungen der Vorzeichnung des Unterbaues nicht mehr folgen. Seine Faltungen würden sich dabei bereits gegenseitig übergreifen und sind daher nicht ausführbar.

Was ist nun die Ursache für diese ausgesprochene tektonische Unstimmigkeit?

Zunächst gibt es zwei Wege für ihre Erklärung. Der erste Weg benützt die Annahme, daß der Marmolatakalk in dem Gebiet zwischen Nord- und Südflügel von Anfang an nur eine geringmächtige Ablagerung gebildet hat.

Dann ist es leichter möglich, daß derselbe an der tiefgreifenden Verfaltung und Verschuppung der Kernmasse gleichsinnig teilgenommen hat. Diesen Erklärungsweg haben im wesentlichen H. und M. Cornelius eingeschlagen.

Der zweite Weg ruft die Annahme zu Hilfe, daß es sich hier um einen alten Erosionseinschnitt handelt und in diesem die tiefer liegenden Schichten in die Höhe gepreßt worden sind.

Nach dieser letzteren Erklärung hat hier überhaupt zwischen Marmolata- und Ombrettakamm keine geschlossene Aufwölbung von Marmolatakalk bestanden, weil beide Gebiete bereits vor der Auffaltung schon durch einen Erosionseinschnitt voneinander getrennt waren.

Um nun zu einer Entscheidung zwischen diesen beiden Erklärungsmöglichkeiten zu kommen, müssen wir uns noch genauer mit der Detailtektonik der Kernmasse beschäftigen.

Die besten Aufschlüsse hiezu befinden sich in der Umgebung des Contrin-Hauses und am Ombrettapaß. An beiden Stellen folge ich zunächst der klaren und auch raumrichtigen Darstellung von H. und M. Cornelius. In dem Profil vom Contrin-Haus gegen den hohen Vernekkamm treffen wir zwei Keile von Marmolatakalk, Buchensteiner Schichten, Mendoladolomit, welche durch Aufpressungen von Werfener Schichten voneinander getrennt werden.

Wie man auch aus den Profilen von H. und M. Cornelius ablesen kann, haben wir es nicht mit Einfaltungen der jüngeren Kalk- und Dolomitmassen in die Werfener Schichten, sondern mit klar umgrenzten Schubschollen zu tun.

Für die Ausbildung von Schubflächen kommt dabei der große Materialunterschied zwischen den starren Kalk- und Dolomitmassen und den leicht faltbaren, weichen Werfener Schichten als Leitmotiv in Betracht.

Es befinden sich aber unter den Schichtengliedern der Einschubmassen auch sehr gut faltbare Ablagerungen, wie z. B. die Buchensteiner Kalke.

Wenn man die heutige Form dieser Schubschollen von Einfaltungen ableiten will, so ist man gezwungen, einen großen Teil ihrer Masse durch tektonische Auswalzung oder Abscherung zu entfernen. Das ist aber bei den hier nur in Betracht kommenden geringen Dimensionen der Einfaltungen wohl ganz ausgeschlossen.

Wenn wir uns nun dafür entschieden haben, daß hier nicht Einfaltungen, sondern Schubkeile vorliegen, so bleibt doch noch die Frage nach der Entstehung offen.

Auch dafür vermag die zweite Erklärungsmöglichkeit eine Antwort zu geben.

Wenn wir von der Annahme ausgehen, daß hier schon vor der Auffaltung eine Erosionsfurche vorhanden war, so ist es leicht möglich, aus einer entsprechenden Gestaltung dieser Furche die Ausbildung von Schubkeilen abzuleiten. Durch den Einschnitt einer Talfurche erfahren horizontal liegende Schichten schon an und für sich im Vertikalschnitt eine keilförmige Begrenzung.

Je steiler der Erosionseinschnitt verläuft, um so stumpfer wird die Keilform, welche bei lotrechter Wandbildung ganz verschwindet.

Es ist klar, daß die Wirksamkeit eines solchen keilförmigen Zuschnittes bei mittleren Neigungswinkeln der Talhänge am größten ist.

Wenn nun das Gebiet einer solchen Talfurche von einer starken seitlichen Pressung ergriffen wird, die aus der Tiefe aufsteigt, so unterliegen derselben in erster Linie die noch geschlossenen Verbände der tieferen Schichtenlagen.

Sie werden im Bereiche der Erosionsfurche dem starken Seitendruck gegen oben zu ausweichen.

Dadurch wird hier eine Auffaltung der tiefer liegenden Schichten ausgelöst, welche dann durch ihren Auftrieb auch die seitlichen Ränder der alten Furche ergreifen und mit aufheben kann.

Bei diesem Vorgang ist es nun, wie Schema Fig. 3 zeigen soll, leicht möglich, daß einerseits die vorderen keilförmigen Teile der Schichtenmassen abgebrochen werden und andererseits in die dadurch

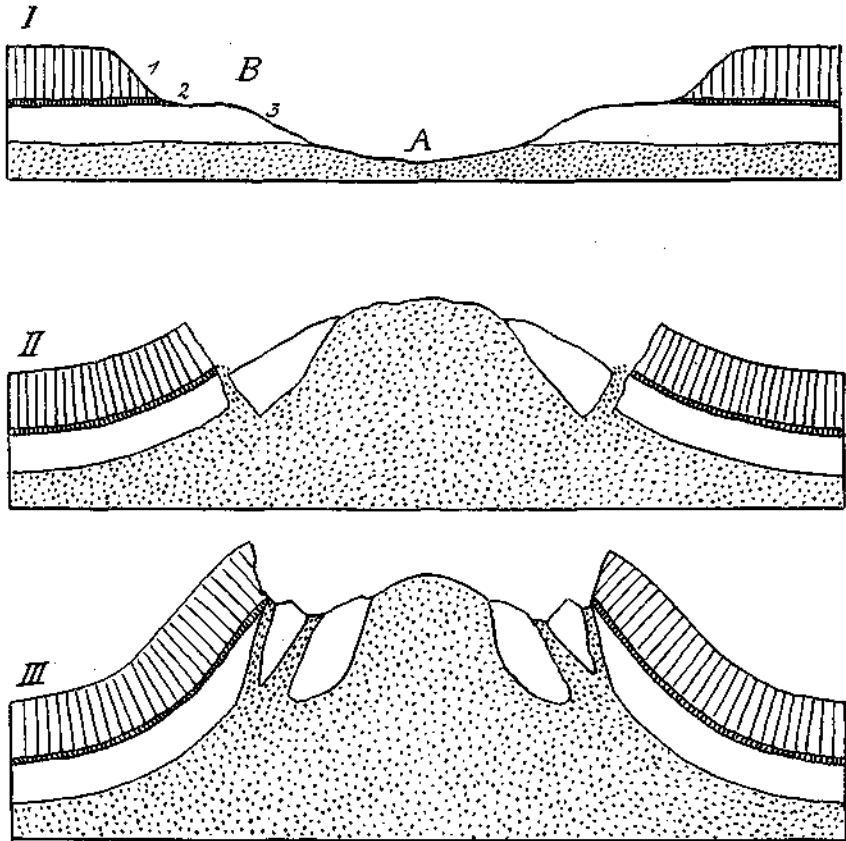


Fig. 3. Das Schema soll die Wirkung einer prätektonischen Talfurche bei der Auffaltung vorstellen. A = Plastische Liegendschichten = punktiert. B = Starrere Hangendschichten = 1+2+3. I = Prätektonischer Taleinschnitt. II = Zusammenpressung mit Hochsteigen der Liegendschichten und Ablösung von seitlichen Keilen. III = Steigerung der Zusammenpressung und Auffaltung der Liegendschichten, weitere Abspaltung von seitlichen Keilen.

entstehenden Lücken und Fugen von unten her leichter bewegliche Schichtenmassen eingepreßt werden.

Das scheint mir nun genau jener Fall zu sein, welcher in den Profilen an der Südseite des Marmolatakamms verwirklicht ist.

In der Gegend des Contrin-Hauses haben wir z. B. zwei solche keilförmige Schollen übereinander, zwischen denen die liegenden Werfener Schichten hochgepreßt worden sind. Es handelt sich daher

bei dem Auftreten der Werfener Schichten in den Lücken zwischen den Schubkeilen gar nicht um eigentliche Faltungssättel.

Die sattelförmigen Verbiegungen der Werfener Schichten kommen durch den Mechanismus der Aufpressung von weicheren Schichten in die sich über ihnen öffnenden Hohlräume zustande. Die weicheren Schichten des Untergrundes, die unter schwerem Druck liegen, stülpen sich gleichsam in alle über ihnen aufreißenden Entlastungsspalten hinein und tragen so auch wieder zu der Erweiterung und Verschiebung dieser Spalten bei.

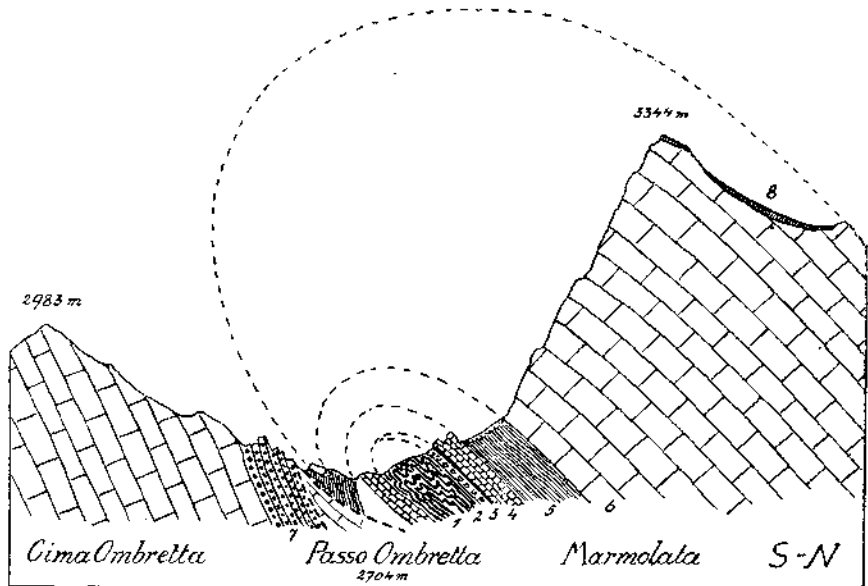


Fig. 4. 1 = Werfener Schichten. 2 = Riechhofenkonglomerat. 3 = Unterer Muschelkalk. 4 = Mendoladolomit. 5 = Buchensteiner Schichten. 6 = Marmolatakalk. 7 = Tuffkonglomerate. 8 = Glotscher.

Jedenfalls haben wir hier eine Mechanik vor uns, die ganz wesentlich von jener der einfachen Faltung abweicht.

Das schöne Profil des Ombrettapasses, welches H. und M. Cornelius neu aufgenommen haben, liefert noch weitere interessante tektonische Angaben.

H. und M. Cornelius deuten dieses Profil als einen stark gegen S oder SW zu überkippten Sattel, der das Ostende der Marmolataüberschiebung vorstellen soll. Ich halte diese Deutung nicht für glücklich, weil sie auch wieder, wie Fig. 4 zeigt, zu recht unwahrscheinlichen Konstruktionen zwingt.

Bei einer faltenmäßigen Kombination der Aufschlüsse ergibt sich sofort eine außerordentliche Mächtigkeitsabnahme des Marmolatakalks zwischen Marmolata im N und Cima Ombretta im S, welche gerade mitten in sein Verbreitungsgebiet hineinfallen würde.

Da scheint mir die Annahme einer alten Talfurche weit wahrscheinlicher. Außerdem würde sich an einer Stelle, wo die stärkste Schichtenplatte des ganzen Systems so auffallend geschwächt erscheint, bestimmt viel eher eine Überschiebung als eine regelrechte Falte entwickeln.

Ich zweifle daher gar nicht, daß die Marmolataüberschiebungen über den Passo Ombretta nach O weiterstreichen.

Die Scholle von Marmolatakalk, welche auf der Paßhöhe über heftig gepreßten Buchensteiner Schichten liegt, ist höchstwahrscheinlich nur ein kleiner Schubkeil. Der darunter anstehende Marmolatakalk dürfte eine zweite, tiefere Schubscholle vorstellen oder schon zur Ombretta-masse gehören.

Die Profile, welche am Fuße der gewaltigen Südwände des Ostgrates der Marmolata aufgeschlossen sind, zeigen ebenfalls wieder deutliche Gliederung in mehrere Schubkeile. Warum hier H. und M. Cornelius diese offenkundige Fortsetzung der Marmolataüberschiebung mit einem

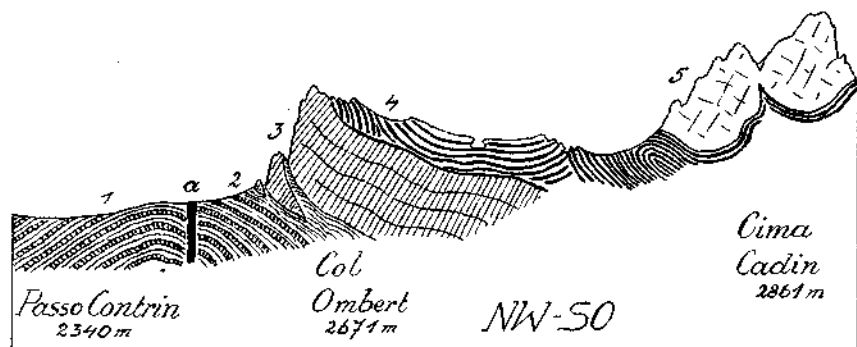


Fig. 5. 1 = Werfener Schichten. 2 = Unterer Muschelkalk. 3 = Mendoladolomit. 4 = Buchensteiner Schichten. 5 = Marmolatakalk. a = Gang von Serpentin.

neuen Namen als „Forcaüberschiebung“ bezeichnen, bleibt mir unverständlich.

Nach meiner Einsicht kann man die zusammengehörigen Überschiebungen und Schuppenbildungen an der Südseite der Marmolata vom Collaz im W bis über den Pizo Gudo im O hin auf eine Länge von zirka 12 km verfolgen. Eine Entstehung aus überkippten Falten ist recht unwahrscheinlich. Vielmehr liegt hier ein alter Erosionseinschnitt vor, welcher bei dem nachfolgenden Zusammenschub das Abbrechen von keilförmigen Randschollen, die Aufpressung der plastischen Werfener Schichten in alle sich über ihnen öffnenden Lücken sowie die Ausbildung von Überschiebungen veranlaßte.

Diese Erklärung fordert, da ja ein Taleinschnitt ein doppelseitiges Gebilde ist, bis zu einem gewissen Grade eine gegenseitige Ergänzung.

Ein solches Gegenstück ist nun hier im Bereiche des Contrintales in prächtiger Weise entwickelt.

Der von N gegen S gerichteten Überschiebung und Verschuppung des Marmolatakammes entspricht die gegen N gerichtete Überschiebung und Verschuppung vom Col Ombert bis unter die Nordwände der Cima Ombretta.

Das Kammstück Col Ombert—Cima Cadin, Fig. 5, zeigt eine ganz analoge, aber schwächere und entgegengesetzt gerichtete Tektonik von Schubkeilen und Überschiebungen.

Wir haben nun erkannt, daß die eigenartige Tektonik an der Südseite der Marmolata durch die Annahme einer bereits vor Ausbildung dieser Tektonik vorhandenen Talbildung viel verständlicher gemacht werden kann. Es ist nun an und für sich ziemlich wahrscheinlich, daß eine solche alte Talbildung in den Dolomiten nicht bloß auf das Gebiet der Marmolata beschränkt gewesen ist.

Ich habe auch in der Tat an manchen anderen Stellen in den Dolomiten noch Beweise für diese Erscheinung angetroffen.

Eine wesentliche Erweiterung der Befunde bietet vor allem das Studium der Tektonik der Puez- und Sellagruppe.

Diese Gebiete haben in der letzten Zeit durch die Aufnahmen von Otto Reithofer eine verlässliche geologische Kartendarstellung erhalten (Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1928).

Zwischen Sella und Puez finden wir hier in der Furche des Grödner Jochs wieder ein zu hohes Emporsteigen eines Sattels mit einem Kern von Bellerophon-schichten.

Die Struktur dieses Sattels ist weder mit der flachen Muldenstruktur der Puez im N, noch auch mit jener der Sella im S unmittelbar zu vergleichen. Der Sattel stellt zu diesen Mulden kein gleichwertiges Bauglied vor. Er ist sowohl viel zu schmal als auch zu hoch. Wieder kann man die Tektonik viel leichter verstehen, wenn man annimmt, daß zwischen Puez und Sella eine breite, alte Furche offen lag, welche dann bei der Zusammenpressung das lokale Steilaufsteigen des Untergrundes veranlaßte.

Diese Erscheinung erschöpft aber in dieser Gegend bei weitem noch nicht den Umfang der tektonischen Geschehnisse.

Wie wir heute aus den Arbeiten von O. Reithofer wissen, sind sowohl Puez als auch Sella mit verschiedenen Schollen einer alten Reliefüberschiebung bedeckt, die wohl nur Reste einer großen, einst zusammenhängenden Schubmasse vorstellen.

Das Vorkommen von Überschiebungen in der Gipfelregion der Puezgruppe wurde zuerst von E. Haug, jenes auf der Sella zuerst von M. Ogilvie-Gordon beschrieben. Letztere hatte auch bereits erkannt, daß an der Hangendschubmasse außer Dachsteindolomit auch noch Raibler Schichten teilnehmen, welche eine andere Fazies als jene der autochthonen der Sella besitzen.

Ein weiterer Fortschritt wurde dann in der Sella durch die Aufnahmen von K. Amort erzielt, der bald darauf sein junges Leben an der Kleinen Zinne verlor.

Amort hat auch zusammen mit Professor Klebelsberg die merkwürdigen Überschiebungsreste im Gebiete des Boeseekofels entdeckt, mit denen wir uns auch noch zu beschäftigen haben.

Durch die Kartierung von Otto Reithofer ist nun der Charakter aller dieser Überschiebungen als Reliefüberschiebungen klar zutage getreten. Wir haben also hoch über den Joch- und Taleinschnitten hier



noch ein altes Erosionsrelief durch die Überdeckung mit den Hangend-schubmassen erhalten.

Dieser Befund ist für die Auflösung der Tektonik der Dolomiten und auch darüber hinaus für die Alpentektonik von großer Bedeutung.

Wir erkennen hier eine alte Landoberfläche, deren Relief in die Kreide-, Jura- und zum Teil sogar noch in die Triassedimente eingeschritten war.

Über dieses alte Relief von ganz erheblicher Vertikalspannung drang dann scheinbar aus dem O eine große Schubmasse, alles überdeckend, vor.

Von dieser Schubmasse sind heute nur mehr geringe Reste erhalten, deren Zeugnis deshalb um so wertvoller ist.

Nach dieser ersten ausgedehnten Überschiebungsphase unterlag das Gebirge wieder lange Zeit hiedurch den Angriffen der Erosion. Dieselbe schuf so ein neues Relief, welches nicht nur die Hangend-Schubmasse, sondern auch die darunter liegenden Schichten stellenweise bis zu den Werfener Schichten hinab durchsägte.

Nun wurde das ganze Gebiet samt diesem Relief in ein neues tektonisches Kraftfeld einbezogen.

Die mächtigen Druckspannungen trieben die weicheren, tieferen Schichtlagen in und gegen die Erosionsfurchen empor. Da sich die durch die Erosion freigesägten Dolomitstücke dem gewaltigen, in der Tiefe herrschenden Seitendruck weitgehend zu entziehen vermochten, so kam es an ihrer Basis vielerorts zur Ausbildung von kleineren Überschiebungen. Wieder verdanken wir die Kenntnis dieser Basalüberschiebungen fast ausschließlich dem unermüdlichen Eifer der schottischen Geologin Maria Ogilvie-Gordon.

Vielfach sind diese Überschiebungen aber eigentlich Unterschiebungen. Die tieferen, weicheren Schichten wurden relativ mehr zusammengestaut als die freiliegenden Dolomitstöcke. Dadurch kam es an der Basis der Dolomitstöcke häufig zur Ausbildung von kleineren Schubflächen. An diesen Schubflächen wurden die basalen Schichten etwas unter die hangenden Dolomitmassen hineingepreßt. Ein prächtiges Beispiel dafür ist die Unterschiebung am Fuß der Nordwand des Langkofels.

An einer großen, allseitig freigesägten Dolomitplatte können nach dieser Erklärung ringsum radial gerichtete Schubspuren auftreten, welche sich aber nicht zu einer einheitlichen Schubbewegung in gerader Richtung summieren lassen.

In dieser Nichtsummierbarkeit liegt ja gerade die Charakteristik ihrer Entstehung und ihres Auftretens.

Im Jahre 1900 hat C. Diener in den Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Wien den Einfluß der Erosion auf die Struktur der süd-tirolischen Dolomitstöcke eingehender beschrieben.

Er kam zu dem Urteil, daß die von Ogilvie-Gordon bereits damals nachgewiesenen basalen Überschiebungen nur durch das Einsinken der schweren Dolomitstücke in ihre weichere Schichtunterlage entstehen.

Diese Deutung der Überschiebungen ist aber gegenüber der heute sorgfältig aufgenommenen Detailtektonik bestimmt unhaltbar.

Sie würde zu ganz andersartigen und viel geringfügigeren Störungen führen, wie solche auch tatsächlich am Rande der Dolomittöcke da und dort zu erkennen sind.

An dem Vorhandensein von zahlreichen basalen Überschiebungen, bzw. Unterschiebungen in den Südtiroler Dolomiten ist nicht mehr zu zweifeln.

Dieselben sind jedoch streng an die einzelnen Dolomittöcke gebunden und zeigen hier im großen und ganzen gegenüber diesen Stöcken ungefähr radial angeordnete Bewegungsrichtungen.

So komme ich also zu dem Schluß, daß im Bereiche der westlichen Dolomiten nur die Hangend-Schubmasse, deren Reste auf Puez und Sella liegen, eine Schubmasse von größerer Förderweite vorstellt. Sie ist zugleich eine typische Reliefüberschiebung.

Ihre Ausdehnung beträgt zwischen Puez und Boèspitze in N-S-Richtung nach den heute noch vorhandenen Schubschollen etwa 11 km.

In der dazu senkrechten W-O-Richtung beweisen die hier noch erhaltenen Deckenreste nur eine Ausdehnung von etwa 5 km.

Damit ist jedoch meines Erachtens die Größe dieser Schubmasse bei weitem nicht erschöpft. Anzeichen ihrer weiten Erstreckung gegen O scheinen mir die heftigen Gipfelfaltungen zu sein, welche L. Kober bereits im Jahre 1908 aus dem Dachsteindolomitgebirge zwischen Gader—Rienz—Boita in den Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien beschrieben hat.

Ich habe dieselben bisher nicht persönlich kennen gelernt.

Trotzdem zweifle ich nicht daran, daß diese lebhaften und deutlich niedergebügelten Gipfelfalten an der Roten Wand im N und an der Tofana II und III im S nur unter dem Druck einer darüber vordringenden Schubmasse entstanden sein können.

Eine lokale Erklärung dieser auffallenden Überfaltungen scheint mir recht unwahrscheinlich zu sein.

Sie zeigen vielmehr den Gewaltmarsch einer höheren Schubmasse an, deren Körper inzwischen von der Erosion anscheinend vollständig verzehrt worden ist.

Ich habe aber die Vermutung, daß sich doch noch Reste und Wegzeichen dieser Deckschubmasse weiter im O finden lassen werden.

Vereinigt man die hier erwähnten Anzeichen für das Vorhandensein einer Deckschubmasse in den Südtiroler Dolomiten, so erhält man eine Schubtafel von der Dimensionierung von 11 km in N—S- und 25 km in W-O-Richtung. Das ergibt eine Überdeckungsfläche von zirka 275 km<sup>2</sup>. Es ist nun aber zu überlegen, daß die Angaben der Bewegungsrichtungen an den einzelnen, heute ziemlich weit auseinanderliegenden Stellen nicht auf eine und dieselbe Schubrichtung hinweisen.

Nach den Angaben von Reithofer haben wir in der Puezgruppe Schubrichtungen von N → S und von O → W, in der Sella von O → W, nach jenen von Kober zeigen die Gipfelfalten in der Roten Wand und in der Tofanagruppe Überkipfung und Überschiebung gegen SW.

Nun ist gegenüber von diesen wesentlich divergierenden Richtungszeichen festzuhalten, daß, einerseits beim Vormarsch einer Reliefüber-

schiebung je nach der Beschaffenheit des Grundreliefs ziemlich starke Abweichungen von der Hauptschubrichtung ohne weiteres eintreten können, anderseits aber auch die alten Wegzeichen infolge von jüngeren Faltungen und Verschiebungen aus ihrer ursprünglichen Lage herausgerückt worden sein können.

Es entzieht sich derzeit meiner Einsicht, ob es auf diese Weise möglich ist, eine einheitliche Schubrichtung für diese große, alte Schubmasse zu erhalten.

Ob es sich nun um eine große zusammenhängende oder um mehrere getrennte Deckschubmassen handelt, jedenfalls beweisen dieselben große Reliefüberschiebungen, die natürlich weit älter als die basalen Überschiebungen und davon ganz unabhängig sind.

Diese Auflösung der Tektonik der Südtiroler Dolomiten steht in vollem Widerspruch mit jener, welche H. u. M. Cornelius in ihrer Marmolata-Arbeit entworfen haben.

„Nach ihrer Meinung ist der bestimmende Grundzug dieser Tektonik eine Stockwerksfaltung, bedingt durch Materialunterschiede. Über den stetigen Falten von Bellerophonschiefer und Untertrias setzt die Überschiebungs- und Schuppungszone des Marmolatakalks ein.

In den Wengener-Cassianer Mergeln tritt wieder stetige Faltung, im Schlerndolomit dagegen Überschiebung und Ablösung auf. Endlich zeigt die Obertrias mit den Jurakreidegesteinen als oberstes Stockwerk wieder schöne Falten wie in der Puez- und Sellagruppe. Die ‚Gipfelfaltungen‘ verlieren auf diese Weise den Charakter einer merkwürdigen Ausnahmserscheinung und werden zu einem normalen und leicht verständlichen Glied im Bau der Dolomiten, wie ihn der Zusammenschub geschaffen hat.“

An dem großen Einfluß der Materialbeschaffenheit auf die Ausbildung der Bewegungsformen ist gewiß nicht zu zweifeln.

Damit ist aber nur die Detailausführung der Bewegungen und der Gegensatz zwischen den gutgeschichteten und den ungeschichteten Gesteinen charakterisiert, nicht jedoch die Veranlassung und die zeitliche Gliederung der Tektonik.

Zunächst scheiden die sogenannten „Gipfelfaltungen“ aus, weil sie eben keine sind.

Hier handelt es sich um klar ausgebildete Reliefüberschiebungen.

Diese Schubmassen drangen über ein Relief vor, das vor allem in Kreide- und Juraschichten eingeschnitten war. Dieses Relief wurde von den vordringenden Schubmassen teilweise aufgepflegt, abgeschert und zusammengestaut.

Im Bereiche von Puez und Sella sind noch die Reste der hangenden Schubmassen teilweise unmittelbar als Deckel auf den überwältigten jungen Schichten des Unterbaues erhalten. Weiter im O liegen nur mehr die niedergebügelten Falten der jungen Schichten vor und die Hangendschubmassen selbst scheinen bereits ganz abgetragen zu sein.

Wir halten also fest, daß in den westlichen Dolomiten durch Hebung und Erosion zunächst eine alte Landoberfläche geschaffen wurde, die dann von ausgedehnten Schubmassen überschritten wurde.

Infolge neuerlicher Hebungen schnitt hierauf die Erosion ein weit tieferes Relief ein.

Auch dieses Relief wurde nochmals von der Zusammenpressung ergriffen.

Bei dieser Gelegenheit kamen dann erst die basalen Überschiebungen an den Rändern der großen Dolomitstöcke zur Ausbildung.

Bevor ich nun das Gebiet der hochgelegenen Reliefüberschiebungen der Sella verlasse, möchte ich mich noch etwas eingehender mit dem prachtvollen Profil des Boeseekofels beschäftigen.

Ich lege hier ein Profil, Fig. 6, nach meiner eigenen Begehung vor, das nicht im Tatsächlichen, wohl aber in der Deutung und Verbindung der einzelnen Aufschlüsse von den Profilen Reithofers im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1928 abweicht. Der Boeseekofel bildet

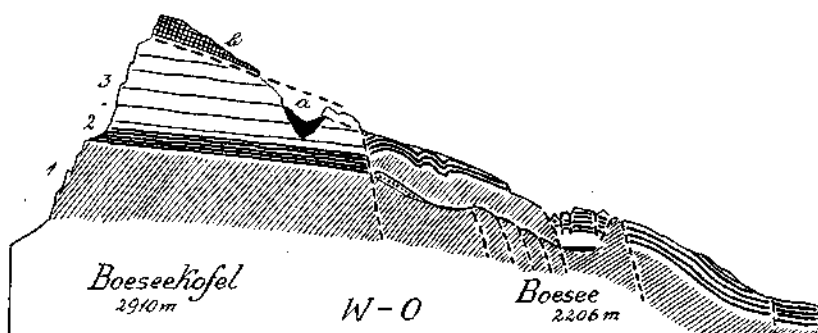


Fig. 6. 1 = Schlorndolomit. 2 = Raibler Schichten. 3 = Dachsteindolomit. a = Füllmasse, zumeist aus Neokom. b = Schubscholle aus Dachsteindolomit.

das Nordoststeck der Sella und das vorliegende Profil ist entlang von seinem Ostgrat aufgeschlossen.

Das Merkwürdige an diesem Profile ist das Auftreten einer alten Erosionsfurche in dem ungefähr horizontal lagernden Dachsteindolomit des Boeseekofels.

In dieser Furche befinden sich nun viel jüngere Schichtenmassen, welche offenbar durch die vorrückende Deckschubmasse abgeschürft und in diesen Hohlraum hereingeschleppt wurden. Bei diesem Vorgang wurde sogar der eine Rand der alten Furche teilweise über ihre tektonische Füllmasse vorgestoßen.

Die Hangendschubmasse hat dann diese Furche noch wesentlich überschritten und auch am Boeseekofel sowie auf den benachbarten Gipfeln von Zehn- und Pitzkofel prächtige Schubzeugen hinterlassen.

Reithofer hat die Lagerung der jungen Schichten in der Furche des Boeseekofels als Einbruch zwischen vertikalen Verwerfungen zu erklären versucht.

Nun sind hier wirklich kleine Brüche da, aber sie reichen bei weitem nicht aus, um diese Verhältnisse zu erklären.

Ich erblicke in diesem großartigen Aufschluß am Boesekofel ein prächtiges Gegenstück zu den berühmten Aufschlüssen auf der Höhe des Stanserjochs im Karwendelgebirge.

Während aber am Stanserjoch eine alte Furche im Wettersteinkalk mit Buntsandstein und Reichenhaller Schichten ausgestopft wurde, ist am Boesekofel eine Furche im Dachsteindolomit mit Jura- und Neokomschichten ausgefüllt worden. Im ersten Fall wurde also von einer Schubmasse eine Furche in den Basalschichten mit älterem Schichtgut, im zweiten Fall dagegen mit jüngerem Schichtgut ausgestopft.

In beiden Fällen war die Bewegung der Deckschubmasse quer auf die Richtung der alten Furche erfolgt.

Es ist auch interessant zu beobachten, wie sowohl die Furche auf dem Stanserjoch von Rothpletz als auch jene auf dem Boesekofel von Reithofer zuerst als Einbruch zwischen steilen Verwerfungen gedeutet worden ist.

Das Profil des Boesekofels ist durch einen schönen Zusammenklang aller tektonischen Motive besonders ausgezeichnet.

Die Wirkung der von O her vordringenden Deckschubmassen ist in der Schrägstellung der Verwerfungen, in der Ausstopfung der alten Furche mit abgeschürftem Material und in der Verzerrung der einen Furchenlippe völlig gleichsinnig abgebildet.

Zum Schlusse meiner Untersuchung möchte ich noch einige merkwürdige Stellen in der Tektonik von Rodella und Val Dona kurz besprechen.

Der Schuppenbau des Südhanges der Rodella gegen Campitello, welcher von Ogilvie-Gordon in ihrem großen Werk über die Südtiroler Dolomiten (Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Bd. 24 vom Jahre 1927) ausführlich dargestellt wurde, läßt sich auch unter Annahme eines alten Erosionseinschnittes an der Südseite der Langkofelgruppe viel einfacher erklären.

Größere Schwierigkeiten bieten aber die Verhältnisse am Westabhang der Rodella. Hier lagert unmittelbar auf dem tief angeschnittenen Gewölbe der Werfener Schichten, welches den Sockel des Rodellagipfels bildet, eine Breccie, welche hauptsächlich aus Stücken von Marmolatakalk sowie seltener von Buchensteiner Schichten, Porphyrit und Werfener Schichten besteht.

Bei meinem ersten Besuch dieser Stelle im Jahre 1926 hielt ich diese Breccie im Einverständnis mit Frau Ogilvie-Gordon für ein tektonisches Gebilde.

Bei einem neuerlichen Besuch im Jahre 1928 bin ich jedoch zu der Anschauung gekommen, daß hier eine alte Schutthalde vorliegt, welche dann von einer Reliefüberschiebung überdeckt und auf diese Weise überliefert worden ist. Die Merkwürdigkeit und Seltenheit eines solchen Fundes erfordern eine etwas ausführlichere Darstellung.

Die Zeichnung Fig. 7 legt die wichtigsten räumlichen Beziehungen dieser Breccie an der Westseite der Rodella vor.

Die Breccien erscheinen hier unmittelbar einem Steilabfall von Werfener Schichten angeschmiegt. Da dieselben aus den gleichen Kalken

bestehen, welche auch den Gipfel der Rodella aufbauen (Marmolatakalk), so können sie eine alte Schutthalde des Gipfelkörpers vorstellen, welche sich über einen Steilhang von Werfener Schichten herabergoß.

Später wurde diese Halde zu einer „Gehängebreccie“ verkalkt und von einer Reliefüberschiebung eingedeckt.

Nun lagert aber diese Breccie nicht nur auf dem Sockelgewölbe von Werfener Schichten, sondern im nahen Einschnitt der Pozzates-

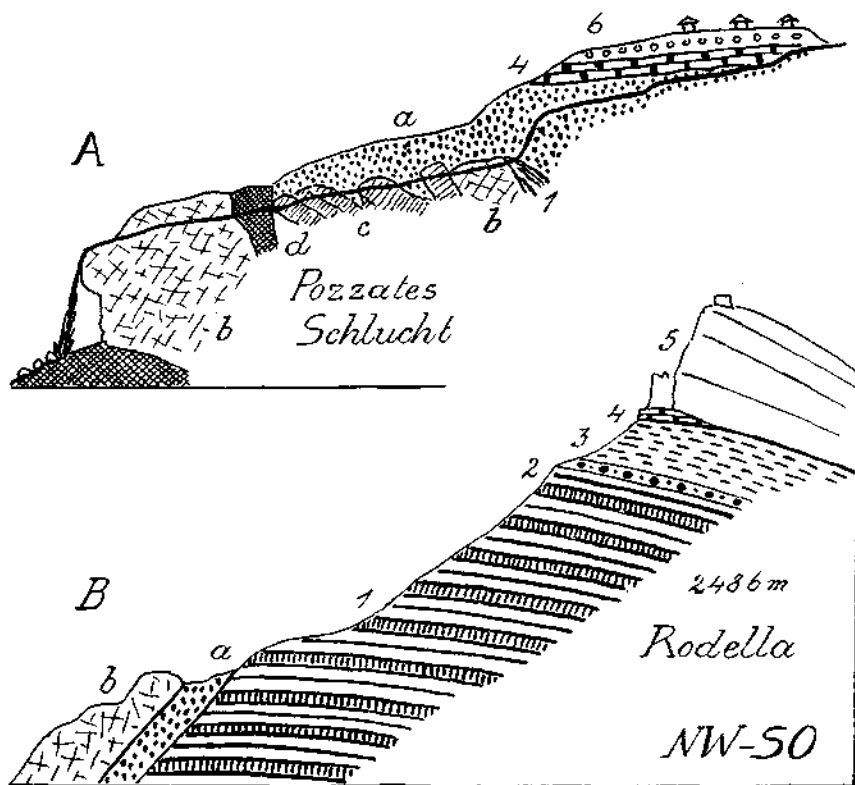


Fig. 7. 1 = Werfener Schichten. 2 = Richthofenkonglomerat. 3 = Unterer Muschelkalk. 4 = Buchensteinerschichten. 5 = Marmolatakalk. 6 = Tuffbreccien. a = Gehängeschuttbreccie. b = Mendoladolomit. c = Geschichtete, feingebänderte Dolomite. d = Porphyritgänge.

schlucht auf einer kompliziert gebauten Schichtenfolge, welche Fig. 7 wiedergibt.

Angesichts dieser Befunde wird man zu dem Schluß geführt, daß man es hier mit zwei tektonischen Phasen zu tun habe, welche durch die Ablagerung und Verkittung der Breccie zeitlich getrennt werden.

Die Gesteinsserie, welche unter unserer Breccie liegt, ist sehr intensiv mit Werfener Schichten verschuppt und außerdem von einem Porphyritgang durchdrungen. Die Verschuppung des Mendoladolomits mit den Werfener Schichten scheint älter als der Porphyritgang zu sein.

Das würde bedeuten, daß die älteren Schubbewegungen stellenweise noch von den letzten vulkanischen Durchbrüchen überdauert waren. Die Überschiebung des Rodellagipfels schneidet einen Explosivgang, der dort in den Buchensteiner Schichten und im Marmolatakalk steckt, von dem Sockelgewölbe aus Muschelkalk und Werfener Schichten ab. Hier ist die Überschiebung offenbar jünger als der vulkanische Durchbruch.

In der Pozzatesschlucht ist aber der Durchbruch jünger als die Verschiebung des Mendoladolomits.

Das wirft auf die ganze Tektonik der Rodella ein neues Licht.

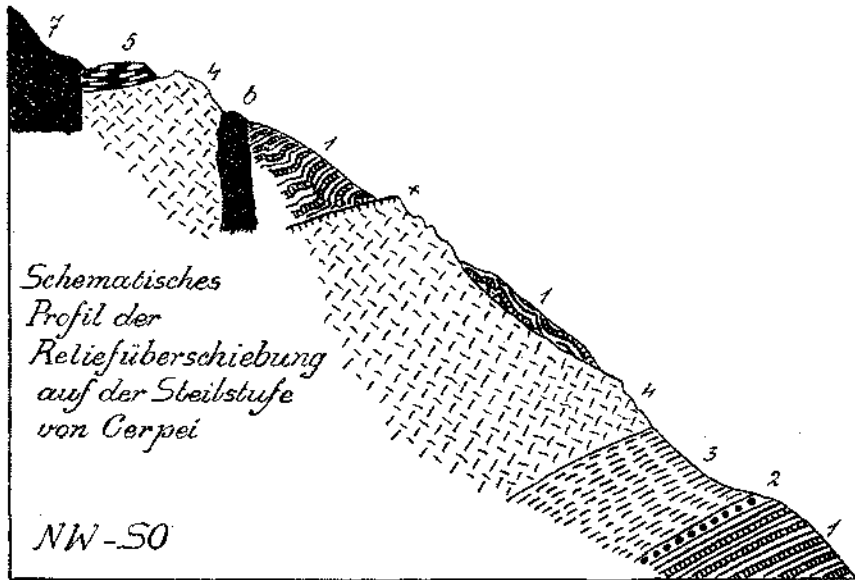


Fig. 8. 1 = Werfener Schichten. 2 = Richthofkonglomerat. 3 = Unterer Muschelkalk. 4 = Mendoladolomit. 5 = Buchensteiner Schichten. 6 = Porphyritgang. 7 = Tuffe und Laven. x = Schöne Schubbfläche.

Wir haben wahrscheinlich mit einer noch wesentlich weiter ausgreifenden zeitlichen Zerlegung der tektonischen Bewegungen zu rechnen.

Einen weiteren interessanten Fall einer Reliefüberschiebung findet man am Weg, der von Campestrin im Fassatal über eine Steilstufe zur Kapelle Cerpei und von dort zur Alpe Foscaz im Val Dona leitet.

Auch diese prachtvoll klar gezeichnete Überschiebung wurde von Ogilvie-Gordon entdeckt und beschrieben.

Die genauere Besichtigung ergab auch hier wieder die typische Form einer Reliefüberschiebung, welche die Zeichnung Fig. 8 vorlegt.

Die Front dieser Überschiebung ist durch eine deutliche Stürnfaltung ausgezeichnet.

Die Schubbewegung erfolgte demnach von SO gegen NW, d. h. schräg zum Berggehänge. Dieser Befund ist recht merkwürdig.

Eine weitere Eigentümlichkeit dieser Überschiebung besteht dann darin, daß in geringer Entfernung davon ein mächtiger Eruptivgang den Mendoladolomit samt den auflagernden Buchensteiner Schichten durchbricht.

Es macht den Eindruck, daß dieser Durchbruch erst nach der Reliefüberschiebung stattgefunden hat. Leider reichen die Aufschlüsse für eine sichere Entscheidung dieser Frage nicht aus. Wahrscheinlich ist die Verwerfung im Mendoladolomit mit dem Durchbruch des Porphyritganges gleichzeitig erfolgt und also jünger als die hier vorliegende Reliefüberschiebung.

Diese Deutung der Verhältnisse führt uns zu der Anschauung, daß die Schubfläche auf der Stufe von Cerpei älter als die benachbarte Verwerfung und der große Porphyritgang ist. Nun stellt aber diese Schubfläche eine offenkundige Reliefüberschiebung vor.

Das heißt mit anderen Worten, daß hier vor der Überschiebung bereits ein bis in den Mendolakalk hinabgreifendes Relief vorhanden war.

Die Überschiebung erfolgte über dieses Relief hin. Daher hat auch der Eruptivgang hier eine alte Landoberfläche durchstoßen. Es handelt sich dabei um einen Explosivgang, der aus Brocken von verschiedenartigen Porphyriten besteht und auch ziemlich häufig Stücke von lichtem Kalk umschließt, wie solche in seinem Liegenden nicht aufgeschlossen sind.

Eine ähnliche Beobachtung habe ich auch an dem Explosivgang gemacht, welcher im Gipfelkörper der Rodella steckt. Dieser enthält Blöcke und Brocken von Marmolatakalk aus seinem Hangenden, dagegen kein Material aus den liegenden Werfener Schichten.