**Zeitschrift:** Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Graubünden
**Band:** 63 (1923-1924)

**Artikel:** Die Grenze zwischen West- und Ostalpen : eine geologische Studie
**Autor:** Tarnuzzer, C.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-594598

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 02.10.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Die Grenze zwischen West- und Ostalpen.

## Eine geologische Studie.

Mit einer Kartenskizze.

Von Prof. Dr. Chr. Tarnuzzer.

—

Die Gliederung und Einteilung eines Gebirges wird meist verschieden lauten, je nachdem bloß geographische oder geologisch-tektonische, die Gesteinsverbreitung und den Aufbau berücksichtigende Momente in den Vordergrund gestellt werden. Orographisch teilt man die Alpen gewöhnlich in West-, Zentral- und Ostalpen, von welchen für die Schweiz das mittlere Glied in Betracht käme. Man ließ dieses Glied im Westen an der Linie Arve-Montblanc-Aostatal beginnen, aber die Ostgrenze wurde sehr verschieden, früher mit Vorliebe an die Linie Reschen-Scheideck gelegt, während man die Ostalpen von hier weg bis Wien reichen ließ. Erst in der neuesten Zeit kam die einfachere geographisch-geologische Unterscheidung West- und Ostalpen auf, deren Grenze *Aug. Böhm* vom Bodensee in südlicher Richtung durch das Rhein- und Splügenpaßtal zum Comersee gezogen hat. Andere führten sie vom Hinterrheintal aus über den S. Bernardino nach Bellinzona zum Langensee. Jedes strengere Festhalten an der einen oder der andern dieser Linie ist jedoch willkürlich, und zwar nicht nur in morphologischer, sondern noch in anderer Hinsicht, da auf diesen Schnitten durch die Alpen weder der Splügen noch der Bernhardin eine geologisch markante Grenzscheide darstellt (*O. Wilckens*[1]). Die Geologen nahmen als Grenze von West- und Ostalpen meist die Rhein-Splügenpaßlinie Böhms an, wobei sie jedoch die größten Konzessionen

[1] Allgem. Gebirgskunde, S. 11 und 91. Jena, 1919.

an die allgemein-geographische Betrachtung machen, da diese Teilung im Süden des Gebiets für sie ganz unbegründet bleibt. Daß, gestützt auf orographische Momente und unter Berücksichtigung der durch den tektonischen Bau der Alpen vorgezeichneten langen Linie Chamonix- Col de Balme-Martigny-Rhonetal-Furka-Urserental-Oberalp-Vorderrheintal-Chur noch eine Einteilung in Nord- und Südalpen üblich gewesen ist, soll nur der Vollständigkeit halber angeführt sein.

In der Alpengeologie gilt also im Allgemeinen wie in der neuern Geographie die Rheinlinie als Grenze zwischen West- und Ostalpen, aber sie scheidet lange nicht so scharf, wie ihr Name andeutet, sondern nimmt, von vielen grundlegenden Tatsachen berichtigt, auf große Strecken einen gebuchteten Verlauf und muß im südlichen Teil ihres Gebietes weit ostwärts des Splügenpaß- und Lirotales verlegt werden. Wir müssen weit ausholen und uns sowohl die verschiedenen Gesteins- und Gebirgszonen der Seiten, als ihren innern Bau vergegenwärtigen, um zeigen zu können, warum es notwendig ward.

## I.

Im Grenzgebiete der West- und Ostalpen finden wir Sedimentgesteine dreier großer Verbreitungsbezirke ausgebildet, die sich durch petrographische Eigentümlichkeiten, paläontologischen Charakter, Schichtenmächtigkeit der geologischen Stufen und die Vollständigkeit oder das Fehlen von Schichtkomplexen innerhalb der Serien kennzeichnen. Die verschiedene Ausbildungsweise eines Gesteins in den verschiedenen Zonen heißt man die Fazies, und wir unterscheiden so in dem für uns in Betracht kommenden Gebiete die helvetische, die penninische (südliche) und die ostalpine Zone. Jede derselben enthält Gesteinsreihen, die gleichaltrig sein können, aber ihr Gepräge, ihre Fazies setzt die Bildung in einem besondern Meere voraus, das mit dem Meere der andern Gesteinszone nicht in eigentlicher Verbindung gestanden haben kann. Schon lange weiß man, daß sich in der Zone der Ostalpen vor allem die Kalk- und Dolomitmassen der Triaszeit wesentlich von den Ablagerungen der germanischen Trias im Jura, der Nordschweiz und der helvetischen Trias westlich des Rheins unterscheiden, und es haben denn auch ihre Gesteinsstufen ganz verschiedene Benennungen erhalten. Hingegen ist die ostalpine

Fazies des an der Rheinlinie aufragenden Falknis und in der Gürgaletsch-Alpsteinkette zwischen dem Plessurtal und Churwalden erst in der allerneuesten Zeit mit Sicherheit erkannt worden, wie auch das Gepräge von Sedimenten der penninischen Zone gegenüber den gleichaltrigen der helvetischen Provinz.

Im westlichen Teil des Kantons Graubünden ragt das aus Graniten und Gneißen gebildete A a r - und G o t t h a r d m a s s i v, das eigentliche «Grundgebirge», das während der ganzen Zeit der Aufstauung und Faltung des Alpengebirges als riesige Klotzmasse an Ort und Stelle verblieb. Es ist a u t o c h t h o n e s, in der Tiefe wurzelndes Gebirge, dessen östlichster Ausläufer, der früher als Verrucano erklärte Gneiß von Vättis, der Dioritporphyrit des Lawoitobels von Trins, wie der Epidot-Chloritschiefer von Tamins-Felsberg in die Tiefe sinken und verschwinden. An der Aufwölbung dieses ältesten Gesteinsgliedes am Calanda nehmen als autochthone Sedimenthülle der Rötidolomit der Trias, die Jura- und Kreideglieder und im Nordteil der Kette vor Ragaz auch der Eozänflysch teil. Es sind Gesteine der h e l v e t i s c h e n Zone, die bis zum Rhein reicht.

R i f f e des autochthonen helvetischen Gebirges mit Triasschiefern, Dogger und Malm sind noch südwärts der Grenze des Vorder- und vereinigten Rheins in den fremdartigen Spornen und Kuppen der Umgebung von B o n a d u z - R h ä z ü n s und noch 2 km südwärts in Nundraus im D o m l e s c h g erhalten geblieben. Sie wurzeln als Klippen in der Tiefe und ragen aus der mächtigen Grundmoränenbedeckung der ausgedehnten Terrasse am Hinterrhein, oder direkt aus der Hülle des Bündnerschiefers der penninischen Decke auf, von der sie von Süden her überschoben wurden. Anläßlich der Bohrungen für das Staubeckenprojekt eines Kraftwerkes Ems-Rotenbrunnen in der Talenge des Hinterrheins unter der St. Georgskapelle bei Rhäzüns im Jahre 1921 war für die Geologie zu hoffen, die Ueberschiebung der von der linken Flußseite hereinragenden Doggerschichten durch die Bündnerschiefer direkt nachweisen zu können. Der Nachweis eines Rheinkolkes von 19 m Breite, innerhalb dessen eine Bohrtiefe von 17 m noch keinen Felsgrund, sondern nur Kiese und Schutt des Talstückes ergab, entschied leider dafür, das Projekt der Anlage eines Stauwehres aufzugeben.

Die übrigen Gebirgsmassen Graubündens stellen durch gewaltige Ueberschiebungen entstandene Deckfalten dar, die bei der Runzelung der Erdrinde und Aufstauchung der Alpen weit vom Südrande des Gebirges hergetragen und nord- oder nordwestwärts übereinander hingeschoben wurden. Gewaltige kristalline Tauchfalten, die früher als in der Tiefe wurzelnde Massive angesehen wurden, mit ihren zugehörigen, bald nur spärlichen, bald mächtig entwickelten Hüllen von Sedimentgesteinen. So viele Bildungsweisen der Gesteinsserien wir in den Gebirgen rechts und links des Rheins unterscheiden lernten, so viele Decken der ersten Ordnung ergeben sich, nämlich die helvetischen, penninischen und ostalpinen Decken. Diese großen Decken haben abweichende Mächtigkeiten der Gesteinsglieder und ihre besondere Bildungsweisen oder Fazies, auch die nach ihrem Alter sich entsprechenden Schichten der Teildecken der großen tektonischen Einheiten, und da diese Riesengebilde die Ursprungsstätten ihrer Entstehung verlassen haben und übereinander in weit entfernte Gegenden weggeführt wurden, so mußten auf die größten Strecken nicht nur stratigraphisch ältere Glieder auf die jüngern zu liegen kommen, wie es in kleinerem Maßstabe schon durch bloße Faltung geschehen ist, sondern es traten auch gleichalterige Schichten in direkte gegenseitige Berührung. Solch abnorme Grenzen und Kontakte vermag nur die Ueberfaltungstheorie zu erklären; jede andere Annahme verstößt angesichts des plötzlichen Faziswechsels gegen die Bildungsgesetze.

Innerhalb des Kantons Graubünden ist die *helvetische Zone* (Glarner Alpen) autochthones Gebirge, mit alleiniger Ausnahme der Glarnerdecke, welche die tiefste Zweigdecke der helvetischen Schubmasse darstellt. Ihr gehört der auf einer vom Vorderrheintal einheitlich nach Norden gerichteten Ueberschiebung als Gipfel- und Gratkappe auf das autochthone Gebirge hingelagerte Verrucano des Ringelspitz und der Segnesgegend an, während am Schilt und Glärnischsockel die Serie bis zum Eozän in normaler Folge entwickelt ist. Am Calanda ist, wie *Heim* betont, kein Verrucanorest der Glarnerdecke mehr erhalten geblieben; er müßte mit axialem Gefälle über den Berg herab und unter die penninischen Bündnerschiefer, als der nächst hö-

hern Gesteinsdecke, eintauchend gedacht werden[2]. Von den übrigen helvetischen Decken bauen die Mürtschendecke und Säntisdecke die Churfirsten, und die letztere den Säntis auf. Die Kreidefalten des Säntis und des Churfirsten-Alvierzuges setzen sich zwischen zwei Zonen des helvetischen Flysches jenseits des Rheins weit im Vorarlberg fort. Am Fläscherberg taucht die Säntisdecke des helvetischen Gebirges unter die ostalpinen Dekken des Falknis und Rhaetikon hinab. Das Axengefälle, mit dem die Falten der Säntisdecke zwischen Churfirsten-Alvier und den Drei Schwestern-Falknis zum Rhein absinken, beträgt für die Zone 30—60°.

Die Wurzel der helvetischen Decken ist von den Stirnen der südlichen oder penninischen Decken, da sie auf das autochthone Gebirge prallten, fast ganz ausgequetscht worden. Sie griffen südwärts unter die Nordstirn des Gotthardmassives her und liegen vermutlich auch unter dem Bündnerschiefer der penninischen Decke im südlichen Domleschg verborgen[3]. Die helvetischen Decken liegen weit über das autochthone Gebirge nach Norden über und bauen einen großen Teil der nördlichen Kalkalpen auf.

Die zweite große tektonische Einheit in unsern Alpen sind die *penninischen* oder *südlichen Decken*, unter welchen die helvetischen Decken, am Rhein einsinkend, verschwinden. Sie tragen den Namen nach den Gebirgen, in denen ihre kristalline Unterlage massivartig auftritt, aber sie sind trotzdem nicht in der Tiefe wurzelnd, sondern stellen gewaltige, nach Norden hin bewegte Tauchfalten dar. Für Graubünden kommen von ihnen, von der Tiefenlage aus gezählt, die Aduladecke, die Tambo- und Suretadecke und die Margnadecke (früher Rhaetische Decke geheißen), die wieder in Teildecken zerfallen, in Betracht. Ihre ältern Sedimente sind Kalk, Marmore, Gipse, Rauhwacken und Dolomite der Trias, die aber vor den Glanz-, Thon-,

[2] Geologie der Schweiz, S. 390.

[3] *Arbenz:* Die Wurzelregion der helvet. Decken im Hinterrheintal bei Bonaduz und Rhäzüns, Eclog. Geol. Helvet., Vol. X. No. 6, und *Arbenz* und *W. Staub:* Die Wurzelregion der helvet. Decken im Hinterrheintal und die Ueberschiebung der Bündnerschiefer. Vierteljahrsschrift der Nat. Ges. Zürich, Jahrg. 55, 1910.

Kalkschiefern und Kalksandsteinen der Bündnerschiefer sehr zurücktreten. Am Ostrande des Gotthardmassives und im Norden des Adula-, Tambo- und Suretastockes ist ihr tiefstes, basales Glied als Jura-(Lias)schiefer entwickelt, wogegen die Bündnerschiefermassen des Oberhalbsteins, der Lenzerheide, des Plessurtales und Prätigaus zur Hauptsache Tertiärflysch darstellen. In dieser höchsten der penninischen Decken, der Margna- oder Rhätischen Decke, deren gewaltige Kernmasse im Südosten die Malojagneiße umfaßt, sind die Bündnerschiefer des Oberhalbsteins, Arosas und des Gebietes zwischen Prätigau und Davos z. T. von mächtigen intrusiven Einschaltungen von Grüngesteinen, Serpentin, Spilit, Diabas und Gabbro begleitet. In den tiefen Buchten des Plessurtales weisen die penninischen Bündnerschiefer und deren Grüngesteine eine noch etwas größere Osterstreckung als am Silser- und Silvaplanasee und an der Ostseite des Fextales auf.

Die Bündnerschiefer der penninischen Decken reichen von Ilanz bis zum Rande des Falknis an den Rhein, nahe an das autochthone helvetische Gebirge heran, von dem sie die am Hinterrhein südlich von Reichenau isoliert aufragenden Trias-Juraklippen überschoben haben. Welcher Gegensatz der Gesteinsserien der beiden großen Deckensysteme, die an dieser Linie aufeinander treffen! Im Westen, am Calanda, die mit Terrassenabsätzen wechselnden grauweißen Hänge des helvetischen Kalkgebirges, dessen Falten hier freilich ziemlich sanft mit zirka 20° zum Rhein absinken; rechts des breiten Tales die sanfter geböschten Formen der penninischen Bündnerschiefer, die nur von Chur abwärts zur Landquart infolge der westwärts gerichteten Schichtenköpfe steil angebrochen ragen. Der Abfall der Schiefermassen und des Kalkgebirges sind nur die Verwitterungsränder, an welchen im breiten Tale das gewaltige Zwischenstück durch die Wirkung der zerstörenden Kräfte der Erdoberfläche herausgenommen worden ist. Nichts ist mehr sichtbar in der Breite, wo die beiden Deckensysteme einst zusammenschlossen, der Fuß der Bündnerschieferberge von Schuttkegeln verhüllt und der felsige Talgrund besonders von Chur abwärts mit mächtigen Kiesmassen verdeckt, die den einst bis Reichenau reichenden Bodenseefjord zuschütteten, wie *Heim*[4] es schon längst geschildert hat. So bleibt denn auch

[4] Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz, Lief. 25, N. F.

das Aequivalent des kristallinen Gewölbes des autochthonen Aarmassivs von Vättis, der bei Felsberg und Tamins auftretende grüne Dioritporphyr und Epidotchloritschiefer, den *Heim* zwischen Chur-Masans und Zizers in der Talebene noch vermutete, ganz in der Tiefe zurück.

Die penninischen Decken haben nach *R. Staub* ihre Wurzeln in den Zonen von Claro, Roveredo und Arbedo im Tessin und Südgraubünden. Die Wurzel der Margna- oder Rhätischen Decke in V. d'Arbedo hängt im Westen von Locarno mit dem Canavese und den Sesiagneißen in Italien zusammen[5]. Die steil gestellten Wurzeln sind häufig nordwärts übergekippt. Manche der Decken sind von ihren kristallinen Grundlagen gänzlich abgescheert und dann nach Norden verfrachtet worden. *Argand* gibt für die Distanzen, aus denen ihre Schübe erfolgten, 70—90 Kilometer an.

Das dritte Deckensystem, das in der Rheingegend und an der Scheidelinie der beiden großen Alpenteile, West- und Ostalpen, auftritt, sind die *ostalpinen Decken;* unter welche von Westen und Süden her die Gesteinskomplexe der andern Decken einfallen. Sie ist also das am höchsten liegende tektonische Glied, dem kein weiteres aufruht. Auf einer Bahnreise vom Bodensee bis Chur überblicken wir Hänge und Berge aller drei großen Deckgebiete: von der ostalpinen Decke die Schollen und Falten an den Drei Schwestern und andern Erhebungen des nach dem Vorarlberg sich abdachenden Rhaetikon; des Falknis und der Scesaplana; von der Station Landquart aus auch die Drusenfluh und den Schollberg über St. Antönien im östlichen Rhätikon; bei Chur die voralpenartigen Höhen der Gürgaletschkette oberhalb Tschiertschen und das Arosa Weißhorn. In diesem dritten Deckengebiet kulminieren auf gewaltigen Sockeln und Falten die Granit- und Gneißberge der vergletscherten Bernina- und Silvrettagruppe. Die Sedimente der ostalpinen Gesteinsreihe mit stark abweichender Fazies reichen vom Verrucano und der Trias bis in die Kreide hinauf. Die gewaltigsten Massen gehören dem Muschelkalk, Haupt- und Arlbergdolomit der Trias an, aber auch die Lias- und Oberjurakalke können bedeutende Mächtigkeit und Ausdehnung gewinnen.

[5] *R. Staub:* Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen.

Zu den unterostalpinen Decken gehört am Rhein und in seiner Nähe die Falknis-Sulzfluhdecke des Rhaetikon, der Gürgaletsch-Alpsteinkette, des Ochsenberges südlich Tschiertschen, der Weißfluhgruppe zwischen Davos und Langwies und des Gebietes von Langwies-Arosa. Die Falknis-Sulzfluhdecke ist zuerst die «Klippendecke» genannt worden. Ihre Hauptglieder sind Falknismalm und Kreidestufen, der Sulzfluhkalk und die kristalline Falknisbreccie, beide vom Alter des Tithon (Oberjura). Die Fazies, in der die Gesteine dieser tiefen unterostalpinen Decke entwickelt sind, nähert sich vorwiegend der Fazies des helvetischen und weniger derjenigen des ostalpinen Gebietes. Ueber der Falknis-Sulzfluhdecke liegt die «Aroser Schuppenzone» *(Cadisch)*, von *Steinmann* einst die «Aufbruchzone», von *Zyndel* «Mischungszone» genannt, in welcher ein wahres Chaos von aus dem natürlichen Verbande gelösten und zusammengedrängten Gesteinen zweier Gebirgsdecken auftritt. Deren Serpentin- und andere Grüngesteine werden von den Einen der penninischen Margnadecke zugerechnet, aus welcher sie durch Verschleppung in das ostalpine Deckengebiet geraten sein sollten, während sie nach Andern primär zum letztern gehören würden (*Cadisch*, *Arbenz*).

Im südlichen Gebiete Graubündens hat *R. Staub* als unterostalpine Decken die mit mächtigen Kernmassen von Gneißen und Graniten ausgestattete Sella-, Err-, Bernina-, Languard- und Campodecke unterschieden. Neuestens zieht dieser Autor die Selladecke aber zum Penninikum. Im Gebiete nördlich der Linie Tiefenkastels-Albulapaß-Inn sind diese Teildecken fast ganz zu abgelösten Schichtkomplexen oder Schuppen und Schürflingen verquetscht. Die Falknis-Sulzfluhdecke wird mit der Err- oder aber mit der Berninadecke parallelisiert, je nachdem man die Schuppen grünen Granits an der Basis des Tithonkalkes der Sulzfluh und der Zähnjefluh bei Langwies zur einen oder andern dieser Decken zählt. Die Aroser Schuppenzone wird größtenteils in die Languarddecke zu stellen sein. Die Campodecke als oberste der unterostalpinen Decken, heute mit Vorliebe als «mittelostalpin» erklärt, umfaßt die Aroser Dolomiten (Arosa Rothorn, Erzhorn, Thijerfluh, Mädrigen- und Küpfenfluh und das Schiahorn von Davos), die anscheinend die Fortset-

zung der Bergünerstöcke und der riesenhaften Unterengadiner Dolomiten sind.

Es war eine unvergleichliche Kühnheit des so früh und tragisch geendeten *F. Zyndel*, als er im Jahre 1912 die Decke der Unterengadiner Dolomiten, die wir heute als Sedimente der Campodecke nehmen, unter die Silvrettadecke zu versetzen sich vermaß. Die Silvrettadecke ist als oberostalpine Decke die höchste der Schweiz. Ihre gewaltige, weitgedehnte Platte wird von Gneißen, Hornblendschiefern und Porphyriten gebildet, denen im Südosten, im Landwassertal und in der Ducangruppe, Sedimente vom Verrucano bis zum Rhät, dem Uebergang von der Trias zum Lias, aufruhen. Das Kristallin des Parpaner Rothorns, das sich als Streifen unter der Mädrigenfluh bis Davos hinzieht, wird als eine Einwicklung der Silvrettadecke betrachtet. Die Silvretta ist eine große schwimmende Masse, die wie in einer Schüssel der penninischen Margnadecke liegt; an ihren Rändern stellen sich die darunter auftauchenden Teile der unterostalpinen Decken hoch, und im Prätigau, wie im Unterengadin fallen die Bündnerschiefer unter die höchste der Decken ein: sie hängen von beiden Seiten her in der Tiefe zusammen, so weit ihre riesenhaften Lasten sie nicht zerteilt, ausgequetscht und weggefegt haben.

Die Wurzeln der unterostalpinen Decken sind die Zone Bellinzona-Tonale, als Fortsetzung der Zone von Ivrea; die der oberostalpinen Decken liegen noch südlicher, in den Edoloschiefern am Oglio und im Seegebirge (Luganeser Kalkalpen), das ein Stück Dinariden, des großen, aus den Dinarischen Alpen fortgesetzten Gebirgsbogens ist. Die ostalpinen Dekken haben von der Wurzelzone an bis Bayern eine Schubstrecke bis 150, 160 km überwunden.

Bereits ist die Parallelisierung der Bündnerdecken mit den Decken des Wallis durchgeführt. Auch die ostalpine Decke war ursprünglich über einen großen Teil der Alpen verbreitet, wovon die dem Flysch aufgesetzten Klippen bei Schwyz, Yberg, am Stanser- und Buochserhorn und in den Giswylerstökken in Unterwalden, wie die Freiburger Alpen (Préalpes romandes) Zeugnis ablegen. In den übrigen Teilen ist die höchste der Alpendecken westlich des Rheins durch die Verwitterung und Abtragung weggenommen worden.

## II.

Jetzt erst, nachdem wir die Verbreitung der großen Deckengruppen links und rechts des Rheintales betrachtet und den Rändern der ostalpinen Gesteinsserien und Decken am Rhein und ostwärts desselben gefolgt sind, können wir die Grenzlinie zwischen den West- und Ostalpen mit größerer Sicherheit festlegen. Die geologisch-tektonische Grenze ist die, an der die höchsten Decken, die ostalpinen, einsetzen. Sie ist eine Ueberschiebungslinie, die von der Talbildung vielfach angeschnitten, auf große Strecken leicht zu verfolgen, aber bei der Schwierigkeit, welche die Entscheidung der Zugehörigkeit ganzer Gesteinskomplexe zu den Decken im Südverlaufe da und dort bietet, nicht selten auch Unbestimmtheiten und Zweifel übrig läßt. Die Grenzlinie kann, wie früher angedeutet, nicht kurzweg als Rheinlinie im wörtlichen Sinne bezeichnet werden, da sie zum kleinern Teil am Rheinlaufe liegt. Da die helvetischen Dekken des Säntisgebirges noch weit im Vorarlberg ihre Fortsetzung finden, so beginnt die Abgrenzung nicht am Bodensee, sondern weit drüben am Pfrontenberg im Vilstal und Oberstdorf in Bayern. Sie zieht von da in schwachem Bogen am Rande der ostalpinen Trias und Jurazüge, quert schief das Walser- und Illtal und biegt in Liechtenstein gegenüber Werdenberg an der Triasscholle der Drei Schwestern südwärts zum Falknis, dem Westrande des Rhätikon. Hier ist die Rheinbiegung nicht mehr die Grenze, da der Fläscherberg als Fortsetzung des Alvier und Gonzen noch in das helvetische Gebiet gehört. Dann entfernt sie sich weit vom Rhein, indem sie am Rhätikon dem Rahmen der großen Bucht des Prätigaus ost- und südwärts folgt, auch das Plessurtal einschließend. Diese Schieferbucht, noch von *E. Sueß* für ein Einbruchsgebiet gehalten, ist ein sog. Halbfenster, in welchem die durch Denudation entblößten penninischen Flyschschiefer des Prätigaus und Schanfiggs zwischen einem hohen, halbrundförmigen Wall von Gesteinen der ostalpinen Falknis-Sulzfluhdecke und der Aroser Schuppenzone hervorschauen. Die Grenzlinie zieht also am Südrande von Falknis - Scesaplana - Sulzfluh - Madrishorn über Klosters und an der Weißfluh hin, tritt zwischen Langwies und Strelapaß über die Plessur, verläuft am Plateaurande von Maran-Arosa und trifft, sich höher hebend, den Gürgaletsch und das Churer Joch. Dann

folgt sie längs des Churwaldnertales am Grate der Thälifluh, des Malakoff und westlich des Parpaner Rothorns in südlicher Richtung und behält dieselbe in etwas geringerm Abstande östlich des Lenzerheidtales bei, schließt das Lenzerhorn ein und wendet sich über Surava in die kleine Bucht von Tiefenkastels, trifft unter der Motta Palousa, dem Westglied der Bergünerstöcke, die Julia und die Schlucht des Conterser Steins. Von hier verläuft sie nach bisheriger Annahme am Südfuße der Bergünerstöcke südostwärts und bildet die beiden kleinen Einbuchtungen (Halbfenster) in der Val d'Err von Tinzen und am Julierpasse. Nach *R. Staubs* neuesten Forschungen verläuft die Grenzlinie am Ostgehänge des Oberhalbsteins jedoch anders als man bisher angenommen und als dieser Autor auf seiner tektonischen Karte der südöstl. Schweizeralpen 1916 noch dargestellt hatte. Herr Staub, der sich um die Erforschung des Deckenbaus Graubündens hoch verdient gemacht, hat nämlich neuestens von den zur Margnadecke des Penninikums gehörenden Grüngesteinen oder Ophiolithen der «Plattadecke» vor allem den im Süden am Piz Scalottas und in den Bergen südöstlich von Bivio folgenden ophiolithenfreien Komplex von Bündnerschiefern, Aptychen-(Oberjura)kalk und roten Radiolarienhornsteinen unter dem Namen «Schieferkomplex» abgetrennt und zu den unterostalpinen Decken gezogen, wie sie kurz zuvor *Ott* als sicher unterostalpin erkannt hatte. Dieser «Schieferkomplex» wäre darum als abgeschürfte Sedimente der Errdecke zu deuten, also durch tektonische Komplikationen in die ostalpinen Serien hineingeraten. Unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnis fallen die beiden Halbfenster von Flysch in der Val d'Err und am Julier weg und ist die Grenzlinie am Ostgehänge der Julia von der Motta Palousa und dem Conterser Stein an in tieferer Lage, als es bisher üblich war, über die Terrassen von Tusagn-Battagliang über Savognin und Tinzen nach Pensa in der Val d'Err und von hier in fast gerader Linie über den Westhang der Höhe Carungas zu führen, worauf sie der schmalen Ophiolithbucht, die zwischen der Carungashöhe und den Castellins des Errstockes aus der Tinzener Ochsenalp in die Alp d'Err hinabgreift, folgt. Die mächtigen Komplexe von roten Radiolarienhornsteinen und ihrer Schiefer in der mittlern Val d'Err bleiben so für die ostalpine Zone reserviert. Auch die kleinen penninischen Buchten vom Val Mulix und

Rots im Albulatale fallen bei der neuen Grenzführung weg. Die penninisch-ostalpine Grenze verläuft sodann an der Westflanke der Errgruppe und um den Piz Brascheng bei Bivio nach Boegia an der Julierstraße; von hier längs des Ostrandes von Pian Canfér zum Septimerpasse und der Motta da Sett, so daß die Roccabella und der P. d'Emmat noch auf das ostalpine Gebiet entfallen[6]. Die neue Grenze liegt also etwas westlicher, als bisher postuliert wurde.

Vom S e p t i m e r weg zieht sich die Grenzlinie an der schwach nordöstlich gerichteten, schmalen Einbuchtung nach Sils und dem Silvaplaner See, wo diese Bucht sich erweitert und an der Ostseite des Fextales sich südwärts wendet bis unter den P. Tremoggia in der Berninamasse. Ueber der Schweizergrenze liegt das große Halbfenster von Grüngesteinen und -Schiefern von Malenco, innerhalb eines gezackten Rahmens von Gneißen der Margna Deckfalte, welche Gesteine im Westen alle vom tertiären Bergellergranit abgeschnitten, angeschmolzen oder doch hochgradig metamorphosiert wurden. Diese geologisch ganz jugendliche Eruptivmasse zeigt, wie *Cornelius* hervorgehoben, volle Gesteinsfrische und ungestörte Erhaltung ihrer primären Absonderungsklüfte. Die Grenzlinie der Deckengruppen wendet sich aus dieser Gegend ostwärts zum Passo d'Uer, reicht über den Grat und hinunter bis zum Puschlaver See, um wieder westwärts über den Paß zurückzukehren. Sie streicht dann dem Nordrande der steilgestellten Wurzelzone der ostalpinen Ueberschiebung entlang, berührt Torre im Val Malenco, Cevo in Val Masino und zieht sich durch das Bergellermassiv in den Tessin, zwischen Arbedo und Bellinzona den Ticino und bei Locarno die Maggia kreuzend. Dann läuft die Grenze am Südrande der Alpen weit westwärts bis Ivrea a. d. Dora Baltea, wo erst die Wurzeln der ostalpinen Decken unter der Poebene verschwinden[7]. Die Trennungslinie von West- und Ostalpen verläuft also vom südlichsten Punkte in Graubünden mehr als doppelt so weit westwärts, als auf der nördlichen Al-

---

[6] *R. Staub:* Ueber die Verteilung der Serpentine und der alpinen Ophiolithen. Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitt., Bd. II, Heft 1/2 1922. Vergleiche auch *P. Arbenz:* Zur Frage der Abgrenzung der penninischen u. ostalpinen Decken in Mittelbünden. Eclog. Geol. Helvet. Vol. XVII, No. 3. 1922.

[7] *Heim,* Geologie der Schweiz. II 688.

penseite die Entfernung vom Pfrontenberg in Bayern bis zum Rhein vor dem Bodensee beträgt.

III.

Die Grenze zwischen West- und Ostalpen ist also, wie wir auf unserm langen Weg gesehen haben, eine Ueberschiebungslinie von flach S-förmiger Biegung, mit gewaltiger Ausholung im Osten und Westen der beiden Abdachungen der Alpen. Im einzelnen zeigt die N—S-Richtung den mannigfaltigsten Verlauf. Auf einzelnen Strecken ist sie nur zonal bestimmt, denn welche Komplikationen, Verschürfungen und Verschleppungen von Gesteinen der Decken müssen an ihrem Rande vorkommen! Es sei im nördlichen Gebiete nur daran erinnert, wie zwischen Feldkirch und Triesen Linsen aller möglichen Gesteine der ostalpinen und tiefern Decken in den Flysch gequetscht erscheinen[8], und wie die Grabser Klippe aus weithin vertragenen Resten ostalpiner Glieder der Falkniszone besteht (*Arnold Heim*). Und welche Knäuel von Gesteinen der Grenzdecken drängen sich im Rhätikon, um Arosa, an der Westflanke des Lenzerhorns, im Oberhalbstein und weiter im Südosten Graubündens zusammen! Dazu erschwert, wie wir gesehen, die Unsicherheit, die in der Zugehörigkeit gewisser Teildecken der Grenzdeckensysteme zurzeit noch herrscht, eine straffere Führung der Scheidelinie von West- und Ostalpen in manchen Gebieten, oder macht sie zum mindesten problematisch, wenn nicht gar unmöglich.

Die zu den Seiten dieser Querlinie der Alpen ragenden Berge gehören nicht etwa zwei verschiedenen Gebirgen an, auch sind an der Grenzfläche die beiden Alpenteile nicht vertikal verschoben oder gesenkt — es treffen an ihr vielmehr, wie *Heim* sich ausdrückt, nur verschiedene Stockwerke der Alpendecken zusammen, oder: die Ostalpen überlagern die Westalpen[9]. Am Rhein sinken autochthones Gebirge und Decken der helvetischen Zone mit axialem Gefälle der Falten nach Osten, unter die höhern penninischen und ostalpinen Decken ein und verschwinden in der Tiefe, und der Rand der Ostalpen wurde an der Ueberschiebungsfläche nur sichtbar, indem Verwitterung und Abtragung ihn freileg-

[8] *Trümpy,* Geol. Untersuchungen im westl. Rhätikon. Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz. Neue Folge, Lief. 46, 1916.

[9] Vergl. auch *L. Kober,* Bau und Entstehung der Alpen. Berlin 1923.

ten. Dieser Errsionsrand folgt der geschilderten großen Querlinie, die eine Art Querflexur, d. h. eine knieförmig abbiegende Falte, die auch in eine Verwerfung (Bruch) übergehen könnte, vorstellt. Am Erosionsrand brechen die Ostalpen plötzlich ab und gewähren in der Richtung dieser Grenze einen Einblick in die Aufeinanderfolge und den Bau der einzelnen Decken, deren nach Osten fallende Axen uns vom Rhein weg zu immer höhern Deckeneinheiten gelangen läßt. Früher erblickte man in dem Gegensatze, der sich von Reichenau-Chur an bis weit in das obere St. Galler Rheintal in den zusammentretenden Gebirgen zu erkennen gibt, eine große Störung, die auch weiter gegen den Bodensee hinab rechts und links des Rheins sich aussprechen sollte. Senkungen, kombiniert mit tangentialer Bewegung an der Rheinlinie sollten die als gewaltige Anomalien des Gebirgskörpers empfundenen Verhältnisse geschaffen haben. So macht noch *Ed. Sueß* im «Antlitz der Erde» die Ansicht *E. v. Moisisovics* zu der seinigen, daß am Westende des Rhätikon die Faltungen und «Wechsel» (Ueberschiebungen, Faltenverwerfungen) in wahrer «Schuppenstruktur», d. h. der Wiederholung von Schuppen oder abgelösten Schichtteilen, rechtwinkelig sich umbiegen, bis sie zuletzt N—S streichen, «als wäre eine große horizontale Verschiebung der Ostalpen gegen die Westalpen an der Rheinlinie eingetreten, und als sei der Rhaetikon horizontal geschleppt», d. h. quer verschoben worden. In engster Beziehung dazu stand für die beiden Autoren das «Einbruchsgebiet des Prätigau», an dessen Bruchrändern im Norden und Osten deutliche Rückfaltung stattgefunden haben sollte. Der Schleppung des Rhaetikon an der Rheinlinie und dem Einsturze des Prätigaus wurde auch der Umstand zugeschrieben, daß die aus der Schweiz in das Vorarlberg hinübertretende eocäne Flyschzone in flacher, S-förmiger Biegung um ein gutes Stück über die westliche Streichrichtung vortrete. Wir wollen sehen, wie es sich mit dieser Verschiebung des Alpenrandes östlich des Rheins tatsächlich verhält.

Von den beiden helvetischen Flyschzonen des Vorarlbergs, zwischen denen als Fortsetzung des Säntis- und des Churfirsten-Alvierzuges die Kreideketten liegen, steht nach allgemeiner heutiger Annahme die nördliche mit der Fähnernmulde des Säntisgebirges, die südliche, soweit sie helvetisch ist, mit der Amden-

Wilhausmulde im Zusammenhange. Von den drei helvetischen Vorarlbergerdecken verschwinden die Bregenzerwalddecke zwischen Hindelang und Wertach unter der ostalpinen Allgäudecke, die Grüntendecke in der Gegend des Lech unter dem südbayerischen Kreideflysch, der ostalpin ist[10]. Betreffs der Vorarlberger Kreidedecken hat *E. Blumer*[11] neuestens die Ansicht ausgesprochen, daß sie aus Faziesgründen nicht die Fortsetzung der Hohenkasten- und Säntisdecke sein dürften, sondern höhere Zweigdekken repräsentieren. Doch ist dies unsicher, der Axenabfall der Falten des Säntis und Hohenkasten jenseits des Rheins vielleicht kein bleibender. Das Eine bestätigend, das Andere dagegen berichtigend, betont *Arnold Heim*[12], daß die südlichsten Säntisfalten in den Gewölben von Götzis und Hohenems wieder axial in die Höhe steigen und die Kreide-Flyschzonen des Rheingebietes vom Alpenrande bis zur ostalpinen Ueberschiebung in faziellem und tektonischem Zusammenhange stehen. Im Ganzen haben wir auf beiden Rheinseiten einen großen Faltenbogen vor uns, der im Allgäu unter höhere tektonische Einheiten, die ostalpine Decke, taucht. Weder eine horizontale Verschiebung, noch eine sonstige wesentliche Störung ist an der Rheinlinie im Spiele. Ungestört ziehen die NO streichenden Säntisfalten über den Rhein und ändern die Richtung erst an der Bregenzer Aach in W—O, um jenseits der Iller nochmals eine, wenn auch vorübergehende NO-Schwenkung zu machen. Der Alpenrand, d. h. der äußere Flyschkontakt, entspricht also über dem Rhein im ersten Verlaufe durchaus der Streichungslinie auf der Schweizerseite. Die im Allgäu immerhin vorhandene Beugung scheint, worauf mich Herr Dr. *R. Staub* aufmerksam machte, im Zusammenhange mit der großen Beugung zu sein, welche die Dinariden in der Brennerpaßgegend einhalten. Die Sueß'sche Annahme einer großen Dislokation des Gebirges der beiden Rheinseiten ist daraufhin von Anschauungen, wie sie *Rothpletz* hegte[13], noch weit übertroffen worden. Zwar ahnte die-

---

[10] *M. Richter,* Geol. Rundschau. Bd. XIII, Heft 2. Berlin 1922.

[11] Eclogae Geol. Helvet. Vol. XVII, No. 2, 1922.

[12] Verh. der Schweiz. Geol. Ges. in Zermatt 1923. Ebendas., Vol. XVIII, No. 2, 1923.

[13] Geologische Alpenforschungen I. Grenzgebirge zwischen Ost- und Westalpen und die Glarner Ueberschiebung. München 1900.

ser Forscher das große Neue, daß die Ostalpen (als «rhätische Schubmasse») über den Westalpen liegen, aber er vermochte sich das Zusammentreffen der Falten des Calanda mit den Bündnerschiefern des Ostens, wie den großen Gegensatz der beiden Talflanken zwischen Rhätikon und Alvier usw. nicht anders, als durch die Annahme einer gewaltigen Querverwerfung am Rhein mit Senkung des Gebirges an der Ostseite an einer oder mehreren parallelen Spalten zu erklären. Für die Gegend von Chur nahm er eine Sprunghöhe der Verwerfung bis zu 1000 m an. Die Rheintalverwerfungen sollten nördlich bis zum Bodensee und südlich über die Lenzerheide bis Tiefenkastels und wahrscheinlich noch bis in das Oberhalbstein hinreichen. Im Lichte der Deckenlehre erklären sich die vermeintlichen Anomalien der Gebirgsseiten am Rhein auf das Einfachste durch das östliche Absinken der Faltenaxen des helvetischen Gebirges unter höhere Deckeneinheiten.

Dagegen treten in der Ostalpenzone längs der Rheintallinie Störungen im Gebirgskörper auf, die im angrenzenden penninischen Deckenlande des Westens nicht oder doch nicht in solchem Maßstabe vorkommen. Die Falknis-Sulzfluhdecke, die Vorarlberger Klippendecken, die Aroser Schuppenzone und die Err-Berninadecke sind, wie *Cadisch* zeigt[14], Segmente einer und derselben unterostalpinen Doppeldecke, die annähernd quer zum Alpenkörper stehen und Schubkräften aus dem SO oder O zu verdanken sind. Derselbe Autor hat innerhalb der Falknisdecke des Plessurgebirges eine 4fache Querverschuppung nachgewiesen, die vom Churer Joch und der Thälifluh über den Gürgaletsch und den Alpstein zum Ochsenberg und Mittaghorn vor dem Arosa Weißhorn hinreichen. Querfalten und Querüberschiebungen sind von den Schülern Prof. *Arbenz'* im zentralen Plessurgebirge, im Rhätikon und in der Weißfluhgruppe, wie in andern Gebieten Mittelbündens festgestellt worden. Die Querstörungen stellen die jüngste bedeutende Phase der Gebirgsbildung dar, während die ältere S—N gerichtete Bewegungen voraussetzt.

Die als große Bruch- und Verwerfungsspalte angesehene Rheinlinie war für die Ansicht eines engen Zusammenhanges von Erdbeben und tektonischer Störung im Gebirgsbau

[14] Zur Geologie des zentralen Plessurgebirges. Eclog. Geol. Helvet. Vol. XVII, No. 5, 1923.

eine gute Stütze. Tatsächlich gehört die Rheinlinie in eine der bestfrequentierten Erdbebenzonen der Schweiz und wird hierin nur vom Inntal, insbesondere dem Unterengadin, übertroffen. Die größte seismische Tätigkeit läßt sich auch mit der heutigen Anschauung, daß die Grenzscheide von West- und Ostalpen in einer Ueberschiebungszone von Deckensystemen liege, zusammenreimen. In der Rheingegend liefern Chur und das Domleschg die am häufigsten erschütterten Stoßpunkte, und es ist *de Quervain* gelungen, für das Domleschgerbeben vom 15. I. 1914 eine Herdtiefe von 36 km festzustellen[15]. Die Erdbebenzone der großen Grenzlinie der Alpen reicht aus dem Südosten Graubündens von Sils und Fex bis Bregenz am Bodensee und schließt die Rheintäler Landquart-Plessur, Albula, Julia, Vorderrhein und Rheinwald an. Oft kombinieren sich Längs- und Querbeben dieser Gebiete von der Hauptrheinlinie aus. Im untern Rheintale schwingen des öftern die seismische Seitenlinie Feldkirch-Rankweil und Götzis-Dornbirn mit. An der Alpenscheide der Rheingegend klingen häufig auch die Beben aus, die ihren Ursprung in der Westschweiz haben[16].

## IV.

Eine überraschende geologisch-morphologische Erscheinung an der Grenzlinie von West- und Ostalpen ist der ziemlich einheitliche Betrag, die Ausgleichung der Gipfelhöhen — die sogenannte «Gipfelflur», obwohl auf den gehobenen Sockeln der autochthonen kristallinen Massive der Westalpen sich die südlich davon wurzelnden Gebirgsdecken höher stauen mußten, als östlich des Rheines in Graubünden, wo die großen Zentralmassiv-Schwellen fehlen und auch die Berninamasse Deckengebiet ist. Ohne solche Hindernisse konnten die Decken hier offen nach Norden wandern

[15] Eclogae Geol. Helvet. Vol. XIV, p. 20/21.

[16] Vergl. die seit 1880 jährl. herausgegebenen Schweiz. Erdbebenber., bis 1887 im Jahrb. des Tellur. Observatoriums in Bern, dann in den Annalen der Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt in Zürich erschienen, wie die Jahresber. des Schweiz. Erdbebendienstes, des letztgenannten Instituts seit 1912. — *J. Früh,* Ueber die 30jährige Tätigkeit der Schweizer. Erdbebenkommission, Verh. der Schweiz. Naturf. Ges., Genf 1911, und *Chr. Tarnuzzer,* Die bisherige Erdbebenforschung in der Schweiz und ihre Resultate für Graubünden. Jahresber. der Nat. Ges. Graub., 54. Bd., 1913.

und blieben in tieferer Lage, wenn auch in diesem Alpenteil noch die höchste der Gebirgsdecken, die ostalpine, das Deckengebäude krönt. Das Gesetz der «Gipfelflur»[17] hat die mittlern Höhen der höchsten Gipfel in beiden Grenzgebieten ziemlich gleich gemacht. In unvergleichlich klarer Art hat uns Prof. *Heim* gezeigt, daß die Gebirgsmorphologie hier nicht zur Erklärung ausreicht, sondern daß die Frage ein Problem geologischer Erkenntnis im tiefsten Sinne ist. Denn die Annahme einer Uebereinstimmung mit den ursprünglichen Stauungshöhen, wie ihre Ableitung von einer ursprünglichen oder vorübergehenden Plateaugestalt vermögen das Problem der Ausgestaltung der Gipfelflur nicht zu lösen. An prachtvollen und überzeugenden Beispielen hat *Heim* nachgewiesen, daß gleichhohe Gipfel ganz verschiedenen Stockwerken des alpinen Faltenbaues angehören, die Gipfelflur also vom innern Bau eines Gebirges ganz unabhängig bleibt. So sind der Vorabstock und Hausstock (3025 und 3125 m) einerseits, der Bristenstock und Piz Giuf (3074 und 3098 m) fast gleich hoch, obwohl den letztern mehr als 3000 m ursprünglich gelagertes Gestein weggenommen wurde. Denn der Vorabstock besteht aus autochthonem Gebirge bis zum Oberjura hin und einer Kappe der helvetischen Ueberschiebung, während der reinkristalline Bristenstock bis in sein oberstes Stockwerk abgetragen wurde. Vergleicht man zu beiden Seiten des Rheins Gipfel des Rhätikon mit solchen der Glarner Alpen, so ergeben sich bei allerlei Schwankungen Höhen von 2600—2800 und 3000—3300 m, obwohl in der ersten Vergleichsreihe nur ostalpines Deckengestein, in der andern autochthone Kreide und Eozän, oder übergeschobener Verrucano der helvetischen Dekken lagert. Unter Berücksichtigung der veränderlichen Mächtigkeiten der Schichten, die auf Stauung, Ausquetschung und Auskeilen beruhen, wären so auf der Westseite des Rheins 6000 bis 8000 m abgetragen, die östlich des Rheines noch im Gebirge stekken, was mit der östlichen Absenkung der helvetischen Decken zum Rhein zusammenhängt. Im Tessin ragen die tiefsten kristallinen Glieder des alpinen Deckengebäudes heute ohne Sedimentbedeckung an die Oberfläche. Aber diese Bedeckung war einmal

[17] *A. Penck,* Die Gipfelflur der Alpen. Sitzungsber. der Preuß. Akad. der Wissensch., XVII 1919, und: *A. Heim,* Geologie der Schweiz. Bd. II, und Vierteljahrsschr. der Nat. Ges. Zürich, Bd. 67, 1922.

vorhanden, und wenn man die Schichthaufen aller Decken bis in die Trias der ober-ostalpinen Silvrettadecke darauf türmen würde, so ergäbe sich an verschiedenen Stellen vom tiefsten Tessinergneiß aus eine Faltungsdicke von 30—40 km! Um diesen Riesenbetrag also sollte der Monte Sobrio höher sein als der Hochducan der Silvrettadecke. Und doch bleiben die Gipfel fast gleich hoch, 3000 bis fast 3400 m. «Alles dem innern Bau zum Trotz, der Gipfelflur zuliebe», wie *Heim* sagt.

Nur die Berninagruppe will sich nach diesem Autor nicht der allgemeinen bündnerischen Gipfelflur einreihen, denn ihr Betrag ist mehr als 500 m größer, als für die nahen Bergellerberge. Und doch bestehen beide Gebiete aus Graniten und Gneißen. Ursache dieser Erscheinung ist einmal die relative Lage der Erosionsbasis, die im Bergeller Massiv über 1000 m tiefer ist. Das stärkt das Angriffswerk der Erosion. Außerdem ist das Meer, hier die Adria, näher, was ihren Betrag erhöht, und im Weitern fehlen große Gletschergebiete, deren weitreichendes Eis im Berninagebirge die Gipfel schützt. Diesen Erklärungen der Lage der Gipfelflur in unsern Gebirgen fügt *Heim* noch die verschiedene Resistenzfähigkeit der Gesteine bei, die für das Bündnerschiefergebiet eine bis um 500 m niedrigere Gipfelflur erzeugt als in Zonen des Gneißes, weil die weichen Schiefer im Durchschnitt eine geringere mittlere Maximalböschung ertragen. Endlich kann noch die Fluß- oder Taldichte, die in unsern Alpen aber nur wenig variiert, auf die Lage der Gipfelflur Einfluß haben.

Ueberblicken wir heute die Alpen, so zeigen uns die von der modernen Gebirgstektonik über den heutigen Ruinentrümmern mit unvergleichlicher Kühnheit konstruierten Profile die Spuren eines einst viel größern Aufbaues. Unsere Berge waren, mit Prof. *Heim* zu reden, zu viel Höherm bestimmt, als sie zu erreichen vermochten. Früher begegnete man der Behauptung, die Alpen seien einst doppelt so hoch gewesen als heute mit einem ungläubigen Lächeln; heute bleibt eine solche Annahme weit, weit hinter der geologischen Ueberlegung zurück. Der Tiefgang der Faltung, d. h. die gesamte Faltungsdicke, wird von *Heim* für das Monte Rosa- und Berninagebiet zu 50 km berechnet, von denen jedoch mehr als die Hälfte durch das eigene Uebergewicht unter dem Meeresniveau in die Erdrinde eingesenkt liegen muß. Was

noch über das Meeresniveau aufragt, vermutet Heim, kann nach Höhe strichweise nur $^1/_{10}$, nach dem Volumen kaum $^1/_5$ der einst emporgestauchten Masse sein. Die Alpen sind auf 1—5 km erniedrigt und um ca. 45 km in ihren Höhen ausgeglichen worden. Abwitterung und Abtragung hätten 30 km Höhendifferenz überwunden; da ihr Werk jedoch schon nach der ersten Faltung begann, so hat es diese Höhe nie entstehen lassen.

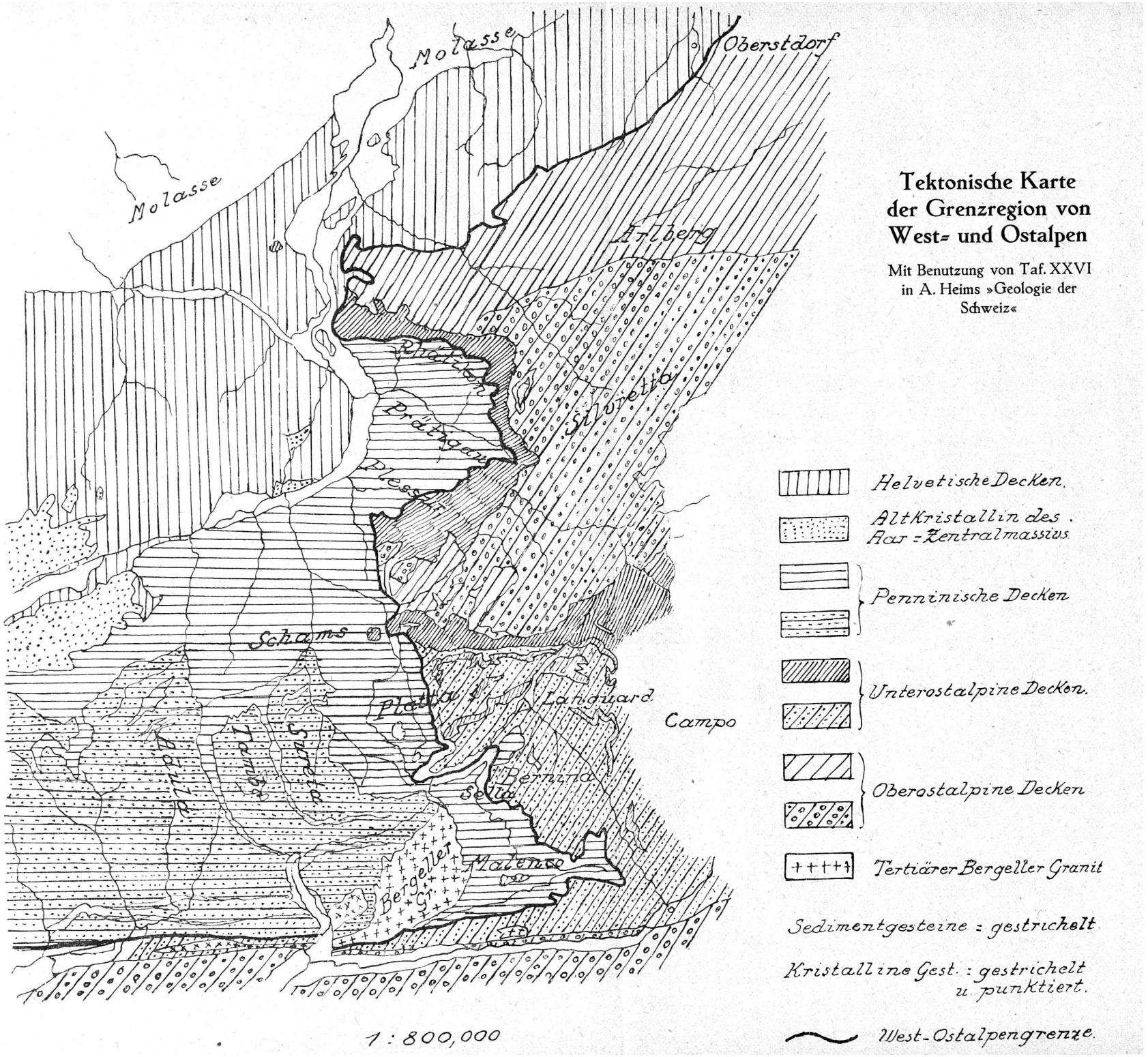
Man ist im ersten Augenblick geneigt zu glauben, daß Gebirgsgebiete mit der größten Häufung von liegenden Faltungsdekken und dem größten Tiefgange der Faltung bei den Schweremessungen auch größere Beträge der Schwere ergeben müßten. Gerade das Gegenteil ist der Fall, wie die Studien der Eidg. Geodätischen Kommission seit Jahren ergeben haben. Bei größerm Tiefgange der Faltung müssen nämlich in Gebirgen die tiefern, schwerern Schalen der Erde von den darüber gehäuften leichtern stärker verdrängt werden. Davos, im Gebiete der Silvretta, einer Gegend des höchsten Staubetrages, weil hier noch die mächtige oberostalpine Decke vorhanden ist, hat nach *Niethammer* den größten Massendefekt des Gebirgskörpers in Graubünden, während im «Unterengadiner Fenster», wo die tiefere penninische Decke der Bündnerschiefer innerhalb der Gneißumrahmung der ostalpinen Decke hervorschaut, und in den bloßgelegten Wurzelzonen des Tessins der Massendefekt um Vieles allgemein geringer, der Schwerbetrag größer ist. Die über das Erdniveau vorragenden Berge sind die leichtern Teile der Erdrinde, die Niederungen, besonders die Böden der Ozeane, die schwerern, dichtern Schollen.

Wir haben uns, wie schon erwähnt, vorzustellen, daß die Alpen durch ihr eigenes Gewicht tief in den nachgiebigen Untergrund eingedrückt sind; die Berge schwimmen, und es waltet eine Art Gleichgewichtszustand, die Isostasie. Ein gewisses Maß der Ausgleichung und der Erniedrigung der Berghöhen ist, worauf *Heim* hinweist, wahrscheinlich schon dadurch entstanden, daß in der Geschichte der Alpen die am höchsten aufgestauten Gebiete isostatisch am stärksten eingesunken sind. Freilich sind sie auch am längsten und intensivsten von der Verwitterung angegriffen worden. Zwischen Aufstauung, Abwitterung und Isostasie kann die mannigfaltigste Wechselwirkung bestehen, so daß der

letzte dieser Faktoren an der Gestaltung der heutigen «Gipfelflur» als mitbeteiligt anzusehen ist[18]. Aber der Abwitterung ist dabei die weit größere Rolle zugefallen.

So weit haben wir ausgeholt, um die schöne Gesetzmäßigkeit zu erklären, daß an der Rheinlinie, der Grenze von West- und Ostalpen, benachbarte Gipfel, die ursprünglich viel größere Höhendifferenzen aufwiesen, sich heute darin als gleich zu gleich gesellen können. Auffallender, als hier, hätten Abtragung und isostatisches Einsinken nicht zu diesem großen Endziel führen können. Wir sind mit diesen Fragen tief in das Problem der Entstehung und Aufstauchung des Alpengebirges geraten, dessen Ruinenbau der Forscher so sehr betonen muß, trotzdem er unverwelklich erscheint an Schönheit und Reizen.

[18] *H. Stille* lehnt die Theorien der Isostasie und der Unterströmungen ab. Festrede an der Universität Göttingen. Berlin 1922.




# Tektonische Karte der Grenzregion von West- und Ostalpen

Mit Benutzung von Taf. XXVI in A. Heims »Geologie der Schweiz«

Helvetische Decken.

Altkristallin des Aar-Zentralmassivs.

Penninische Decken

Unterostalpine Decken.

Oberostalpine Decken

Tertiärer Bergeller Granit

Sedimentgesteine = gestrichelt

Kristalline Gest. = gestrichelt u. punktiert.

West-Ostalpengrenze.