

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	75
II. Historische Bemerkungen	76
Allgemeines S. 76. Glarner Doppelfalte S. 77. Schübe aus verschiedenen Richtungen S. 78. Klippenfrage S. 78. Große Verfrachtungen S. 79. SCHARDTs Studien S. 80. STEINMANN S. 80. LUGEON S. 80. ALBERT HEIM S. 81. TERMIER S. 82.	
III. Der Gedankengang der Deckentheorie	82
Horizontale Verfrachtungen S. 82. Entstehung einer Decke S. 83. LUGEONs Diagramm S. 84. Autochthon, parautochthon, Deckenland S. 85. Spring- und Tauchdecke S. 85. Einwicklung S. 86. Gleitung S. 86. Faltennatur der Decken S. 86. Teildecken an Stelle der großen Decken S. 88. Tektonische Abtragung und Ablagerung S. 89. Größe der Schubmassen S. 89. Durchverfolgung einer Decke S. 90. Steigen und Fallen der Deckenachsen S. 91. Dent blanche S. 91. Unterengadiner Fenster S. 92. Schubrichtungen S. 93. Ost—West-Bewegungen S. 93. Einseitiger Schub S. 94. Unterschied der alten und der neuen Auffassung S. 94. Beweise für die Deckentheorie aus der Lagerung S. 95. Maß der Zusammenschiebung in den Alpen S. 96. Beweise für die Deckentheorie aus der Fazies S. 96. Faziesgrenzen und Deckengrenzen S. 98. Fazies und Decken S. 98. Fazies der Klippen und deren Wurzel S. 99. TERMIER S. 99.	
IV. Die Deckentheorie in den Alpen	99
Tektonische Gliederung der Schweiz S. 99. Helvetiden, Penniniden, Austriden S. 100. Lepontin-Penninisch S. 101. Faziescharakteristik S. 101. Alpenvorland S. 102. Autochthone Zentralmassive S. 104. Helvetische Zone in der Schweiz S. 104. Gleitbau des Helvetischen S. 105. Vergleich mit den Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen S. 106. Abschürfungsschicht S. 106. Wurzel S. 106. Verschürfte Flyschmassen S. 107. Exotische Blöcke S. 107. Helvetische Zone östlich des Rheins S. 108. Flyschzone der Ostalpen S. 109. Abtrennung einer ostalpinen Flyschzone S. 109. Rumunischer Rücken S. 110. Penniniden S. 111. Gesteinsaufbau und Vergleich mit den Tauern S. 113. Alter S. 113. Ophiolithe S. 113. Kristallisation S. 113. Geantiklinalen und Decken S. 114. Charakteristik der penninischen Tektonik S. 115. Gliederung der Schubmassen S. 115. Niesenflysch S. 117. Ostalpine Decken der Ostschweiz S. 117. Charakteristik der Tektonik S. 118. Gliederung S. 119. Nomenklatorisches S. 120. Ost- und Westalpen S. 121. STEINMANNs Erkenntnis S. 121. Ost—West-Schub S. 121. Verbreitung der Ost—West-Bewegungen S. 122. Unterengadiner Dolomiten S. 123. Alpenknickung S. 125. Ost—West-Bewegungen in den Ostalpen S. 125. Silvretta, Ötztal, Adamello S. 125. Silvretta S. 125. Ötztaler Alpen S. 126. Verbreitung der Campodecke S. 126. Schneeberger Zug S. 126. Tonale S. 127.	

Hohe Tauern S. 127. Historisches S. 128. Alter der Schieferhülle S. 128. Alter der Überschiebung durch das Ostalpine S. 128. Gneis und Schieferhülle S. 129. Tauerntektonik S. 129. Deckengliederung S. 130. Tarnthal S. 132. Matreier Zone S. 132. Radstädter Tauern S. 133. Stellung der Schladminger Masse S. 133. Tribulaun S. 135. Nöflacher Decke S. 135. Telfer Weißen S. 136. Schneeberger Zug S. 136.	
Ostalpin und Lepontin S. 137.	
Tauernfenster? S. 138. Fensterhypothese S. 138. W. SCHMIDTs Auffassung S. 138. KOSSMATS Auffassung S. 139. Zeit der Überschiebung der Tauern durch das Ostalpine S. 140.	
Das Gebirge im Süden der Tauern S. 142.	
Das Gebirge im Norden der Tauern S. 142. W. SCHMIDTs Gliederung S. 143.	
Das Gebirge östlich der Katschberglinie S. 144. Gliederung durch KOBER und STAUB S. 144. Frage des Deckenbaues S. 144. Alte Masse S. 145. Stangalpe und steirische Decke S. 146. Grazer Paläozoikum S. 147. Semmeringfenster S. 148. Metamorphose und Tektonik S. 149. Ober- und unterostalpin S. 150.	
Das romanische Deckengebirge S. 150.	
Die Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen S. 152. Großtektonische Stellung S. 152. STEINMANNs Ergebnisse am Westrand S. 152. Deckengliederung S. 153. Faziesdecken S. 154. Ober- und unterostalpine Decke S. 155. Ultradecke S. 156. Hallstätter Decke S. 156. Gliederung HAHNS S. 156. Gliederung HAUGS S. 157. Stellung der Hallstätter Decke S. 157. Klippenzone S. 157. Verbindung von Kalk- und Zentralalpen S. 158. Ost—West-Bewegungen S. 159. Großtektonische Stellung der gesamten Kalkalpen S. 159.	
Die Wurzeln der alpinen Decken S. 159. SANDERS Vorstellungen S. 160. Helvetische Zone S. 161. Niesendecke S. 161. Penninische Decken S. 161. Silvretta S. 161. Nördliche Kalkalpen S. 162. Steirische Decke S. 168. Verhältnisse im Pustertal S. 169. Gedankengang von M. RICHTER, Heimatberechtigung der Muralpen S. 171.	
Die Südalpen S. 174. Karnische Alpen S. 174.	
Verhältnis von Alpen und Dinariden S. 175. Auffassung von SUESS S. 176. KOBERs Orogen S. 176.	
Tektonik der Südalpen S. 176. Alpin-dinarische Knickung S. 177. Vorstellung von WINKLER S. 179. Die Südalpen als traineau éraseur S. 180. Stellung zu den Alpen S. 181. Alpinodinarische Grenze S. 181. KOBERs Narbe S. 182. Neue Auffassung TERMIERS S. 184. Auffassung STAUBS S. 185.	
Tonalitintrusionen S. 185.	
Die Zeiten der Gebirgsbildung S. 186. Vorvariszische Störungen S. 186. Variszische Diskordanz S. 187. Vorgosauische Gebirgsbildung S. 187. Vorläufer der Deckenbewegungen S. 188. Gebirgsbildungen in der Schweiz S. 188. Gebirgsbildungen in den Ostalpen S. 189.	
Die Erzeugung der Decken S. 190.	
Tektonik und Morphologie S. 193.	
V. Literaturnachweise	194
VI. Sachregister	197
VII. Ortsregister	207

I. Einleitung

Die Grundfrage der alpinen Tektonik ist die um den Geltungsbereich der Deckentheorie. Die alpinen Geologen sind in zwei Lager geteilt, zwei Meinungen stehen sich scheinbar schroff und unversöhnlich gegenüber. Die Gegensätze scheinen unüberbrückbar zu sein. Ärger und Verdruß haben Eingang in das Schrifttum gefunden. Ich selbst habe in der Frage nach der Anwendungsmöglichkeit der Deckentheorie auf die Ostalpen meine Stellung im Lager der Gegner gewählt und es mag vielleicht bei dem Leser manche Befürchtungen erregen, daß gerade ich es versuche, einen Überblick über den Stand der tektonischen Fragen in den Alpen zu geben. Es könnte vielleicht vermutet werden, daß nicht die für ein solches Beginnen nötige Objektivität aufgebracht werden kann von einem Manne, der mitten drinnen im Kampf der Meinungen steht. Ich hoffe aber, den Beweis zu erbringen, daß mir, dem Gegner der Deckentheorie in der jetzt herrschenden Form, doch nicht das Maß der Objektivität so weit abgeht, daß nicht eine gerechte Würdigung der Lehre vom Deckenbau der Alpen möglich wäre. Denn jedem, auch dem schärfsten Gegner, müssen doch die Vorzüge der neuen, von der Schweiz ausgegangenen Lehre klar sein. Und schließlich hat manche Synthese des alpinen Gebirgsbaues, die von den Anhängern der Deckentheorie gemacht worden ist, gezeigt, daß die Argumente der Gegner nicht immer ganz gewürdigt worden sind (1).

Die Deckentheorie ist vielfach von den ostalpinen Geologen kritisiert worden. Die Kritik verhindert, daß eine wissenschaftliche Hypothese zu einem Dogma wird. Daher muß Kritik erlaubt sein und darf nicht als ein crimen laesae majestatis aufgefaßt werden. Es liegt doch auf der Hand, daß die hauptsächlich von den Ostalpen ausgehende Kritik — wenn man ihr schon keinen anderen Wert zubilligen will — doch eine Wirkung hat: sie verhinderte, daß die Deckentheorie rasch zu einem Dogma erstarrt ist, sie hat zahlreiche Änderungen in der Deckentheorie hervorgerufen, die dieser nur zum Vorteil gereichen.

Die Entwicklung der alpinen Literatur in den letzten 20 Jahren hat es bedingt, daß die Meinungen über den Bau der Schweizer Alpen viel geschlossener sind als über die Ostalpen. Es können daher die Verhältnisse in den Westalpen ungleich kürzer behandelt werden als jene der Ostalpen, über welche die Meinungen schroff und scheinbar unversöhnlich gegenüberstehen. Diese Tatsachen und das große Werk von ALBERT HEIM über die Geologie der Schweiz bedingen es, daß im folgenden aus den Westalpen weniger Einzelheiten vorgebracht werden.

II. Historische Bemerkungen

Der Gang der geologischen Erforschung in allen Ländern — soweit nicht amerikanistisches System herrscht — geht den Weg von dem Studium der nutzbaren Vorkommen über die Stratigraphie zur Tektonik. Die Schweiz ist schon lange bei der tektonischen Phase angelangt, vielleicht weil da die stratigraphischen Verhältnisse durchsichtiger sind als in den Ostalpen. In den Ostalpen ist die lange Zeit der stratigraphischen Forschung auch eine sehr rühmliche Periode; aber die oft unklaren Verhältnisse und die besonderen Schwierigkeiten der Triasstratigraphie haben viele schwere und zeitraubende Meinungsverschiedenheiten hervorgerufen. Als Musterbeispiel für die verschiedene Entwicklung in der Schweiz und in den Ostalpen kann die Gegenüberstellung des Glarnergebietes und des Salzkammergutes bis 1905 dienen — in der Schweiz eine relativ einfache Stratigraphie in klarer tektonischer Gliederung, im Salzkammergut die verwickelte Triasstratigraphie — auf der einen Seite die Entwicklung, die von der Glarner Doppelfalte zu den Schubdecken führt, auf der anderen Seite das fast atektonisch erfolgte Studium des Gebietes mit der wichtigsten Entwicklung der Hallstätter Fazies.

Es kann nicht die Aufgabe dieser Zeilen sein, eine Übersicht über die Ansichten vom Bau der Alpen zu geben. Die Alpen wurden der Reihe nach als ein Chaos von verworfenen Schollen, dann als ein Faltenwurf angesehen. Als Ursache des Faltenwurfes wurde die Zentralzone angesehen, die in der Zeit der naiven Erklärungsversuche als eine Art von Erhebungskrater betrachtet wurden. Dann kam der Nachweis der Passivität der Eruptiva durch E. SUESS im vizeninischen Tertiär und durch ALBERT HEIM im

Glarner Land; dann die Untersuchungen in der Zentralzone, die zeigten, daß deren Gesteine viel älter seien als die Auftürmung der Alpen, daß sie also die Gebirgswerdung der Alpen nicht in der Art vulkanischer Hebungen verursacht haben konnten.

E. SUSS (2) sagt: Der Vergleich der Zentralmassen mit Vulkanen, der Versuch, Erhebungs- und Ausbruchs-, d. h. Elevations- und Eruptionerscheinungen als gleichbedeutend hinzustellen, stammt aus der Zeit, in der die Somma des Vesuvs als Erhebungskrater galt.

E. SUSS' „Entstehung der Alpen“ und HEIMS' „Mechanismus der Gebirgsbildung“ haben bahnbrechend gewirkt oder sind doch wenigstens markante Punkte in der Erforschungsgeschichte der Alpen.

Im Laufe der Zeit ringt sich die Erkenntnis durch, daß die Alpen das Produkt einer Stauung der Erdkrinde, eines horizontal wirkenden Schubes sind. Daraus ergibt sich, daß der Sedimentationsraum der alpinen Gesteine vor der Faltung ungleich breiter gewesen sein muß, als heute das Gebirge an Breite aufweist.

In der Zeit der Erkenntnis des Faltenbaues der Alpen war der bedeutendste Fortschritt durch die Studien von HEIM (3) gegeben, daß in den Glarner Alpen eine Doppelfalte vorhanden sei, deren Flügel gegeneinander blickende Scharniere bilden. Wenn sich auch die Doppelfalte nicht halten konnte, so war doch der Nachweis von flach überliegenden Falten erbracht. Die rasch berühmt gewordene Doppelfalte galt lange Zeit als die gewaltigste tektonische Erscheinung in den Alpen. Es waren in der Auffassung HEIMS zwei gegeneinander blickende überlegte Falten, deren Mittelschenkel ausgewalzt wurden bis auf die spärlichen Reste des sogenannten Lochseitenkalkes, den HEIM als tektonisch verwalzten Malmkalk (Hochgebirgskalk) anspricht. ROTHPLETZ (4) hat die Parallele Lochseitenkalk-Malmkalk gelegnet. Heute erkennt HEIM (5) im Lochseitenkalk neben vorherrschendem Malmkalk noch Kreide und Rötidolomit. Es ist daher die Faltennatur der Glarner Schubmasse nicht so absolut beweisbar, als wenn es sich nur um Malmkalk handeln würde.

Die Glarner Doppelfalte galt lange Zeit sozusagen als eine tektonische Ausnahme in den Alpen; denn es zweifelte sonst niemand daran, daß die alpinen Gesteine autochthon seien, d. h. daß sie trotz der Faltung noch an dem Orte seien, wo sie gebildet wurden.

Die Rolle der Glarner Doppelfalte als tektonisches Wunder in den Alpen ist um so merkwürdiger, als schon viel früher RICHT-

HOFEN (6) in den Allgäuer und Lechtaler Alpen (z. B. Profil Valluja—Krahbachjoch—Wösterspitze) Schubdecken abgebildet und damit gezeigt hat, daß weite horizontale Verfrachtungen vorhanden sind.

HEIM hat bei seiner Beschreibung der Glarner Doppelfalte den Nachweis angetreten, daß flach überliegende Falten vorhanden seien, bei denen der Mittelschenkel ausgewalzt ist. ROTHPLETZ (7) hat sich dagegen ausgesprochen; er hat sich nicht gegen den Bestand der Überschiebungen gewendet, ja er hat sogar ihre Zahl in den Glarner Alpen vermehrt, aber er leugnet die Faltennatur der Überschiebungen, indem er den Lochseitenkalk nicht als verwalzten Mittelschenkel ansieht, und läßt die Überschiebungen aus verschiedenen Richtungen kommen.

Neuerdings hat MYLIUS (8) auch in den Glarner Alpen Schübe aus verschiedenen Richtungen angenommen — wenigstens für die helvetische Zone nicht mit Glück. Es mag zu den Anschauungen von den Schüben aus verschiedenen Richtungen auch die Darstellung HEIMS von den zwei Schubrichtungen in der Glarner Doppelfalte beigetragen haben.

Zweifellos gebührt ROTHPLETZ (9) das große Verdienst, die nördlichen Kalkalpen der Ostalpen als eine große Schubmasse erkannt und sie in mehrere Teilschubmassen gegliedert zu haben.

Im Fortschritt der tektonischen Erforschung der Alpen ergaben die sogenannten Klippen der zentralen Schweiz (Mythen, Giswilerstock, Roggenstock usw.) neue große Schwierigkeiten. Man hat für diese Berge ursprünglich angenommen, daß sie aus dem Flysch herausstechen — daher der Name Klippen. Dann aber kam die Erkenntnis, daß diese aus Trias und Jura aufgebauten Berge dem Flysch aufgeschoben seien, daß sie also wurzellose Massen seien. Die tektonische Stellung dieser Berge ergab somit eine ungeahnte Schwierigkeit und das zweite Rätsel ist ihre Fazies, denn Trias und Jura der Klippen ist anders ausgebildet, als es sonst in der helvetischen Zone der Schweiz üblich ist. Daher wurden die Klippen als Fremdlinge erkannt, die auf dem Flysch der helvetischen Zone schwimmen.

Die Erkenntnis der Lagerung der Klippen erforderte, die Anomalie nicht von Fall zu Fall, sondern für die ganzen Alpen durch einen gleichmäßig anzuwendenden Mechanismus zu lösen. Diese Aufgabe mußte so gelöst werden, daß die Rückversetzung in die Lage vor der Gebirgsbildung ein stratigraphisch glaubhaftes Bild ergab, ein Bild, das sich in die Vorstellungen von der alpinen

Geosynklinale einfügt. Es muß die Faziesdiskussion die Gegenprobe für die tektonischen Verhältnisse ergeben.

Zuerst dachte man, daß die Klippen von Norden herbeigeschoben seien — von dem sagenhaften vindelizischen Gebirge, das seinerzeit als Barre zwischen den mesozoischen Meeren der Alpen und von Mitteldeutschland von GÜMBEL angenommen wurde. Die Schubrichtung aus Norden schien ja auch durch HELMS Glarner Doppelfalte nachgewiesen zu sein. Jetzt sind wohl die meisten Geologen der Meinung, daß die Klippen aus dem Süden stammen (3), doch fehlen gegnerische Stimmen nicht ganz (9).

Für die südliche Herkunft der Klippen ist entscheidend, daß ihre Fazies auf südlichere Zonen hinweist, als es die helvetische Unterlage ist. Mit der Feststellung der Lagerung der Klippen auf dem Flysch waren noch größere Verfrachtungen wahrscheinlich gemacht, als es die Glarner Doppelfalte ist.

Auf die Glarner Doppelfalte mußte immer wieder hingewiesen werden, obwohl es schon lange Zweifel an ihrem Bestande gab. M. BERTRAND (10) hat schon 1884 die Ansicht ausgesprochen, daß die Glarner Doppelfalte eine einzige von Süden her überfaltete liegende Falte sei, und er hat die Deutung als große Schubmassen auch für andere Gebirgsglieder angewandt. Auch E. SUESS vertrat hinsichtlich der Glarner Doppelfalte dieselbe Ansicht.

Daß es in den Alpen sehr große Verfrachtungen gibt, wurde überdies schon früher erkannt. So hat ESCHER schon 1853 gewußt, daß die Vorarlberger Kalkalpen auf Flysch liegen, was RICHTHOFEN 1859 in vielen Profilen dargestellt hat (6). 1858 hat STUR große Überschiebungserscheinungen in den Südalpen festgestellt. 1867 erkannte E. SUESS die Überschiebung des Alt-kristallins der Cima d'Asta über das Tertiär des Val Sugana. 1882 stellte BITTNER als Grundzug des Baues der niederösterreichischen Kalkvoralpen eine Überschiebungstektonik fest. — Diese Beispiele ließen sich noch beträchtlich vermehren. Aber in allen diesen Feststellungen war kein System, denn der Überschiebungsbau als Grundlage der alpinen Tektonik wurde nicht erkannt. Verwirrend für den weiteren Gang der tektonischen Untersuchungen war eine Wandlung in der Klippenfrage. Sie wurden nämlich mit den exotischen Blöcken verglichen und so wurde der Begriff exotisch auch auf sie angewendet. GÜMBEL (11) dehnte diesen Begriff sogar auf ganze Gebirge aus. Man glaubte eine Zeit lang, die Klippen wären große Blöcke im Flysch.

Um 1890 kam **SCHARDT** auf die Vorstellungen von **BERTRAND**, als er sich mit der Voralpenzone zwischen Genfer und Thuner See beschäftigte (Préalpes romandes). Er konnte feststellen, daß die Klippen der Schweiz die Fortsetzung der Stockhorn-Chablaiszone sind und daß diese Zone so wie die Klippen auf Flysch schwimmt, der das Hangende der helvetischen Kalkalpen ist. **SCHARDT** (12) hat das erste Profil gezeichnet, in dem eine große Gebirgsmasse als wurzellos schwimmend dargestellt ist. Er erbrachte den Nachweis, daß in den romanischen Voralpen zwei Schubmassen übereinander liegen, daß die helvetischen Kalkalpen unter die Chablais-Stockhornzone untertauchen, was in der Form von liegenden Falten geschieht.

Im Jahre 1897 erkannte **STEINMANN** (13), daß das ostalpine Gebirge vom Rhätikon (dessen Schwimmen auf Flysch bereits **RICHTHOFEN** dargestellt hatte) bis in den Engadin über Flysch und Bündnerschiefer geschoben sei. Diese Feststellung **STEINMANNS** ist so wesentlich, daß sie genauer angeführt werden muß: Die Churfirstenkette taucht gegen Osten unter und das Gebiet der Glarner Doppelfalte — also das helvetische Gebirge südlich des Walensees — sinkt unter die Masse des Prättigauflysches. Diese Flyschregion ist von Osten, Norden und Süden her durch das Bündner Kalkgebirge und den Rhätikon (die jetzige ostalpine Decke) überschoben, wobei der Überschiebungsrand klippenartig ausgesägt ist. **STEINMANN** denkt allerdings nicht an einen einheitlichen Überschiebungsmechanismus, sondern meint, daß die Schubmassen von verschiedenen Richtungen herkamen. Die Arbeiten der Schule **STEINMANNS** (**HOECK**, **SCHILLER** usw.) ergaben auch nicht den großen einheitlichen Zug der Tektonik am Westrande der Ostalpen, wohl aber den Nachweis des Überschiebungsbaues und einer weitgehenden Gleitbretterstruktur. Den Namen ostalpine Decke führte **STEINMANN** (14) im Jahre 1905 in die geologische Literatur ein, er wurde von **E. SUESS** (15) und **UHLIG** (16) übernommen.

SCHARDTs Erkenntnis wird von **LUGEON** (17) ausgebaut. In seiner berühmten Abhandlung zeigt er, daß die Überfaltungsdecken nicht nur die Schweizer Kalkalpen, sondern auch die kristalline Zone beherrschen und auch jenseits der Rheinlinie in die Ostalpen fortsetzen.

Bald auch überträgt **LUGEON** seine Anschauungen über den Bau aus Überfaltungsdecken — nappes de recouvrement — auf die Tatra (18).

Die großen tektonischen Erfolge, die ganz auf der Erkenntnis SCHARDTS basieren, beziehen sich in erster Linie auf die Schweizer helvetische Zone und die Zone der romanischen Voralpen. Es war nun die Frage, ob auch in der kristallinen Zone der Schweiz ein ähnlicher Bau vorhanden ist. Schon 1869 hat GERLACH im Simplongebiete eine gegen N überliegende große Gneisfalte entdeckt. 1901 hat LUGEON das Simplonprofil durch übereinanderliegende, übereinander gestapelte Gneisfalten erklärt und 1903 hat SCHARDT ein ähnliches Simplonprofil gezeichnet. Damit war die Ära der Erforschung der „Dommasive“ (19) eröffnet. Das Walliser Gebiet wurde von ARGAND, Graubünden von R. STAUB erforscht.

Die Ergebnisse aller dieser vielen Arbeiten sind in ALBERT HEIMS Geologie der Schweiz niedergelegt; das ist ein Werk, das für längere Zeit richtunggebend sein wird und auch für die ostalpinen Geologen, die sich damit in erster Linie

kritisch auseinander zu setzen haben, ein Eckpfeiler geologischer Arbeit bleiben wird.

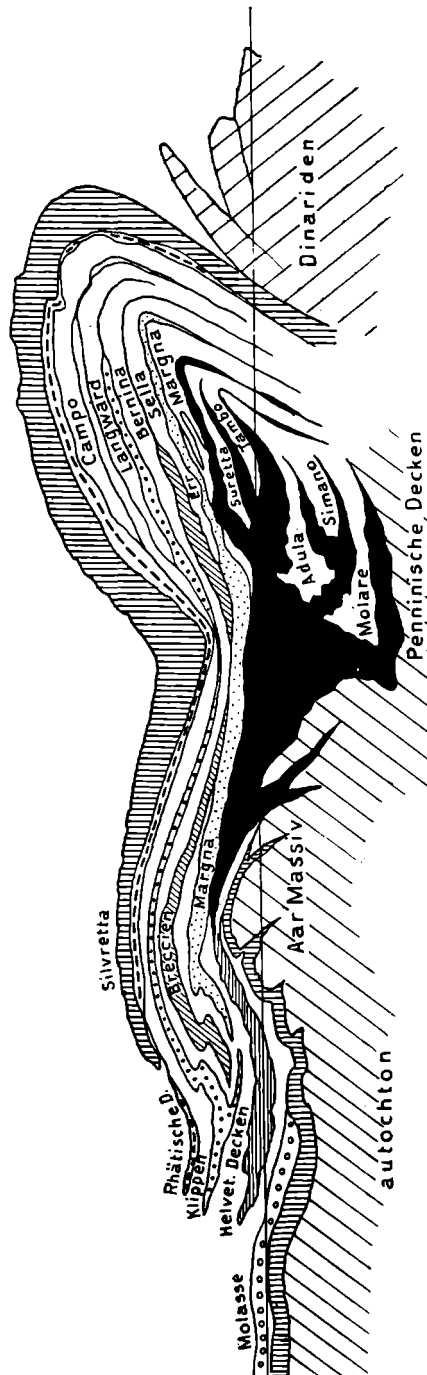


Fig. 1. Schema des Deckenbaues der Westalpen, nach R. STAUB (aus KOBER, Bau und Entstehung der Alpen).

In der Schweiz wurde der Gedankengang der Deckentheorie gewonnen. Aber bereits 1902 hat BLAAS erwogen, ob nicht die Bündnerschiefer des Unterengadins unter die alten kristallinen Gesteine von Silvretta und Ötztal gehen. Mit großer Kühnheit hat TERMIER 1903 die Schubdeckentheorie auf die Ostalpen übertragen — mit welchen Wirkungen, wird die spätere Erörterung zeigen. Daß die Tauern und das Unterengadin Fenster seien, war das hervorragendste Merkmal der neuen Auffassung. Hier sei gleich angeführt, daß die Deckentheorie — wenn ich damit jene an die Schweizer Auffassung angegliche Lehrmeinung bezeichne — in den Ostalpen bis zu dem später noch oft zu nennenden Werk von STAUB nicht über TERMIER hinausgekommen ist. Hier sei auch noch angeführt, daß HEIM die Bezeichnung Deckentheorie als veraltet und unrichtig ablehnt. „Die Deckentheorie fehlt uns zum größten Teile.“

Die Anhänger der Deckentheorie oder Überfaltungslehre haben einst versprochen die Einheitlichkeit des Entfaltungsmechanismus — das scheiterte an der Frage, wann die alpine Geosynklinale ausgepreßt wurde, Kreide oder Tertiär — die Einheitlichkeit der Faltungsrichtung — das scheiterte an den O—W oder SO—NW-Bewegungen — die Einheit der Faltungszeit — dagegen steht die vorgosauische Gebirgsbildung (20).

III. Der Gedankengang der Deckentheorie

Der Grundgedanke der neuen tektonischen Auffassung der Alpen sind die großen, im wesentlichen horizontal erfolgten Verfrachtungen von mehr oder minder mächtigen Gesteinsmassen in der Richtung von innen nach dem Außenrand der Alpen. Die Glarner Doppelfalte fehlt mit ihren zwei gegeneinander schauenden Stirnübergängen (die gegen S schauende ist nie mit Sicherheit nachgewiesen worden), sie wird durch eine von S aufsteigende gewaltige Schubmasse erklärt. Und dieses einst als eine ungewöhnliche Ausnahme angesehene tektonische Phänomen ist heute seiner großartigen Stellung entkleidet, denn die Glarner Decke ist eine von den kleinen Schubmassen der Alpen geworden. Man hat viele ungleich größere Schubmassen in den Alpen gefunden — die größte, allerdings außeralpine, dürfte wohl jene sein, die KOSSMAT (21) in der böhmischen Masse und Sachsen erkannt hat.

Heute weiß man, daß das Grundprinzip des alpinen Baues die großen horizontalen Verfrachtungen von gewaltigen Gesteinsmassen sind, wenn auch über zahlreiche Einzelheiten noch sehr verschiedene Meinungen bestehen.

Jeder alpine Geologe — auch der nicht auf dem unbedingten Standpunkte der Deckentheorie stehende — muß es dieser großzügigen und mit einem wahrhaft künstlerischen Schwung ausgestatteten Hypothese als ein großes Verdienst anrechnen, daß sie auf die alpine Geologie so überaus befruchtend eingewirkt hat; denn zahllose Arbeiten in West- und Ostalpen sind durch die Deckentheorie angeregt worden.

Im folgenden wird der Versuch gemacht, den Gedankengang der Deckentheorie darzustellen. Es ist eigentlich nur notwendig, die allgemeinen Ausführungen in HEIMs Geologie der Schweiz mit einigen Bemerkungen zu versehen.

Nach ALBERT HEIM hat eine Decke folgende Entstehung: 1. Eine Falte entsteht; 2. sie beginnt in der Längsrichtung zu wachsen; 3. sie legt sich nach N um; 4. der verkehrte Mittelschenkel wird in der nun liegenden Falte mehr und mehr reduziert;

5. es können bei der Bewegung sogar die ältesten Schichten der normalen Schichtreihe abgestreift werden; 6. die liegende Falte ist zur Überfalte und zur Überfaltungsdecke geworden; 7. der Horizontalschub dauert fort, die Reibung an der Unterseite wird immer größer und die weiterschiebende Bewegung verlangsamt sich;

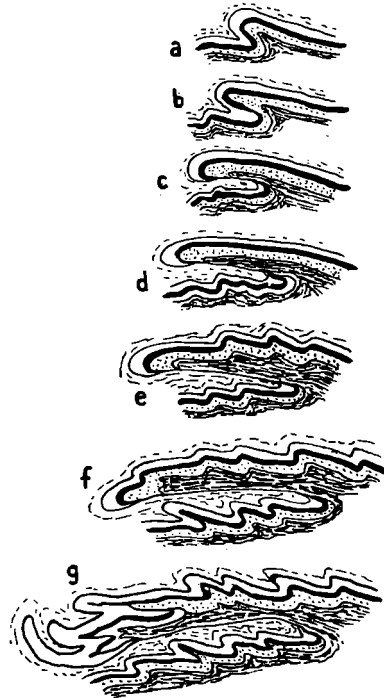


Fig. 2. Entwicklung einer liegenden Falte (nach HEIM, Geologie der Schweiz).

a = Schiefe Falte, Mittelschenkel noch nicht reduziert; b = Überliegende Falte, Mittelschenkel reduziert; c = Überliegende Falte, Mittelschenkel stark reduziert; d = Überliegende Falte, Mittelschenkel zerrissen; e = Überliegende Falte, Mittelschenkel stark zerrissen; Faltungsbeginn im Hangendschenkel; f = Überschiebungsfalte (Decke); g = Tauchdecke mit Stirndigitation.

8. es entsteht an der Stelle des geringsten Widerstandes, d. i. im Rücken der Überfaltungsdecke, eine neue Falte und diese wird in derselben Weise zu einer neuen höheren Decke ausgestaltet. In dieser Art legt sich nach der Vorstellung der Deckentheorie Decke auf Decke (Fig. 2). Es ergibt sich aus diesem Schema, daß jede höhere Decke die jüngere sein muß und daß jede aus einer liegenden Falte entstanden ist.

Zwei oder mehrere Decken können selbständig wandern, d. h. aktiv durch die gebirgsbildende Kraft weiter getrieben werden. Ein aktives Wandern findet statt, solange das Vordringen der Decke durch den Schub von der eigenen Wurzel her erzeugt wird. Es kann aber auch eine Decke, nachdem ihre aktive Wanderung abgeschlossen ist, auf dem Rücken einer anderen Decke passiv

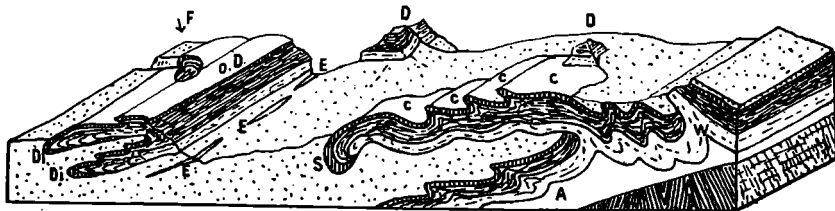


Fig. 3. LUGEONS Diagramm. O. D. = obere Decke; D = Deckscholle; c = Rückenschild der unteren Decke; F = Fenster; Di = Digitation; S = Stirnfalte; W = Wurzel; E = Schubfalten; A = Autochthon. (Ans Bull. Lab. Geol. Geogr. Phys. Univ. Lausanne.)

weitergeschleppt werden, wenn sie von anderen, noch in Bewegung begriffenen tektonischen Gliedern ergriffen wird.

In Fig. 3 ist die Zeichnung LUGEONS dargestellt, die einen Überblick über die beim Deckenbau möglichen Verhältnisse gibt.

Es sind synonym: Überfaltungsdecke, Decke, Deckfalte, Überschiebungsdecke, Schubdecke, nappe, nappe de recouvrement.

Deckscholle, lambeau de recouvrement, Klippe. Überschiebungsklippe.

Aus der Figur LUGEONS ergeben sich die Ausdrücke Stirnfalte, Wurzel, Fenster, Deckenrücken oder carapace, Deckenscheitel.

Aus dem gesamten Gedankengang und unter Zugrundelegung des S—N-Schubes ergibt sich, daß die Wurzel jeder höheren Decke weiter südlich liegen muß als jene der tieferen Decke.

Wenn Wurzeln einer Decke oder Deckengruppe durch andere Decken abgeschert, also eingedeckt, später aber durch die abtragenden Kräfte wieder bloßgelegt werden, so nennt HEIM das

eine Narbe. Doch ist dieser Ausdruck in der geologischen Literatur in recht verschiedenem Sinne gebraucht worden.

Wenn eine mächtige Decke über eine liegende Decke darübergeht, so kann die letztere ausgedünnt, laminiert werden. Es spielt dann die höhere Decke der liegenden gegenüber die Rolle eines *traineau écraseur*, einer Druckwalzendecke.

Gewöhnliche Faltung, bei der also keine wesentliche horizontale Verschiebung stattfindet, wo also die Falten an Ort und Stelle zusammengestaut werden, heißt man *autochthone Faltung* und man spricht auch von *autochthonem Land*, wenn ein Gebiet keine wesentliche horizontale Bewegung mitgemacht hat. *Parautochthon* nennen die Schweizer Geologen jene deckenförmigen Falten und Schuppen, die nach Fazies und Tektonik unmittelbar mit dem *Autochthon* verknüpft sind, aber von dort durch das *Darüberfahren* von höheren Decken abgerissen und passiv verschleppt worden sind. Im Gegensatz dazu steht das aus Decken aufgebaute Gebirge, für das weite *Verfrachtungen* bezeichnend sind.

Die Stirnregion einer Schubdecke kann zur Tiefe tauchen oder emporbranden; das hängt nach *HEIM* davon ab, ob ihr eine präexistierende Lücke oder Schwelle vorliegt. Es kann der Stirnteil derart gestaucht werden, daß er vor dem Hindernis zerreißt oder sich fächerförmig mit Rückwärtsbewegung nach oben verfälteln oder verschuppen muß.

AMPFERER (22) hat die Form der Spring- und Tauchdecken unterschieden (Fig. 4). Das Wachstum der Falten geht bei der Tauchdecke von innen nach außen; bei der Springdecke ist es umgekehrt, denn man hat da zuerst die Ausbildung einer außerordentlich großen Grundfalte, deren Entstehung unwahrscheinlich ist, der Hangendflügel dieser riesigen liegenden Falte müßte dann von außen nach innen, also gegen die Schubrichtung fortschreitend, Zweigsättel aufwerfen, was noch unwahrscheinlicher ist.

Kommt es zu einer tektonischen Teilung einer großen Decke, so spricht man von *Stammdecke* und den zugehörigen *Zweig- oder Teildecken*.

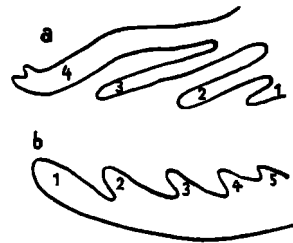


Fig. 4. Tauchdecke (a) und Springdecke (b); die Ziffern bedeuten die Reihenfolge der Bildung der Falten.

Die Schweizer Geologen haben in der helvetischen Zone den Beweis für das Bestehen von Einwicklungen erbracht. HEIM schildert die Entstehung einer Einwicklung in folgender Weise: Rückt eine tiefere Decke rascher vor als die hangende, so wird die letztere um die Stirn der ersteren eingewickelt und es entsteht eine inverse Reihenfolge der Deckenübereinanderlagerung; oder es werden die Decken mehrmals gefaltet und dadurch eingewickelt (Beispiel das Profil an der Axenstraße). — Die Übertragung des Begriffes Einwicklung hat Unheil gestiftet, denn die Annahme der großen Einwicklungen in den Radstädter Tauern, am Brenner, am Wechsel haben sich nicht als haltbar erwiesen.

Die Schweizer Geologen sind der Ansicht, daß die Decken aus liegenden Falten hervorgegangen sind. Bei tektonischen Elementen von geringer Schubweite ist die Form der liegenden Falte oft noch gut zu sehen, z. B. Profile von Dent du Midi und Dent de Morcles (5). Aber die großen tektonischen Elemente der helvetischen Zone zeigen, wie HEIMs große Profile darstellen, nicht mehr den Typus der liegenden Falten, sondern sind viel komplizierter. Man könnte sie als gefaltete und durch zahlreiche Schubflächen umgestaltete Schubmassen bezeichnen. Es zeigen diese Profile in wunderbarer Weise eine Art von Fließformung und die große Bedeutung der gleitenden Vorgänge in den s-Flächen der Sedimente (23). In erster Linie zeigt sich das in dem Abgleiten der höheren Schichtgruppen. HEIM sagt in seiner Geologie der Schweiz: „Im südlichsten Teil der Decken finden wir ihre tiefsten, ältesten Glieder, während die obersten, höheren dort fehlen. Je weiter wir innerhalb einer Decke gegen Norden gehen, um so mehr bleiben die stratigraphisch tieferen Glieder derselben, oft mit schönen, nördlich gewendeten Umbiegungsknien endigend, zurück. Die jüngeren, oberen Glieder setzen sich fort oder stellen sich erst ein. Die jüngsten Schichten des Deckengebietes umfalten die nördlichste Stirn einer Decke“ (Fig. 5). Das ist Bewegung auf Grundlage der s-Flächen (23).

Eine solche Tektonik ist natürlich nur möglich, wenn die wandernden tektonischen Elemente in einer hohen Lage im Bauplan, ohne Belastung durch größere Gesteinsmassen sich befinden, also bei Decken mit freier Beweglichkeit. Für eine solche sprechen in der helvetischen Zone der Schweiz auch die schwarmweise in den höheren Decken aufsitzenden steilen Brüche, die schief oder quer auf die Falten gehen; die fast immer horizontal verlaufenden

Rutschstreifen zeigen, daß horizontale Verschiebungen stattgefunden haben (Transversalbrüche HEIMS, Blätter von E. SUESS; die schichtenparallele Querverschiebung WÄHNERS ist etwas anderes, aber doch im Wesen dasselbe).

In der ganzen tektonischen Auffassung herrscht — oder herrschte, wenn ich R. STAUB richtig auslege — Einheit, daß auch die ganz großen Schubdecken in ihrer ursprünglichen Anlage aus liegenden Falten hervorgegangen seien, daß also auch die Überfaltungsdecken größten Ausmaßes übertriebene Falten und keine reinen Überschiebungen seien. Von den letzteren trennt sie nach der Annahme der Deckentheorie das Vorhandensein eines liegenden Mittelschenkels. Reine Überschiebungen gehen aus scherenden Zerreißen hervor, wie das z. B. bei den listrischen Flächen von E. SUESS der Fall ist.



Fig. 5. Schema einer Deckfalte unter Zurückbleiben der Kerne
(nach HEIM, Geologie der Schweiz).

Von seiten der ostalpinen Geologen ist gegen die Faltennatur der Schubdecken mancherlei eingewendet worden. Den Profilen, die AMPFERER aus den Nordtiroler Kalkalpen bekannt gemacht hat, fehlt jede Andeutung, daß die Schubmassen aus liegenden Falten bestehen. Hinsichtlich der Allgäuer und Lechtaler Kalkalpen hebt dieser ausgezeichnete Forscher hervor (22), daß kein Anhaltspunkt für die Entstehung der Schubmassen aus liegenden Falten vorhanden sei, was natürlich nicht ausschließt, daß sie doch aus anfänglich als Falten angelegten Dislokationen entstanden seien. Es liegt da eine Reihe von Schubschollen vor, deren Enden faltenartig eingerollt sind. Die Voraussetzung für einen derartigen Deformationstypus ist eine einheitliche Platte, die wie ein Stoß von Brettern übereinander geschichtet wurde. Man kann sich schwer vorstellen, daß eine solche dünne Schichtplatte transportfähig sei, sie muß zerbrechen und die Stücke schieben sich übereinander; dadurch tritt eine Versteifung des gesamten Schubkörpers ein. Die einzelnen Schubschollen greifen nach Art der Dachziegel übereinander. Tatsächlich sehen wir einen derartigen

dachziegelartigen Bau in den nördlichen Kalkalpen der Ostalpen sehr häufig.

Die Profile, die SPENGLER aus dem Salzkammergut und der Hochschwabgruppe veröffentlicht hat, zeigen auch keine Andeutung einer faltenartigen Anlage der Überschiebungen. Natürlich gibt es auch in den Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen eine Anzahl von Profilen, in denen liegende Falten sehr wohl zu sehen sind (z. B. Höllengebirge). Aber liegende Riesenfalten sind nirgends zu beobachten; denn im Gegensatz zu dem Riesenfaltenstiel der penninischen Profile der Schweizer hat SANDER die Tektonik auf kleine, aber immer neu aufspringende Falten zurückgeführt. Es kann daher die Frage der liegenden Riesendeckfalten als noch nicht geklärt angesehen werden.

Aus der später zu erörternden Vorstellung der Schweizer über die penninische Tektonik geht hervor, daß ein ganz eigenartiger Kleindecken- und Schubmassenbau — etwa die Schiebungstektonik der kristallinen Schiefer in großen Maßstab übertragen — vorhanden ist, so wie das SANDER für das Tauernwestende auseinandergesetzt hat. Es ist auch ein von den Schweizer Geologen begangener Weg, an die Stelle der großen Decken immer mehr Teildecken zu setzen. Doch werden in der Schweiz diese kleinen Decken noch auf eigene Wurzeln bezogen, während SANDER an gemischte Areale denkt.

Die Annahme, daß die Decken aus liegenden Falten hervorgegangen seien oder noch liegende Falten seien, beruht in jenen Fällen, in denen man die liegende Falte nicht direkt sehen kann, auf der Vorstellung, daß die unter der Decke liegenden Schubketten usw. die Reste eines verquetschten Mittelschenkels einer liegenden Falte seien. Wir betrachten mit HEIM an dem Beispiel der gefalteten Säntisdecke den Mechanismus der Deckenbildung. Die Säntisdecke war ursprünglich eine einfache, gegen die Molasse brandende Schubdecke, die eben durch diese Brandung den kühn geschwungenen Faltenwurf bekam; es mußte zuerst die nördlichste Falte entstehen und es reihte sich bei der weiteren Dauer des Schubes Falte an Falte. — Das Resultat war die gefaltete Überfaltungsschubdecke. HEIM betont, daß die einzelnen Falten an Ort und Stelle entstanden sind, daß aber das Material aus größerer Ferne herbeitransportiert wurde.

Ganz anders ist das Bild, wenn sich eine Decke nicht so frei entwickeln konnte wie die Säntisdecke, über der keine höhere

Schubmasse lag. Wenn mehrere Decken übereinander liegen, wird der Bestand der unteren Decken in der verschiedensten Art reduziert, ja sie können sogar vollständig beseitigt werden. Die tieferen Decken können durch den *traineau écraseur* der oberen in ein Haufwerk von Schubfetzen umgestaltet werden. AMPPERER (22) hat das einen Reibungsteppich genannt und den Nachweis erbracht, daß es eine tektonische Abtragung und Ablagerung gibt — tektonischen Abtransport von großen Gesteinsmassen an der einen Stelle und deren Ablagerung vor der Stirn einer mächtigen Decke, die also gleichsam einer tieferen tektonischen Einheit die Haut über den Kopf herabzieht und die zerrissenen Schichtfetzen in der Form eines ungeordneten Haufwerkes von Schubspänen vor der Stirn zusammenkehrt. Diesen gewaltigen Schiebungsvorgängen entspricht auch die Tatsache, daß die Unterlage der Decken als große Bewegungsbahnen glatt geschliffen und gestriemt und mit Reibungsprodukten erfüllt ist. Solche Schubfetzen, die unter großen Decken liegen, hat man als Reste von Mittelschenkeln von liegenden Falten gedeutet. Vielleicht ist diese Deutung in manchen Fällen zu berichtigen, denn es ist gar wohl denkbar, daß solche Fetzen auch von tieferen Decken oder von tieferen Teilelementen der großen Decke selbst stammen können, und schließlich können solche Fetzen auch Teile der Stirn sein, die durch eine rollende Vorwärtsbewegung unter die Schubmasse gerieten.

Auch eine Stirnfalte ist nicht unbedingt beweisend für die Faltennatur einer Schubmasse, weil eine Stirnfalte auch durch Einrollung am Vorderende einer Decke entstanden sein kann.

Es ist sehr bezeichnend, daß als Schmiermittel bei der Deckenbewegung die weichen Flyschschiefer oder die Bündnerschiefer oder das Haselgebirge funktionieren.

Wenn man heute — nach mehr als 20 Jahren Deckentheorie — auf die Änderungen in der Auffassung des alpinen Baues zurückblickt, so sieht man die Richtigkeit der geradezu prophetischen Worte von E. SUESS (2), daß man bei immer weiterem Eindringen in den alpinen Gebirgsbau gelernt hat, Dislokationen von immer größerem Maße anzunehmen. Die Zeiten, da die Glarner Doppelfalte mit ihren 15 km Schubweite ein Ausnahmefall zu sein schien, sind längst überwunden. Die Decken haben ein geradezu gigantisches Maß. Die Decken der helvetischen Zone der Schweiz sind relativ klein gegen die gewaltigen Massen, die in der penninischen Zone südlich der Rhone-Rheinfurche bewegt

worden sind. Und diese haben eine fast bescheidene Größe gegenüber den Massen, die nach der Deckentheorie in den Ostalpen in Bewegung gesetzt worden sind. Aber auch die größte Decke der Alpen, die oberostalpine Decke im Sinne von R. STAUB, ist noch klein gegenüber jener gewaltigen Überschiebungsmasse, durch deren Annahme KOSSMAT (21) das tektonische Problem der böhmischen Masse und von Sachsen löst. Nach der Deckentheorie geht das Ausmaß der Bewegungen in den Alpen bis zu 100 km Schubweite.

Eine große und umstrittene Frage ist es, ob alle Decken auf große Strecken durchzuverfolgen sind (dazu 23). HEIM (5) hat z. B. auseinandergesetzt, daß die Monte Rosadecke auf 335 km im Streichen zu verfolgen ist. Bei vielen Decken erfolgen im Streichen Veränderungen, denn es entwickelt sich z. B. eine Falte zu einer Decke. Das ist der Fall im Verhältnis der Säntisdecke zur Hochkastendecke (24). Ferner können Teildecken auf den Hauptdecken Faltenbögen bilden, die beginnen, ausladen, überdecken und sich wieder zurückziehen. Das ist der Fall in der oberen helvetischen Decke nördlich des Klöntales, wo die Wiggis-, Räderten- und Drusbergdecke sich ablösen. HEIM (5) hat gezeigt, daß helvetische Decken in parautochthone Decken und in autochthone Falten übergehen. Auch findet im Streichen Aufhören von Decken und Neuaufsetzen von solchen statt: die unteren helvetischen Decken westlich von der Linth keilen gegen den Rhein aus. So wie bei den Faltenbündeln kann man auch bei den Decken von Stellvertretern und Ablösen sprechen.

Durch längere Zeit war der Gedanke herrschend, daß man eine Decke mit den gleichen Faziesmerkmalen auf sehr große Strecken — z. B. aus den Ostalpen bis in die Karpathen — verfolgen kann. HEIM selbst (5) hat dagegen seine warnende Stimme erhoben: „Nach meiner Meinung ist es unrichtig, überall auf große Distanzen die tektonisch gleichen Einheiten wieder finden zu wollen, gibt es doch Fälle von ursprünglich streichenden Ausgehen einer Deckefalte, von Wechsel und Ersatz durch eine andere, von Lamination bis zum Verschwinden auch in streichender Richtung. Die Parallelisierung ist andererseits erschwert durch ausnahmsweise Gleichartigkeit gewisser Sedimente quer durch mehrere Decken hindurch oder auch durch Fazieswechsel einer Schichtgruppe innerhalb der gleichen tektonischen Einheit.“

Durch die Vorstellung, daß die Decken sich restlos durchverfolgen lassen, kommt man zu merkwürdigen Folgerungen. So

hat STAUB aus seiner Alpensynthese geschlossen, daß die Ebenen Ungarns ebensowenig autochthon seien wie die Silvrettadecke, daß also unter Ungarn auch ein Deckengebirge liege; man muß sogar, wenn man sich auf den Standpunkt STAUBS stellt, schließen, daß der größte Deckenhaufen unter den Ebenen Ungarns liege. — Dagegen steht die Auffassung KOBERS, daß das pannonische Massiv, welches man bisher immer unter die Ebene Ungarns verlegte, ein Zwischengebirge in einem Orogen sei.

Bei Falten und Faltenbündeln ist das Auf- und Absteigen der Achsen eine schon lange bekannte Tatsache. Die gleiche Erscheinung — Deckenkulminationen und Decken-depressionen — ist auch im Deckenland zu erkennen. Die ungleichen Höhen der Decken gehen auf diese Erscheinung zurück. Nach HEIM sind die Deckenkulminationen Stellen besonders ge-

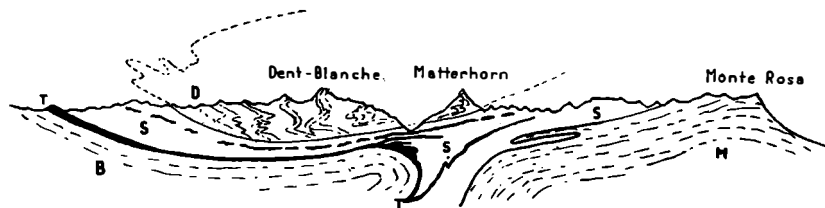


Fig. 6. Aus HEIMS Geologie der Schweiz. B = Bernhard-Decke (Kristallin); M = Monterosa-Decke (Kristallin); D = Dent-blanche-Decke; T = Trias; S = Bündnerschiefer und Ophiolithe.

drängter Faltung oder die Abbildung der vorliegenden Massive und Massivschwelen im Deckenland oder es sind Aufpressungen im inneren Winkel einer Schar von eng gekrümmten Faltenbögen. HEIM (5) sagt: „Ganze Deckenparkette schwanken in ihrer Höhe; sie sinken oder steigen in der Längsrichtung der Alpen. Dank diesem Axialgefälle treten sie in der jetzigen Gebirgsoberfläche in Erscheinung. Wo das ganze System hoch steht, wie in den mittleren Schweizer Alpen, sind die oberen Decken abgewittert, die unteren entblößt. Wo die Decken axial tief liegen, wie in den NO- und NW-Enden der Zentralmassive und zwischen ihnen, ferner westlich des Thunersees oder gar östlich der Rheinlinie Chur—Bodensee, setzen die höheren Decken im Gebirgskörper in der Richtung des Einsinkens sukzessive ein und sind dann in den axialen Senken erhalten, die tieferen dagegen verdeckt.“

Als Musterbeispiel einer großen kristallinen Schubmasse sei die Dent blanche-Decke in den Walliser Alpen angeführt.

Sie hat einen elliptischen Grundriß mit 52 und 18 km Achsenlänge. Die Stirnabiegung ist vielfach zu sehen. Dem Gesteinsaufbau nach besteht sie aus zwei Serien (Arolla- und Valpellinserie). Das Ganze ist trotz der bedeutenden Größe eine liegende Falte, denn es ist ein verkehrter, gestreckter, aber nicht zerrissener Mittelschenkel vorhanden. Die Dent blanche-Decke ist von ihrer Wurzel, der Sesiazone, ganz getrennt, was auf Konto der abtragenden Kräfte zu setzen ist. Im übrigen wiederholt die Dent blanche-Decke nur den tektonischen Stil des Simplonprofiles, allerdings in gewaltig vergrößertem Maßstabe.

Als Beispiel für ein Fenster sei das Unterengadin gewählt. Dort bilden die Bündnerschiefer eine gewiß komplex zusammengesetzte Antiklinale mit NO-Streichen. Sie sind gewiß eine Fortsetzung der Bündnerschiefer, die im Oberengadin unter die gewaltige Masse der ostalpinen Decke untertauchen — daß die Bündnerschiefer der penninischen Decken unter den ostalpinen Decken von Graubünden bis in das Unterengadin durchziehen, kann wohl als sichergestellt angesehen werden. Über den Bündnerschiefern des Unterengadin liegt eine tektonisch ungemein komplizierte Reihe von Schuppen und Schubsplittern, die von HAMMER (25) als Schuppenserien, von STAUB und CADISCH (26, 27) als laminierte Reste von grisoniden Decken angesehen werden. Es erscheinen über den Bündnerschiefern die unterostalpinen Decken: 1. Falknisdecke (Tasnagranit, Verrukano, Triasdolomit, Liaskalk), 2. Sulzfluhdecke (Kristallin, Serpentin, Mesozoikum mit tithonischem Sulzfluhkalk), 3. Aroser Schuppenzone (Ophiolithe, Radiolarit, etwas Lias). Diese Systeme gehen unter das Kristallin der Silvretta und erscheinen wieder am Rande des Rhätikons als Aufbruchszone.

Der Gegensatz in der Auffassung von HAMMER, STAUB und CADISCH ist nur ein scheinbarer, da er lediglich in der theoretischen Auffassung der Tektonik liegt. Als gewaltiger traineau écraseur ist die Silvretta-Ötztalermasse über diese Serien gegangen. Die Ötzmasse ist randlich auf die Serien des Fensters aufgeschoben, die Silvretta ist sicher eine wurzellose Schubmasse, denn sie ist im N die Basis der gewiß nicht in der Tiefe an Ort und Stelle wurzelnden Nördlichen Kalkalpen und liegt im W auf dem Flysch des Prättigaus und der diesem aufgelagerten Quetschzone der ehemals als leontinisch bezeichneten Decken. Das Unterengadiner Fenster ist eine von der oberostalpinen Decke umschlossene und überschobene Ellipse, im Ausmaße von 70 zu 20 km. Die kürzeste

Entfernung zum geschlossenen Bündnerschiefergebiet von Graubünden beträgt 35 km.

Daß das Unterengadin ein Fenster ist, wurde zuerst von **TERMIER** (28) behauptet, nachdem es schon 1902 von **BLAAS** geahnt worden ist. **E. SUESS** (29) hat sich 1905 der Fenstertheorie angeschlossen. An dem Bestande eines Fensters ändert es nichts, daß der Rahmen aus zwei Schubmassen (Öztaler und Silvretta) besteht.

Nun ist noch die heikle und schwierige Frage der Schubrichtungen zu erörtern — im übrigen wird auch in den späteren Ausführungen darauf noch einzugehen sein. Die Deckentheorie nimmt in den eigentlichen Alpen eine Schubrichtung in S—N an. Welche Mittel sind nun vorhanden, um aus den beobachtbaren Verhältnissen auf die Schubrichtung zu schließen?

Nach **HEIM** (5) sind Faltung und Schubrichtung nur im Mittel senkrecht auf die Bewegungsrichtung, besonders wenn es sich um höhere Decken handelt; dagegen ist in den tieferen Decken die Bewegungsrichtung senkrecht auf das Streichen, denn diese Decken sind nicht so vielen Unregelmäßigkeiten ausgesetzt als die höheren, frei beweglichen Schubmassen. Im allgemeinen ist das Streichen der Gewölbe- und Muldenumbiegungen im mittleren Teile liegender Falten senkrecht auf die Schubrichtung. Die Richtungen regelmäßiger Querklüfte in homogenen Gestein und der Linearstreckung und die Rutschstreifen auf schwebenden Schubflächen liegen in der Schubrichtung. Der Sinn der Bewegung ist aus der vorherrschenden Richtung, in der liegende Falten überliegen, aus der Herkunft der tektonischen Schüblinge und aus der Pfeilrichtung der Faltenbögen zu erkennen.

Auf die Beobachtungen und die obigen Überlegungen gestützt kommen die Schweizer Geologen dazu, die Bewegungsrichtung von S nach N für den gesamten Alpenbau anzunehmen und alles, was damit nicht übereinstimmt, als Rückfaltung in der S—N-Harmonie aufzufassen, auch wenn die Schubrichtung in einem geschlossenen Gesteinszug sich ändert (23). Diese Auffassung, die in erster Linie auf die helvetische und penninische Zone der Schweiz gestützt ist, wurde auch auf die Ostalpen übertragen. Die Stimmen von Geologen, die in erster Linie in den Ostalpen gearbeitet hatten, und durch die da oft zu beobachtenden Verhältnisse auf die O—W-Bewegung gebracht wurden, fanden lange Zeit kein Gehör bei den auf die Einheit der Richtung eingestellten west-

alpinen Geologen. Erst in neuester Zeit macht sich eine leichte Anpassung an die von den ostalpinen Geologen immer geforderten Querbewegungen geltend. HEIM (5) selbst schreibt: „Wir müssen anerkennen, daß eine exakte örtliche Konstanz in der Schubrichtung von vornherein eine falsche Erwartung ist. Sie ist unmöglich schon deswegen, weil die verschiedenen Auslösungsphasen zeitlich verändernd auf die Bewegungsrichtung, die strichweise und lokal stets durch den geringsten Widerstand gelenkt wird, einwirken muß, selbst wenn der tangentielle Rindendruck konstante Richtung gehabt hätte.“ Das sagt HEIM bei Gelegenheit der Erörterung des O—W-Schubes in Graubünden. In den folgenden Abschnitten wird die Frage der Schubrichtungen noch erwähnt werden.

Durch die Annahme des allein herrschenden S—N-Schubes ist die Deckentheorie eine großartige Ausgestaltung der Ideen von E. SUESS über den einseitigen Bau der Gebirge geworden. Als Stütze für den einseitigen Schub gelten die gegen N konvexen Bogen der Alpen und Karpathen, die Einheitlichkeit des Außenrandes, der Kontrast des Außenrandes zur Mannigfaltigkeit des Vorlandes, die Unmöglichkeit, im Alpenvorlande die Ufer der alpin-karpathischen Meere zu finden, die allgemeine Überschiebung des Nordrandes der Alpen und Karpathen über das Vorland. —

Worin besteht der Unterschied der Anschauungen vor und nach dem Auftreten der Deckentheorie? Bis zum Aufkommen der Schubdeckenhypothese nahm man autochthone Faltenbildung an, mit geringer Verlagerung im horizontalen Sinn. Man hat also den Horizontalschub unterschätzt.

Ein zweiter Unterschied tritt grell in den Profilen hervor. Nach der Deckentheorie streichen die Decken weiter und es werden daher die Profile bis in große Tiefen ergänzt — was in Parallelprofilen vorhanden ist und in einem bestimmten Profil in der Tiefe oder in der Luft liegt (nach der Vorstellung vom Durchstreichen der Decken), wird eingezeichnet. So entstehen Profile mit schön geschwungenen Linien bis in große Tiefen oder bis hoch in die Luft hinauf. Man betrachte z. B. das Profil STAUBS durch die Ostalpen in HEIMS Geologie der Schweiz. Dagegen sieht das auf derselben Linie gehende Profil AMPFERER-HAMMERS (22) poesielos und nüchtern aus. Das bedingt den auffallenden Unterschied in den Profilen der Schweizer und der meisten ostalpinen Geologen.

In der Schweiz ist die Deckentheorie entstanden und ausgebaut worden. In der Schweiz wurden die meisten Argumente für die Deckentheorie ausgedacht. Es ist nun notwendig, die Beweise für die Deckentheorie kennen zu lernen. HEIM hat sie des öfteren, zuletzt in seiner Geologie der Schweiz zusammengestellt.

Eine Gruppe von Beweisen geht aus der Beobachtung der Lagerungsverhältnisse hervor oder ist wenigstens zum größten Teile auf diese gestützt. In der Figur 7 ist die alte und

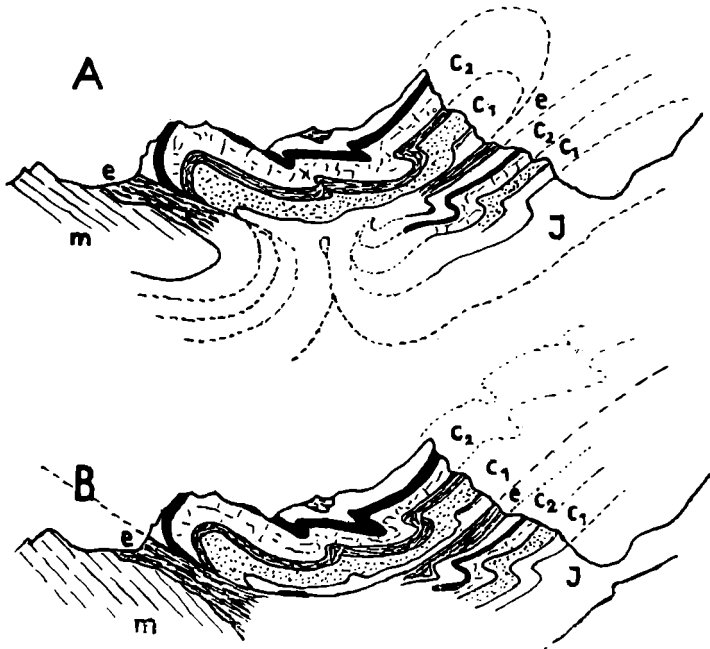


Fig. 7. A Theorie der Pilzfalte. B Deckentheorie.

J = Jura; c_1 = Valangien und Neokom; c_2 = Schratenkalk, Gault, Seewerkalk;
e = Flysch; m = Molasse.

die neue Auffassung für ein Profil aus der helvetischen Zone der NO-Schweiz dargestellt. Vor der Deckentheorie erklärte man die Lagerung durch die Annahme einer Pilzfalte, was folgende Schwierigkeiten hat: Von N nach S sticht das Eozän so tief hinein, daß der Stiel der Pilzfalte ganz unglaublich dünn sein, ja stellenweise sogar fehlen müßte; nie sind die gegen S gewendeten Gewölberkerne zu sehen, wohl aber die gegen N gerichteten; der Flysch unter der Überschiebung zeigt auch auf der Südseite Schlepplung in S—N und nicht in N—S; die beiden Schichtfolgen der Kreide

sind so verschieden, daß man bei der Annahme der Pilzfalte und nach Abrollung der Schichten die Gesteine so nahe nebeneinander hätte, wie sie im Meer nicht nebeneinander abgelagert sein konnten (das führt zu den Beweisen aus der Fazies über). Alle diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn man die obere Serie aus größerer Entfernung herleitet.

Der in der Figur 7 dargestellte Schnitt entspricht etwa dem Gebiet Speer—Mattstock—Churfürsten. HEIM sagt nun weiter, daß auch die untere Serie nicht basales Gebirge ist; denn sie liegt wieder auf Flysch und dieser ist das Hangende einer mesozoischen Serie, die über einem noch tieferen Flysch liegt. Und so geht das weiter! Es läßt sich die helvetische Zone in eine ganze Reihe von Decken auflösen, die auf einem Streifen helvetischen Mesozoikums liegen, der mit den Zentralmassiven primär verbunden ist und an der Deckenbewegung keinen Anteil genommen hat.

Ein weiterer Beweis für die Deckentheorie liegt in den schon früher erwähnten Klippen, die auf dem helvetischen Flysch als Schubmasse liegen. Und auch in der kristallinen Zone der Schweiz sind genug Beweise für die Ortsfremdheit oder Wurzellosigkeit der Schubmassen vorhanden.

Es ist also in erster Linie die Beobachtung im Felde, die die Beweise für die Deckentheorie erbracht hat.

In Gebieten mit einer sicheren Stratigraphie, wo also keine nur auf Deutungen aufgebaute Schichtgliederung vorhanden ist, kann man die jetzt übereinander liegenden tektonischen Elemente in ihre frühere Lage zurückversetzen. Man kann sich ein Profil auf seine frühere, vortektonische Lage abgewickelt denken. Das geht in der helvetischen Zone der Schweiz gut. So ergibt z. B. die Abwicklung für den Säntis (30) eine ursprüngliche Breite der jetzt zusammengefalteten Schichten von 18 km bei einer jetzigen durchschnittlichen Breite von 6 km. Für die gesamte helvetische Zone kommt HEIM zu dem Ergebnis: Zusammenschiebung von 180 km Breite auf 60 km. Für die penninische Zone ergibt sich eine Zusammenschiebung von 300 km auf 80 km. Für die Schubdecken des Salzkammergutes kommt SPENGLER (31) zum Ergebnis, daß ein Sedimentationsraum von 120 km Breite auf 34 km zusammengeschoben wurde.

Eine zweite Gruppe von Beweisen wird aus den Faziesverhältnissen abgeleitet. Im Meere kommt man aus den Gebieten der küstennahen Ablagerungen (Austernbänke usw.) mit

wachsender Entfernung vom Festland in die Zone der Seelilienwälder, der Foraminiferenkalke und schließlich in die versteinungsarmen Tone des tiefen Wassers. Mit wachsender Entfernung vom Festlande wird der Einfluß der kontinentalen Zerstörungsprodukte auf die Sedimentation immer geringer, wenn auch subaquatische Rutschungen einen gewissen Ausgleich durch den Abtransport von Material festländischer Herkunft in beträchtliche Entfernung von der Küste schaffen. Die genannten Ablagerungen, verschieden nach Art und Tiefenlage, sind Fazies.

Wenn wir, sagt HEIM, in der Längsrichtung der Alpenketten gehen, so finden wir in den Gesteinen einer Kette innerhalb einer Altersgruppe der Schichten auf sehr große Distanzen fast keinen oder nur ganz allmählich vermittelten Fazieswechsel. Geht man aber quer zu den Ketten, also von einer Schubdecke in die andere, so trifft man von einer Kette zur anderen oder sogar innerhalb der gleichen Kette in den gleichalten Schichten einen sehr starken und, wenn man von einer Decke in die andere kommt, einen sprungweisen Fazieswechsel. Auf so geringe Entfernungen, in der heute die in zwei Schubdecken getrennten, faziell sehr verschiedenen Gesteine liegen, kann sich der Fazieswechsel ursprünglich im Meere nicht vollzogen haben.

Besonders überraschend ist es, wenn die Fazies jetzt in einer Reihenfolge liegt, die vor der tektonischen Verstellung nicht möglich gewesen ist. Wenn wir die normal hintereinander liegenden Fazies im Ablagerungsgebiete mit 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 usw. bezeichnen, so zeigen die nach dem Deckenbau verstellten Fazies (z. B. in der Kreide der helvetischen Zone der Schweiz) die Anordnung 0, 2, 4, 3, 6, 1, 5, 7, 8. Dieses Chaos der Fazies löst sich, wenn man die Schubdecken ausglättet und auf ihre frühere Stellung im Sedimentationsraum sich zurückversetzt denkt. Es löst sich also diese Verwirrung durch die Annahme der Schubdecken.

Sehr wichtig sind die Feststellungen von ARNOLD HEIM in der helvetischen Zone. Er fand, „daß bei jeder bestimmten Schichtstufe die Fazies vom südlichen Ende einer Schubdecke an diejenige des nördlichen Stirnrandes der nächst höheren anschließt und innerhalb der einzelnen Decken von N nach S die allmähliche Veränderung der Fazies gleichsinnig gerichtet ist wie von den tieferen zu den höheren Decken“. Das ist in Fig. 8 dargestellt. Allerdings wurde das von HEIM gewählte Beispiel von DEECKE (32) angezweifelt, da das Urgon überhaupt sehr rasch in seiner Mächtigkeit wechselt.

Aber andere Schichten zeigen dasselbe, so daß es für die helvetische Zone sichergestellt gelten kann, daß man, um die ursprüngliche Folge wieder herzustellen, die jeweils höheren Decken an die tieferen im S ansetzen muß.

Für die helvetischen Decken sind die eben ausgeführten Feststellungen gewiß nicht zu bestreiten. Der Grundgedanke ist also, daß jede Decke durch ihre Fazies charakterisiert ist. In der weiteren Ausgestaltung dieses Gedankens führt das zur Vorstellung, daß das, was faziiell gleich ist, derselben Decke angehört. Das ist der Standpunkt, der hauptsächlich in den Ostalpen bekämpft worden ist.

Die Deckentheorie arbeitet also mit der Vorstellung von Reihentrögen als Sedimentationsräume.



Fig. 8.

Faziestektonisches Profilschema durch die östlichen Schweizer Alpen (nach ARN. HEIM). Schwarz = Kalk in Urgonfazies; punktiert = chemische Kalkabsätze; gestrichelt = Mergel.

WILCKENS (33) schreibt: „Fast scheint es, als ob die Faziesgrenzen den Dislokationen besonders bequeme Ansatzlinien böten. So ergibt sich aus der Ineinandertragung verschiedener Fazieszonen eine Verstellung der Fazies, die für den Deckenbau so bezeichnend ist, daß sie geradezu als eines seiner wichtigsten Erkennungsmittel dient“. Die Behauptung von den Faziesgrenzen als Angriffspunkte der Dislokationen ist schon deswegen unhaltbar, weil ja die Faziesgebiete ungleich größer sein müssen als die Übergangsgebiete. Eine besondere Bedeutung hat die Fazies für die Herkunft der Klippen, die nicht helvetisch, sondern ostalpin sind. Da die ostalpine Decke im Hangenden der helvetischen liegt, so muß auch die Wurzel der Klippen südlicher liegen als die helvetische Zone. Die Wurzeln der helvetischen Decken liegen in der Rhone-Rheinfurche und im Gotthardmassiv. Unmittelbar südlich davon, in der Zone des Rhonetales glaubte C. SCHMIDT (34) die Wurzel der Klippen gefunden zu haben. Die Annahme der Wurzelung der Klippen in dieser Zone oder in den penninischen (früher lepontinischen) Decken war vielfach herrschend (16), obwohl eine komplizierte neue Hypothese nötig ist, um die Verhältnisse zu erklären; denn die Sedimente

der Klippen zeigen die gewöhnliche Beschaffenheit und sind fossilreich, in der lepontinischen Region aber hat man hohe Metamorphose; das hat man dadurch zu erklären versucht, daß die vordersten Teile der lepontinischen Decken, die am Außenrande der Westalpen als Klippen erhalten sind, aus der Wurzel verhältnismäßig rasch ausgestoßen und vorgeschoben wurden, so daß sie den verändernden Einflüssen der hohen tektonischen Pressung und der großen Wärme entzogen wurden, welche die inneren Zonen umgewandelt haben. Man wird bei der Auswertung der Fazies eine gewisse Vorsicht nicht außer acht lassen dürfen; denn schließlich könnte man bei einer Schematisierung der Vorstellungen, wie sie von WILCKENS versucht wurde, nur mehr Decken mit konstanter Fazies und Übergänge der Fazies nur in den Synklinalscharnieren zwischen den Fazies haben. Schließlich macht auch der Begriff Fazies manche Schwierigkeiten, denn sie variiert natürlich nach allen Richtungen und es laufen bei der Abgrenzung einer faziellen Einheit auch subjektive Momente mit.

Ferner gibt es nicht nur in den Südalpen (35) Beispiele, daß die Faziesgrenzen quer über die tektonischen Grenzen gehen. Es müssen auch die Anhänger der Faziesdecken annehmen, daß die verschiedenen Fazies in zusammenhängenden, dem Streichen des jetzigen Gebirges parallel verlaufenden Zonen gebildet wurden, ferner daß bei der Gebirgsbildung diese langgestreckten Fazieszonen als Deckensysteme übereinander geschoben wurden. Kurz gesagt, die Deckentheorie setzt Reihentröge voraus, wovon noch bei den ostalpinen Kalkalpen zu sprechen sein wird.

TERMIER hat den Satz geprägt, daß die Fazies in derselben Decke wechseln, daß es also unzulässig sei, eine tektonische Einheit durch stratigraphische Merkmale zu definieren. Es ist ja auch kein Grund zur Annahme vorhanden, daß sich isotropische Sedimente nicht gleichzeitig in verschiedenen, durch andere Fazies getrennten Bezirken bilden können (23).

IV. Die Deckentheorie in den Alpen

Über die Schweizer Alpen hat ALBERT HEIM zusammenfassend in seiner großen Geologie in der Schweiz berichtet. In den folgenden Erörterungen wird versucht werden, die wesentlichen tektonischen Gesichtspunkte aus HEIMS Werk herauszuheben und eingehender die ostalpinen Verhältnisse darzustellen.

In der Schweiz, die ganz nach dem Standpunkte der Deckentheorie aufgelöst wird, unterscheiden die Geologen:

A. Das autochthone Gebirge, d. s. die kristallinen Gesteine des Aar- und Gotthardmassivs, der Aiguilles rouges, der Arpillen und des Montblanc mit dem zugehörigen, in helvetischer Fazies entwickelten Sedimentmantel.

B. Das Deckengebirge, das in drei Gruppen zerfällt:

a) Die Hauptentfaltung der helvetischen Decken auf der Nordseite des Aarmassivs.

b) Die penninischen Decken, die mit ihren nördlichen Stirnen an den Südrand der autochthonen Zentralmassive stoßen und diesen stellenweise sogar überwältigt haben. Sie bestehen im wesentlichen aus Kristallin und Bündnerschiefern.

c) Die ostalpinen Decken, d. i. Kristallin und Mesozoikum in ostalpiner Fazies. Dazu gehören die Klippen, die Stockhorn-Chablaiszone (Préalpes romandes), die nach den jetzt geltenden Anschauungen Massen sind, die von ihren kristallinen Kernteilen abgetrennt und auf dem Rücken der penninischen und helvetischen Decken nach N verfrachtet wurden, ferner die Schweizer Ostalpen.

C. Die Zone der Dinariden (Südalpen, insubrisches Gebiet), ausgezeichnet durch die herzynische Diskordanz (doch kann mit Rücksicht auf die Ostalpen die herzynische Diskordanz nicht als charakteristisches Merkmal angesehen werden), durch die südalpine Fazies des Mesozoikums und durch die mächtig entwickelten permischen Porphyre. Wenn auch auf die Stellung der Dinariden zu den Alpen erst nach der Besprechung der Ostalpen eingegangen werden kann, so seien doch ALBERT HEIMS Worte angeführt: „Diese Schichtfolge bildet den autochthonen, wenn auch nördlich bewegten Südrand der Alpen. In ihrer Gesamtheit sind die Dinariden gegen Norden bewegt und haben in der letzten Alpenphase die Deckenwurzeln unterschoben und verquetscht, so daß diese sich rückwärts überlegten und die Rückfaltung auch die Dinariden ergreifen mußte. Dieser insubrischen Bewegungsphase schloß sich noch eine starke Absenkung zur Poebene und dem adriatischen Becken an, die noch fort dauert.“

Die genannten tektonisch getrennten Gebiete sind auch Faziesgebiete. In den Schweizer Alpen — auch auf die Ostalpen wird diese Gliederung übertragen — werden unterschieden: Helvetiden, Penniniden, Austriden, Dinariden (27). Hier sei eine nomenklatorische Bemerkung eingeschaltet. E. SUESS (15) hat für

eine Deckengruppe den Namen lepontinisch aufgestellt und sagt: „Dieser Name ist bestimmt, mit dem Fortschreiten der Kenntnisse zu verschwinden“. Er versteht unter lepontinisch die Decken der romanischen Voralpen, die Bündner Aufbruchszone und die jetzigen penninischen Decken. Damals glaubte man, daß die Klippen, die romanischen Voralpen und die Aufbruchszone des Rhätikons im Gebiete der Bündnerschiefer wurzle. Nun hat sich aber durch die neuen Studien herausgestellt, daß Klippen und voralpine Decken ostalpin sind, daß sie südlicher als die Bündnerschiefer wurzeln. Daher mußte der Name lepontinisch, der ja zwei tektonisch verschiedene Einheiten vereinte, fallen. Man bezeichnet nach dem Vorschlag von ARGAND die Serie der Decken, die aus Kristallin und Bündnerschiefer bestehen, als penninisch (wohl zu unterscheiden von der pieninischen Zone der Karpathen, die auch in der ostalpinen Literatur erwähnt wird).

Oben wurde erwähnt, daß die großen Einheiten im Aufbau der Alpen auch Faziesgebiete seien. In den größten Zügen zeigt das die folgende Tabelle.

	Helvetiden	Penniniden	Austriden
Trias	sehr geringe Entwicklung	geringe Entwicklung	sehr mächtig und wohl gegliedert
Jura	mächtig	mächtige liassische Bündnerschiefer	z. T. mächtig, z. T. lückenhaft
Kreide	mächtig und ohne Unterbrechung	manchmal vorhanden	in der mittleren Kreide Gebirgsbildung. Gosau-diskordanz

Schon seit langer Zeit werden Ost- und Westalpen einander gegenüber gestellt. In erster Linie liegt der auffallende Unterschied in den nördlichen Zonen; denn die helvetische Zone der Schweiz mit ihren geschlossenen, durch keine Diskordanz unterbrochenen Serien des Mesozoikums, mit ihrer spärlichen Trias und der mächtigen Entwicklung von Jura und Kreide unterscheidet sich von den nördlichen Kalkalpen der Ostalpen, deren Hauptmerkmale die gewaltige Entwicklung der Trias und die vorgosauische Gebirgsbildung sind. Aus dieser augenfälligen Verschiedenheit erklärt sich auch die Suche nach einer Grenze zwischen Ost- und Westalpen — eine Frage, die durch die Deckentheorie eine treffliche Lösung gefunden hat.

Ost- und Westalpen sind auch sonst verschieden. Den Westalpen fehlt: die Grauwackenzone, das karnische Paläozoikum, der ostalpine Flysch; den Ostalpen fehlen die autochthonen Massive.

Alpenvorland. Wenn man sich das Tertiär des Alpenvorlandes (Molasse) beseitigt denkt, so liegt vor den Alpen eine Vortiefe. Der Körper der Alpen ist an das randlich aufgerichtete Tertiär des Vorlandes angepreßt und z. T. darauf überschoben, was bereits E. SUESS (2) 1875 als einen der deutlichsten Beweise der einheitlichen horizontalen Verschiebung größerer Teile der Alpen angesehen hat. Jedenfalls ist die Südgrenze der Molasse jene bedeutsame Linie, welche die Alpen unzweideutig gegen N begrenzt. Auf bedeutende Verlagerungen am Nordrande der Alpen hat E. SUESS auch daraus geschlossen, daß das Nordufer des Flyschmeeres nicht aufzufinden ist, daß es irgendwo südlich von dem jetzigen Außenrand des Gebirges gelegen sein muß, in einer Gegend, die seither durch die Bildung der Gebirgsgrenze verändert worden ist.

Durch die Feststellung der Molasse-Flyschgrenze als Ausstrichlinie einer horizontalen Bewegung ist noch nichts über deren Größe gesagt. Darüber sind die Meinungen geteilt; während die einen diese Grenze für einen großen Deckenkontakt halten, schließen die anderen auf keine bedeutende Verlagerung, weil Molasse auch über Flysch und im Unterinntal sogar über kalkalpinen Gesteinen liegt (30).

Die morphologische Forschung in den Ostalpen zeigte, daß das Gebirge seit der Zerstörung der untermiozänen Gebirgsoberfläche ganz gewaltige Schuttmassen in das nördliche Vorland sandte. Da nun diese Schuttmassen dem Vorland zum großen Teile fehlen, so ist man zum Schluß genötigt, daß die Alpen als Ganzes — sozusagen als Blöcke — das Vorland überfahren und so den Grobschutt unter sich begraben haben (173).

Nach der Auffassung der Schweizer Geologen war die Molasse schon ein zertaltes Gebirge, als die helvetischen Decken heranrückten (37, 24). Es soll also die Stauung der Molasse älter sein als die helvetische Deckenbewegung. Mit Recht hat AMPFERER (22) dagegen eingewendet, daß durch die Deutung der Molasse als ein selbständiges Gebirge die nur im Anschluß an die alpine Bewegung begreifbare einseitige Struktur der Molasse mit ihrem fein abgestuften Ausklingen der Faltung gegen N unverständlich gemacht werde. Es ist leicht einzusehen, daß die Molasse, deren Bau nur

im Verein mit der Horizontalbewegung des Alpenkörpers verständlich ist, gleichsam eine Pufferzone, ein stauendes Hindernis im kleinen gewesen ist. Es ist doch auch möglich, den Tatbestand in den Schweizer Alpen derart zu begreifen, daß es sich bei der Brandung der helvetischen Decken an der Molasse um einen kleinen Vorstoß nach der Hauptdeckenbewegung handeln kann (23).

Hier sei noch die Feststellung der Schweizer Geologen angeführt, daß die Hauptmasse der Gerölle der Nagelfluh des Alpenvorlandes von den ostalpinen Decken (rote und grüne Granite des Berninagebirges) geliefert worden sei. Früher hat man diese Gerölle aus den Südalpen, besonders aus dem Gebiete von Baveno abgeleitet, eine Vorstellung, gegen die unter anderen auch AMPFERER (38) Stellung genommen hat. Nach HEIM waren es die jetzt abgetragenen Fortsetzungen der ostalpinen Decken gegen N und W, welche die Gerölle geliefert haben. Es bleibt aber noch immer die Schwierigkeit bestehen, wie diese Gerölle über die noch nicht bewegten helvetischen Decken hinübergekommen sind, wenn man nicht annimmt, daß ein Transport über Land stattgefunden hat.

In der bayrischen Molasse hat der oberoligozäne Anteil nach CORNELIUS (39) keine kalkalpinen, sondern nur zentralalpine Gerölle, dagegen hat das Obermiozän kalkalpine Gerölle. BODEN (40) zeigt, daß die obermiozäne Molasse meist aus Flyschgeröllern aufgebaut ist, neben welchen sich auch kalkalpine Gesteine finden; dagegen können die auch aus dem Süden herbeitransportierten Gesteine der oligozänen Molasse weder aus den Kalkalpen noch aus den Zentralalpen stammen, sondern von einem Gebirge, das von den Decken später zugeschüttet worden ist (siehe rumunischer Rücken). Es können die Kalkalpen damals keine Höhenunterschiede gehabt haben, was überdies mit den morphologischen Vorstellungen über die östlichen Kalkalpen sehr gut übereinstimmt. Im Obermiozän erfolgte dagegen eine sehr große Schuttfuhr aus den Alpen, was auf einen stürmischen Erosionsvorgang schließen läßt. Damals waren die Kalkalpen und die Flyschzone schon ein Gebirge.

Bemerkenswerte Ergebnisse hat die Forschung im alpennahen östlichsten Vorland gehabt. Der im Senon und Eozän geröllspendende rumunische Rücken wird durch die vorrückenden Flyschfalten unter die Alpen gedrückt. Gleichzeitig wandert die vor den Alpen liegende Geosynklinale (die im Oligozän zum voralpinen Flyschmeer wird) gegen N, wobei immer weitere Teile des böhmischen Massivs in die vor den Falten wandernde Randsenke

hinabgezogen werden. Es erhebt sich zwischen Flysch und Vorland ein kristalliner Rücken, den GÖTZINGER-VETTERS (41) comagenischen Rücken nennen (Comagenae = Tulln); er ist vorwiegend aus Granit zusammengesetzt und spendet das Sedimentmaterial für das Tertiär des Vorlandes. Durch die vorrückenden Flyschfalten, die ja auch das Vorlandtertiär überwältigen, wird er in die Tiefe gedrückt.

Gosau- und Flyschmeer sind durch die Erhebungszone des rumunischen Rückens getrennt. Dann wird die Flyschzone den Alpen tektonisch einverleibt und in der neuen Saumtiefe vor den Alpen fand die Ablagerung von Schlier und Molasse statt — zwischen der Saumtiefe und der Flyschzone aber liegt der comagenische Rücken. — Der Alpenbau wächst gegen N und vor ihm werden lang hinstreichende Mulden und Sättel gebildet. Das sind die Vorläufer der Gebirgsbildung, deren Sättel von der neuen Gebirgsbildung überwältigt werden, ebenso wie die Schuttfüllungen der Mulden — der ganze Alpenkörper wird über sein Vorland bewegt. — Nicht nur Saumtiefen, sondern auch Sättel wandern der Gebirgsbildung voraus. — So liegen die Verhältnisse an der Marschfront der Alpen, dagegen gibt es an der Ostseite keine Vorläuferwellen (140).

Autochthone Zentralmassive. Hinsichtlich dieser nur in der Schweiz entwickelten Zone sei nur der Gesteinsaufbau erwähnt; vorkarbonische Sedimente mit alter Metamorphose und vortriadische Intrusiva, Karbon und Perm und der Sedimentmantel des helvetischen Mesozoikums. Dislokationszeiten, die sich aus den Diskordanzen ergeben, liegen vor dem Karbon, zwischen Karbon und Perm, zwischen Perm und Trias. Die heutige Gestalt haben die Massive durch den tertiären Zusammenschub erhalten, was aus den oft tiefen Einfaltungen des Sedimentmantels zu erklären ist.

Helvetische Zone. So heißt die nördliche Kalkzone der Schweiz mit Ausnahme des romanischen Deckengebirges. In stratigraphischer Beziehung ist die Entwicklung der helvetischen Fazies für sie charakteristisch, d. i. die fast lückenlose Folge vom Perm bis in das Eozän. Veränderungen der Fazies sind nur in N-S von Decke zu Decke stark, dagegen im Streichen einer Decke sehr gering. Ganz im allgemeinen nehmen die terrigenen, klastischen Bildungen von NW nach SW an Mächtigkeit zu und der Kalkabsatz nimmt in derselben Richtung ab; es werden die Kalke

in Urgonfazies (Schrattenkalk usw.) gegen SO durch Mergel vertreten; dasselbe ist auch in der helvetischen Zone von Vorarlberg der Fall (42) und läßt an einen Übergang der ganzen unteren und mittleren Kreide in Schieferfazies denken. HEIM (5) sagt: „Gleichzeitige Zunahme von Mächtigkeit, Tiefe und Kontinuität der Ablagerungen sind bezeichnend für den Übergang zu einer Geosynklinale. Andererseits leitet der Nordrand der helvetischen Fazies zu dem transkontinental-autochthonen jurassischen Schelfmeer über.“

Die reichste Deckengliederung der Helvetiden liegt in der Senke auf beiden Seiten des Aarmassivs. In der Westschweiz liegen übereinander: Nappe de Morcles, nappe de Diablerets (beide liegende Falten), Wildhorndecke, Reste einer ultrahelvetischen Schubdecke. Die trennenden Mulden sind stellenweise bis in die Wurzel zu verfolgen.

Ultrahelvetisch heißt man jene helvetischen Decken, die südlich der Wildhorndecke wurzeln (5).

In der Ostschweiz liegen über dem autochthonen Helvetischen parautochthone Decken, dann die Glarner Decke, die in die Glarner Decke im engeren Sinne und die Mürtschendecke zerfällt, die Axendecke, die stellenweise eine Viergliederung zeigt, und die der Wildhorndecke gleichzustellende Säntis-Drusbergdecke, die in die Teildecken Säntisdecke im engeren Sinne, Rädertendecke und Drusbergdecke zerfällt.

Die prächtigen Profile, die sich in HEIMs Geologie der Schweiz vom Bau der helvetischen Zone finden, zeigen eine Art von Tektonik, die AMPFERER und SANDER (43) als Fließformung bezeichnet haben, worunter beide Autoren nicht etwa ein Fließen nach Art von plastischer Masse, sondern eine gewissermaßen fließende, aber durch die Gleitung in s bedingte Tektonik verstehen; ihre Ursache liegt einerseits in der Selbständigkeit der von keiner Überlagerung gestörten Tektonik, andererseits in dem Aufbau der Gesteinsserie, die aus einem Wechsel von relativ starren und von leicht gleitbaren Gesteinen besteht; vielleicht ist auch dem Abgleiten von den Zentralmassiven eine gewisse Rolle zuzubilligen. Nebenbei bemerkt — es ist bezeichnend, daß REYER bei seinen Experimenten mit Abgleiten von zähflüssigem Material Bilder erhielt, die der helvetischen Tektonik recht ähnlich sind.

Die helvetischen Decken sind als Ganzes eine Schubmasse, die von ihrer ehemaligen Unterlage abgeschwommen ist. Sie sind

also eine Abschürfungsdecke wie die Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen. Die Fläche, an der die Abscherung geschehen ist, liegt an der Grenze von Perm und Kristallin — ähnlich wie jene der Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen, deren Hauptbewegungsfläche mit der Unterseite der Trias zusammenfällt.

Noch eine Parallele ist mit den Kalkalpen der Ostalpen möglich. Die Profile HEIMS zeigen, daß dort, wo die mächtigen starren Massen des Verrukano erscheinen, derselbe tektonische Stil wie in den Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen vorhanden ist, nämlich die schweren, schichten Schubmassen, wie sie die Schnitte durch das Lechtal, das Salzkammergut usw. zeigen. Es ist also das Material, das den Stil der Tektonik bedingt. In den Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen ist der Gesteinsbestand die Ursache der ruhigen und einfach gegliederten Bewegungsformen, die in großem Gegensatz zu den Faltenschnörkeln der helvetischen Serie stehen.

Die Betrachtung der helvetischen Decken als Abschürfungsdecke läßt sich im Sinne geotektonischer Hypothesen entweder durch die Unterströmungs- oder durch die Kontraktionshypothese erklären. Im Sinne der letzteren wäre das Vorrücken der penninischen Decken der treibende Motor. Dafür können die gleich zu erwähnenden Verhältnisse an den Wurzeln (Abscherung derselben) als Beweis herangezogen werden, obwohl diese Sachlage auch durch die Unterströmungshypothese leicht erklärbar ist.

Im Profil von Gsteig über das Wildhorn und die Sexrouge in das Rhonetal sieht man die Deckenausbreitung und die Wurzel der Diableretsfalte und der Wildhorndecke in vollem Zusammenhang; südlich der Wurzel der Wildhorndecke liegt jene der ultrahelvetischen Decke der Zone der Cols (Sattelzone).

In der Ostschweiz aber, vom Calanda gegen das Aarmassiv, sind die Wurzelstiele der helvetischen Decken durch Abtragung beseitigt und die „Narbe“ ist von den weiter vorgerückten Stirnmassen der penninischen Decken überschoben und zum größten Teile begraben worden. In der mittleren Schweiz ist das Gotthardmassiv der Kern der unteren helvetischen Decke (5, 27).

Die helvetischen Decken sind weit gegen N gefrachtet worden. Das treibende Element in dieser Bewegung sind die penninischen Decken. R. STAUB (27) hat die Vorstellung, daß das Gotthardmassiv als innerstes Glied des Vorlandes der Alpen dem Ansturm der penninischen Decken so weit standgehalten hat, daß nur sein

Sedimentmantel als untere helvetische Decken weit gegen N abgeflossen ist. STAUB spricht die helvetischen Decken geradezu als einen Teil des europäischen Vorlandes an. „Sie stellen die von den Penniniden ausgepreßten, nach Norden gedrängten, südlichsten Teile des Vorlandes dar und es ist diese Zone der Helvetiden der alte südlich fallende Schelf des einstigen mesozoischen Europa.“ —

Im helvetischen Gebiet haben die verschürften Flyschmassen mit Nummulitenkalken und mesozoischen Fetzen die größte Ausbreitung; dieser Flysch wurzelt südlicher als die Säntis-Wildhorndecke und nördlicher als die Niesendecke. Allerdings kennt man die Wurzel nicht aus der Beobachtung, sondern ihre Lage wird nur aus der tektonischen Stellung der verschürften Flyschmassen (Wildflysch) über den höchsten helvetischen Decken erschlossen. Zu den verschürften Flyschmassen gehören der Wildflysch der unteren Glarnerdecke, der Flysch der Zone interne und externe der Voralpen, der subalpine Flysch am Nordsaum der Schweizer Alpen, teilweise auch die Flyschmassen in der Synklinalzone Habkern—Wildhaus.

Ein großer Teil der verschürften Flyschmassen hat den Charakter des Wildflysches; dunkle, zerknitterte und glimmerreiche Mergelschiefer mit eingelagerten Bänken von Sandstein, Quarzit, Kalken, Brekzien, Konglomeraten und exotischen Blöcken; dazu tektonische Schürflinge mesozoischer Gesteine verschiedenster Art, die nicht mit den primär sedimentierten exotischen Blöcken zusammenzuwerfen sind.

Exotische Blöcke sind bekannt aus der obersten Kreide der Schweizer Alpen, aus dem Mitteleozän und dem Flysch der Schweiz, aus den Gosauschichten der Ostalpen. Zum Teil sind es Blöcke von gewaltigen Dimensionen (Habkern, Bolgen). In der ostalpinen Flyschzone stammt ein Teil der Exotika aus der böhmischen Masse. Die Exotika der Gosau und des Flysches sind von dem rumunischen Rücken bzw. aus dem Unterostalpinen abzuleiten; der Bezug der Gerölle aus der Zone Baveno—Lugano, wie man sich das früher gedacht hat, ist wohl ausgeschlossen.

Im allgemeinen gibt es nach ARN. HEIM unter den Exotika einheimische Blöcke (durch Zertrümmerung eingelagerter Bänke entstanden), Klippenblöcke (d. s. Reste von Schubmassen) und echte exotische Blöcke, d. s. solche, die eingesedimentiert wurden. Dasselbe gilt auch für die Ostalpen; denn es ist z. B. der Bolgen im Allgäu eine Klippe (165).

Die Tektonik der verschürften Flyschmassen ist sehr kompliziert. Der Wildflysch z. B. ist auf die autochthonen helvetischen Sedimente überschoben und erst später, gleichsam als normales Hangendes, von dem aus nördlicherer Wurzel stammenden helvetischen Deckenschub ergriffen und eingewickelt worden.

Der Flysch im allgemeinen ist ein orogenes Sediment. Es muß daher eine Gebirgsbildung, die sicher älter ist als Mitteleozän, vermutlich aber älter als das Eozän überhaupt ist, in den südlichen Teilen der Schweizer Alpen stattgefunden haben, so daß das Material zur Flyschbildung geliefert werden konnte. Dann fand nach dem Mitteleozän die Aufschiebung des Wildflysches und der anderen verschürften Flyschmassen auf die helvetische Zone statt und mit dieser wurden dann die gesamten verschürften Flyschmassen bewegt. In den Ostalpen ist der Flysch z. T. kretazisch und hängt mit der vorgosauischen Gebirgsbildung zusammen.

Östlich des Rheins liegt die Fortsetzung des Säntis im Faltenwurf des Bregenzer Waldes und im Fläscherberg. Es ist der axial gegen NO untertauchende Rücken der Säntisdecke, der unter Flysch taucht, und über diesem Flysch liegt das ostalpine Gebirge. An der Iller taucht die helvetische Kreide des Bregenzer Waldes unter, um nicht wieder zu erscheinen. Nördlich von ihr liegt als tieferes Element der Säntisdecke der Grüntenzug, dessen Schubmassennatur zuerst von AMPFERER (22) erkannt wurde. Die Grüntenzone ist als zusammenhängender Streifen bis über Salzburg hinaus immer am Nordrande der Flyschzone zu verfolgen (44, 45).

Auf der helvetischen Kreide des Bregenzer Waldes und der Grüntenzone liegt eine mächtige Flyschmasse. Die Meinung ging bis in die neueste Zeit dahin, daß der Flysch das normale Hangende der Kreide sei (46). Nur WEPFER (47) hat im Gebiete des Hochälpele einen Dislokationskontakt zwischen Kreide und Flysch festgestellt. In neuester Zeit vertritt M. RICHTER (45, 48, 49) die Meinung, daß der Flysch als Decke über die helvetische Kreide gegangen (Hochkugeldecke) und ultrahelvetisch sei. Das ergibt für den österreichischen Teil der Flyschzone eine gut mögliche Lösung. Eine Schwierigkeit scheint aber im Anschluß an die Schweiz zu liegen, denn jenseits des Rheins ist die Hochkugeldecke nicht mehr vorhanden, weil der Flysch der Wildhauser Mulde (in derselben Stellung zur helvetischen Kreide wie im Bregenzer Wald) helvetisch ist.

Die **Flyschzone der Ostalpen** ist für die Auflösung der Alpen in einen Deckenbau eine sehr große Schwierigkeit. KOBER (50) hat versucht, einen äußeren autochthonen und einen inneren (penninischen) Flysch (den letzteren mit einem kalkalpinen Kern) zu unterscheiden. In Vorarlberg und im Allgäu ist die Flyschzone ganz klar von den Kalkalpen überschoben — meist mit einer recht flachen Schubbahn — und an der Grenze finden sich Schubspäne verschiedener Art. In Ober- und Niederösterreich aber sind Flysch und Kalkalpen untrennbar verknüpft (51, 52); dasselbe ist in Bayern der Fall (53).

Dazu kommt noch als Zweites die Differenz des Alters. In Vorarlberg und im Allgäu ist der Flysch tertiär, im Osten aber zum größten Teile Kreide. Diese Differenzen führten zu einem merkwürdigen Verhältnis. KOBER (54) nimmt an, daß die lepontinischen (penninischen) Decken vor der Gosau vom Ostalpinen überschoben wurden. Der Schichtbestand der lepontinischen Decken stimmt besser mit einer nachgosauischen Überschiebung durch das ostalpine System (55), dagegen ist die Position der Kalkalpen gegen die östliche Flyschzone besser durch die Annahme einer vorgosauischen Überschiebung der ostalpinen Decken zu erklären, wie die Verknüpfung von Flysch und Kalkalpen zeigt. Bereits 1915 hat HERITSCH (55) auf diesen Tatbestand aufmerksam gemacht und geschrieben: „Setzen wir die Richtigkeit der Deckentheorie voraus, so müssen wir uns für eine der beiden Möglichkeiten entschließen. Es ist aber wohl festzustellen, daß keine von beiden den Tatbestand restlos erschöpft.“

Die Unsicherheit, die über die Flyschzone herrschte, findet einen beredten Ausdruck in der Meinung H. STAUBS (27), der außer der helvetischen Grüntenzzone der Flyschzone ultrahelvetische, z. T. penninische (wie der Niesenflysch), z. T. sicher ostalpine Zugehörigkeit zubilligt, aber meint, daß oberostalpinen Flysch fehle. Sicher unrichtig ist STAUBS Anschauung, daß im Wiener Wald die faziell stark veränderte helvetische Zone vorliege.

Die Frage der Flyschzone hat nun eine überraschende Wendung erhalten durch die Arbeiten von BODEN und M. RICHTER (45, 48, 49, 53). RICHTER unterscheidet im Wertachgebiete von N nach S: die helvetische Grüntenzzone, darüber der ostalpine Flysch, unter den die Bregenzer Wald- und Hochkugeldecke tauchen. Daher zerfällt die Flyschzone der Ostalpen in einen ostalpinen Anteil im Osten und einen kleinen helvetischen

Anteil im Westen. Die Anerkennung der Verknüpfung von Flysch und Kalkalpen östlich der Wertach bringt allerdings (56) die LUGÉONSche Ansicht zu Fall, daß die Flysch-Kalkalpengrenze der Ausstrich einer großen Schubfläche erster Ordnung sei. Die große Schubfläche, mit der die ostalpinen Kalkalpen auf die Helvetiden aufgeschoben sind, wird nun an die Nordseite der ostalpinen Flyschzone verlegt. Und daß da eine große Schubfläche vorhanden ist, haben HAHN (57, 58) und BODEN (59, 53) festgestellt.

Daß die Kalkalpen und die Flyschzone eng zusammenhängen, also nicht durch eine große Schubfläche getrennt sind, geht besonders klar aus den Verhältnissen im unteren Ennstale hervor, wo GEYER (52) die untrennbare Verbindung beider in vorzüglicher Weise dargestellt hat. — Jedenfalls aber liegt eine sehr große Schubfläche an der Nordseite des Flysches und es ist gewiß die Anschauung, daß der Flysch unter die Molasse fortsetze, nicht richtig, wie besonders durch die Stellung der helvetischen Zone als Schubmasse zwischen Flysch und Molasse klar wird (175).

Sehr weit kann der Flysch nicht geschoben worden sein. Wahrscheinlich stammt die Schubmasse ostalpiner Flysch + Kalkalpen (im Oligozän bewegt) von der Südseite des rumunischen Rückens. Daß der Flysch nicht etwa einen Ferntransport mitgemacht hat, zeigen die in ihm und an seinem Rand auftretenden Schubschollen böhmischer Gesteine (wie der böhmische Granit des L. von Buch-Denkmales im Pechgraben bei Weyer, im Eozän von Konradsheim bei Waidhofen, der böhmische Serpentin bei Waidhofen, von Kilb usw.).

An der Basis des Flysches von Tegernsee und anderer Gegenden in Bayern liegen (53) Brekzien, deren Komponenten kristalline Gesteine, Tonschiefer, Granite, Sandsteine usw. sind; ein Teil der Komponenten dieser sogenannten Dürnbachbrekzien ist alpin. Das führt über zur Erörterung des sogenannten rumunischen Rückens.

Den rumunischen Rücken hat KOCKEL (42) als trennende Barre zwischen Flyschmeer und Gosaumeer in der Oberkreide, aber auch zwischen den unterkretazischen Sedimentationsräumen angenommen, was ganz im Sinne SPENGLERS (31) liegt, der im Salzkammergut feststellte, daß Flysch und Gosau erst im oberen Senon eine direkte Verbindung hatten. KOCKEL geht von der Frage der Herkunft der Gosaugerölle aus. Je weiter man in den Gosauschichten der Nördlichen Kalkalpen gegen N geht, desto

zahlreicher werden die kristallinen Gerölle; sie müssen von einem bis in die obere Oberkreide der Abtragung ausgesetzten Landstreifen stammen, in dem Kristallin bloßlag. Das kann nicht die böhmische Masse gewesen sein, weil man auch von N her durch das Flyschmeer an diesen kristallinen Geröllspender kommt; es kann sich nur um den Rest eines autochthonen Massives handeln. Diese kristalline Scholle liegt im Westen als unterostalpinen Inselkranzgebirge (CADISCH) vor, von dem die klastischen Sedimente in Jura und Kreide der Falknisdecke herzuleiten sind. Im Osten wird der rumunische Rücken in die Tiefe gedrückt. Er ist gleichsam das in die Alpen hinein verlegte Vindelizische Gebirge. Er verläuft SW—NO und vereinigt sich im O mit der böhmischen Masse. Er ist z. T. gleich der oberostalpinen Geantiklinale RICHTERS (S. 170) und hat in den Schubschollen am Rande der Kalkalpen (Kristallin des Retterschwanger Tales im Allgäu, Granit des Buch-Denkmales im Pechgraben usw.) Spuren seines Daseins hinterlassen.

Penniniden (zona del Piemonte oder delle pieti verdi). Sie haben in der Schweiz folgenden Gesteinsaufbau: Kristalline Schiefer (saure Orthogesteine, Paragesteine), Permokarbon (anthrazitführendes Karbon und die sogenannten Casannaschiefer, die in das untere Karbon und das ältere Paläozoikum gestellt werden und z. T. seitlich in das Karbon übergehen), Trias in lagunärer Fazies, Bündnerschiefer (schistes lustres, Glanzschiefer), eozäner Prättigauflysch (ohne exotisches Gerölle).

Im Penninikum der Schweiz läßt sich sehr wohl die untere Schieferhülle der Hohen Tauern erkennen (60); das Permokarbon der unteren Schieferhülle ist gleich den Casannaschiefern; hinsichtlich der vortriadischen Fazies sind die Tauern penninisch, haben aber auch durch die Grauwacken (Tuxer Karbon) Beziehungen zum Ostalpinen (Verwischung des Unterschiedes von Ostalpin und Lepontin, S. 137). Das bezeichnendste Glied sind die Kalkphyllite der oberen Schieferhülle und die ihnen gleichstehenden Bündnerschiefer.

Nur die Bündnerschiefer bedürfen einer Bemerkung. Sie wurden früher für paläozoisch gehalten, dann wurden Liasfossilien gefunden. HELM (5) schreibt: „Der tiefere Bündnerschiefer, der die Hauptmasse in Süd- und Südwestgraubünden, Tessin und Wallis bildet, ist Lias.“ Stellenweise gibt es auch Dogger, Malm und Kreide. — Für das Alter der Bündnerschiefer

des Unterengadiner Fensters ist der Nachweis **HAMMERS** (25) wichtig, daß die tiefsten Brekzienhorizonte in den Bündnerschiefern gleich sind der Lechtaler Kreide. Wichtig ist auch der sogenannte Tüpfelschiefer **HAMMERS**, der gleich ist den Knötchenschiefern Sanders im Tuxergebiet und denselben Gesteinen im Prättigauflisch.

Gegenüber der Annahme, daß alles, was Bündnerschiefer heißt, Mesozoikum sei, wurden des öfteren Zweifel geäußert (z. B. 23) — ob mit Recht, können nur weitere Forschung und Fossilfunde zeigen. Im besonderen wurde das triadische Alter der mineralreichen Marmore der penninischen Zone bezweifelt.

STEINMANN (13, 14) betrachtet die Schiefer des penninischen Gebietes ohne ophiolithische Eruptiva als tertiär, jene mit solchen als mesozoisch. Eine sichere Grenze gibt es nicht. Eine Art von Ausweg wurde in der Vorstellung gefunden, daß die Bündnerschiefer eine „Serie comprehensive“, eine in tieferem Wasser abgelagerte Fazies von Trias bis Tertiär seien.

In den tieferen Teilen der Bündnerschiefer sind ophiolitische Eruptiva (d. s. Spilit, Variolit, Diabasporphyr, Gabbro, Serpentin, Ophikalzit) reichlich vertreten. Sie werden für Ergüsse am Meeresgrunde oder für Intrusionen gehalten. In ihrer Altersstellung stehen sie über der Trias und unter dem Flysch. **STEINMANN** (14) versetzt sie in Mittel- und Unterkreide. Sie wurden von der Alpenfaltung wie Sedimente betroffen und daher umgewandelt.

Bezeichnend ist für ihr Auftreten das Fehlen der Wurzelgänge — darin gleichen sie vollkommen den Serpentinorkommen in der Schieferhülle der Hohen Tauern und vielen anderen Vorkommen im Kristallin. Es ist das die in solchen Gesteinsverbänden so überaus häufige Erscheinung der Durchbewegung und rätselhaft wird das Fehlen der Wurzelgänge nur dem sein, der die großen Fortschritte in der Erkenntnis der Durchbewegung der Gesteine (61, auch 23) nicht mitgemacht hat.

Im penninischen Gebiete sowie in den Tauern (60, 62) fehlen die Ophiolithe den Stirnpartien der Decken, stellen sich in deren Rücken ein und werden gegen S immer mächtiger und mannigfaltiger, wobei ihre Basizität gegen S zunimmt. Der Herd liegt daher im S.

E. SUSS und **KOBER** betrachten die Ophiolithe als eruptive Überschiebungsapophysen und glauben, daß sie die Überschiebungsbahnen markieren. **HERITSCH** (23) wendete dagegen ein, daß es solche Eruptiva gibt, die nicht auf Überschiebungsbahnen liegen.

Nach STAUB sind die Ophiolithe in erster Linie an die tieferen Geosynklinalen, nicht an die Überschiebungen gebunden; ihre Intrusion erfolgte kretazisch in der Vortiefe der embryonalen Decken.

Auch in den Hohen Tauern (63) nehmen die grünen Gesteine gegen S an Bedeutung zu. Das läßt sich verstehen unter der Voraussetzung, daß man sich gegen S größerer Tiefe einer vortektonischen Schichtanordnung nähert. Es ist überdies fraglich, ob nicht ein größerer Teil der grünen Gesteine zu den Paragesteinen zu stellen ist.

Ophiolithische Eruptiva sind nicht eine besondere Eigenschaft der Penniniden, sie fehlen auch dem Ostalpin nicht.

STEINMANN (14) hat auf das symbiotische Auftreten von Ophiolithen und Radiolariten in seiner rhätischen Decke aufmerksam gemacht — auch heute sind die Produkte des submarinen Vulkanismus sehr basisch und sehr heiß. Aber diese „Symbiose“ besteht nur für STEINMANNs rhätische Decke zu Recht, wie KOBEL zuerst hervorgehoben hat, nicht aber für die penninischen Gebiete oder für die Tauern (54). Ob es sich wirklich um Tiefsee handelt, könnte nur die nähere Untersuchung der Radiolarien zeigen.

Ganz im allgemeinen nimmt im penninischen Gebiete die Metamorphose gegen S und auch mit der tieferen Lage im Deckengebäude zu, was mit einer pneumatolitischen Tätigkeit in Zusammenhang gebracht werden kann (64, 65). Dasselbe kann aber auch durch das Absteigen der Bewegungsfläche in größere Tiefe erreicht werden.

Jedenfalls besteht eine volle Parallele mit den Tauern. Denn die Tauernkristallisation (63) nimmt allgemein gegen S und mit Gneisnähe zu. Man kann das auffassen: Die Bildung des Granites und die Metamorphose sind Folgen der Annäherung an größere Tiefe (daher mit zunehmender Tiefe Granitisation, ein Teil der Zentralgneise ist bereits das Dach dieser Granite). Die Steigerung der Metamorphose ist bedingt durch die größere Überlastung, Gneisnähe, Absteigen in ein tiefer gelegenes Bewegungsniveau. — Zu demselben Schluß kommt CORNELIUS (66) am Rande von Ost- und Westalpen, denn die mechanische Metamorphose nimmt da gegen S zu, was auf größere Belastung im S hindeutet.

Im Penninikum wird die Kristallisation von der Bewegung überdauert. In den Tauern sind die Teilbewegungen im Gefüge der tektonischen Hauptphase zuzuordnen, welche sich mit der Tauernkristallisationsphase zeitlich gegen Ende derselben berührt

und mit ihren Wirkungen interferiert. In den Tauern ist das Auftreten von Granit älter als das Ende der Tauernkristallisation. Zunahme der Metamorphose gegen S zeigen auch die Radstädter Tauern und auch das Ostalpin. HERITSCH (67) hat in dem Gebiete von Murau das gegen S reichlicher werdende Aufblühen von Albiten aufgezeigt.

Im Penninikum gibt es eine vorkarbonische oder wenigstens vortriassische Metamorphose (65, 70); das ist aus der Lagerung der Triasquarzite über verschieden alten Gesteinen und aus der Metamorphose des penninischen Grundgebirges zu schließen; allerdings ist diese alte Metamorphose bei den späteren Bewegungen durch Verschleifung recht unkenntlich geworden.

Das führt über zu den Vorstellungen von ARGAND und STAUB (71, 72) über die Geschichte des Penninikums. Unter Zugrundelegung der Ansicht, daß die Alpen durch die Annäherung von Indoafrika und Eurasien entstanden seien, kommen sie zur Vorstellung von der stauenden Wirkung der alten Massive. Die Alpenfaltung knüpft an die karbonischen Schwellen an, die Untiefen des mesozoischen Meeres sind Reste des Karbonischen Gebirges und zugleich die Embryonen der tertiären Faltung, aus denen sich die Decken entwickelten. So waren die Deckenstirnen die einstigen Geantiklinalen und nur deren tertiäre Übertreibung. Das wird aus der Fazies abgeleitet und kann auch, wie BUBNOFF (73) sagt, ein Zirkelschluß sein (die Tektonik wird aus der Fazies abgeleitet auf rein petrographischem Wege. Was gleiche Fazies hat, wird zur selben tektonischen Einheit gerechnet; wickelt man nur die Decken ab, so kommt man zu einer gleichen Faziesverteilung).

Die embryonalen Decken von ARGAND-STAUB sind nur ein anderer Ausdruck für die Vorstellung, daß die alten Massive Zentren andauernder Hebung seien und daß sie die Verteilung der Senken und damit die Sedimentationsräume bestimmen (184).

Die ersten Anlagen der Decken reichen nach ARGAND und STAUB bis in das Perm zurück und verschmelzen mit der herzynischen Faltung; im Jura (70) beginnen die orogenetischen Bewegungen, Ansteigen des Meeres, Einsinken der Geosynklinalen, Brekzienfazies in der Nähe der Deckenstirnen — kann das nicht auch Epirogenese sein? Die von JENNY (1) gemachte Annahme einer Gebirgsbildung im Dogger wird von CORNELIUS und STAUB heftig geleugnet. Der Beginn der eigentlichen Deckenbewegungen wird in Oberkreide—Eozän gestellt. Man muß auch eine Gebirgs-

bildung dieses Alters annehmen, denn im Flysch des Brianconnais treten bereits mesozoische Gesteine des Penninikums auf. Die Metamorphose kann nur gleichzeitig oder jünger sein als der penninische Deckenschub. Der Hauptteil der Auftürmung der penninischen Decken ist wohl an die Schwelle des Tertiärs zu rücken, aber auch nachher gab es noch große Bewegungen.

Wir kommen so zur Vorstellung, daß der penninische Bau ebensowenig aus einem Guß ist wie jener der Hohen Tauern (60).

Die penninische Tektonik ist nach HEIM (5) durch die harmonische Teilnahme der vortriassischen kristallinen Gesteine in Konkordanz mit dem Mesozoikum, ferner durch die gewaltige Größe der tektonischen Glieder, durch das Fehlen von weit ausholenden Überschiebungsflächen charakterisiert. HEIM schreibt: „Im Wallis und Tessin sind bei der Deckenbewegung die Schichtflächen im Kleinen übereinander geglitten. Der Schub hat sich verteilt in feine Differentialbewegungen innerhalb der Gesteinskomplexe. In den fast immer erhaltenen verkehrten Mittelschenkeln sind, wenn auch aufs feinste laminiert und verdünnt, sogar die verkehrt gestellten stratigraphisch-petrographischen Übergänge erhalten. Die Simplondecke, besonders aber die St. Bernhards-, Monte Rosa- und Dent blanche-Decke, aber auch die Aduladecke sind trotz ihrer vielen Kilometer Dicke und ihrer Überdeckungsbreite über 50 km keine Überschiebungen, bei welchen der älteste Gewölbekern unmittelbar dem Jüngsten aufgeschoben wäre; sie sind in Wirklichkeit liegende Falten geblieben mit verdünnter Lamination der Mittelschenkel, aber meist ohne Zerreißen und ohne Aussetzen derselben.“

Die penninische Tektonik ist durch die stetige Deformation charakterisiert. In der ostalpinen Decke dagegen ist Mylonitisation und Diaphthorese sowie Gleitbretterbau herrschend (65). HEIM hebt mit besonderem Nachdruck hervor, daß in den penninischen Decken statt der Überschiebungsflächen die Verteilung der Bewegung in Bewegungshorizonte als bruchlose plastische Lamination stattgefunden hat. Es zeigen also, wie aus HEIMS Worten hervorgeht, die penninischen Decken jene Art von Durchbewegung, die SANDER seit langer Zeit als charakteristisch für die Tauern erkannt und beschrieben hat.

Die Profile der Penniniden zeigen als Hauptmerkmale die Großzügigkeit der Falten mit ihren schön geschwungenen Stirn-umbiegungen. Es sind gewaltige Massen in Bewegung gesetzt

worden und man hat keine kleinen Deckfalten nach Art der helvetischen, die ja doch nur Schuppen einer einzigen großen Einheit sind (27). Nach STAUB sind die Penniniden das führende System des Gebirges, um das sich alles dreht.

Es besteht eine gewisse Parallele zwischen den penninischen Decken der Schweiz und den gewalzten Falten des Sonnwendgebirges. Diese Walzfalten sind nur verständlich bei der Annahme, daß über sie ein traineau écraseur gegangen ist. So hat auch für die tieferen Decken der penninischen Zone die Dent blanche-Decke als traineau gewirkt wie die Inntaldecke im Sonnwendgebirge — im übrigen ist beides ein Zeichen für die größere Nordgeschwindigkeit der tektonisch höheren Niveaus.

Im Simplongebiete und in den Walliser Alpen haben die Schweizer eine ganze Reihe von übereinander liegenden Schubmassen der penninischen Decken nachgewiesen. Im Tessiner Massiv kommen die untersten Deckfalten infolge einer Hebung des Axialgefälles heraus. Infolge des Sinkens gegen O erscheinen die Decken in Graubünden wie eine riesige Steintreppe ohne Anstieg und mit gegen O gerichtetem Gefälle. Es liegen da übereinander die Tessinerdecken, Adula-, Tambo-, Suretta-, Margna- und Sella- decke und über der letzteren, der höchsten penninischen Decke, folgen die ostalpinen Decken. Margna- und Selladecke entsprechen der Dent blanche-Decke (27).

Die Schweizer führen die Tektonik in Graubünden auf einen S—N-Schub zurück. Aber das Einsinken der Decken gegen O hat zur Vorstellung einer kräftigen O—W-Bewegung geführt, wovon später noch die Rede sein wird. Charakteristisch ist die Stellung des Adulagebirges, das einst bei der Grenzziehung zwischen Ost- und Westalpen eine große Rolle gespielt hat (19). Es zeigt Ostfalten, hat aber am Nordrand eine abgebogene, normal alpin ONO streichende, mit Mesozoikum umhüllte Stirn und im S liegt bei Claro-Roveredo mit dem gleichen Streichen der Wurzelstiel. Zwischen Wurzel und Stirn steht das Adulagebirge quer im Alpenkörper, als wäre es eine Querfaltung, sagt HEIM. Dieses N—S-Streichen der Adula führen die Schweizer nicht auf eine O—W-Komponente der Bewegung zurück, sondern auf das axiale Fallen gegen O. Es sei aber doch angemerkt, daß PREISWERK (68) im Tessiner Massiv eine 20 km gegen W überschlagene, liegende Falte nachgewiesen hat, daß KOSSMAT der Meinung ist, daß gegen das Tessiner Massiv, das da liegt, wo die Alpen die Wendung um den

Rumpfgebirgssporn des Schwarzwaldes machen, von beiden Seiten her Schübe gegangen seien. Es hängt natürlich von der persönlichen Einstellung jeden Forschers ab, in welchem Ausmaße er die Anzeichen der O—W-Bewegung werten will. Im übrigen wird auf die Frage später bei den Ostalpen noch zurückgekommen.

R. STAUB (27) hat auseinander gesetzt, daß die Dent blanche-Decke in Graubünden in drei kristalline Lappen geteilt ist. Diese Teilelemente werden durch den Stoß der darüber gehenden Berninadecken gegen N zu mehr und mehr zerschürft und übereinander gestoßen, so daß eine großartige Schuppenzone entsteht, die aus Malenco und Puschlav bis in das Oberengadin bekannt ist. Dann bleiben die kristallinen Kerne zurück und die Schuppenzone setzt sich in Mittelbünden in dem komplexen Paket der Schamserdecken fort, mit denen der Flysch des Oberhalbstein verbunden ist. Die Schamserdecken sind die verschürften einstigen Stirnpartien der obersten penninischen Decken. Darüber legt sich die große Ophiolithmasse der Plattadecke, die als Vorposten der Selladecke den Flysch der einstigen Margnastirn überschiebt. Die Plattadecke selbst (von ARBENZ für ostalpin gehalten) ist ein Schuppenpaket, das durch das Vordringen der ostalpinen Decken durcheinander gestoßen wurde.

Mit den penninischen Decken hängt der unter den romanischen Voralpen liegende Niesenflysch zusammen; er gehört nach STAUB zur Dent blanche-Decke. Das führt über auf den Flysch der mittleren und NO-Bündener Alpen, der unter den ostalpinen Decken liegt und in den Stirnregionen der penninischen Decken über den liassischen Bündnerschiefern als höchstes Glied der penninischen Fazies angehäuft ist. Die Schweizer Geologen haben die Vorstellung, daß auch im Wallis einst Flysch vorhanden war, der aber abgeschoben wurde. So wie der Niesenflysch liegt auch jener des Prättigau unter den ostalpinen und über den helvetischen Decken.

Die ostalpinen Decken der Ostschweiz. In den Schweizer Alpen ist die Gliederung des ostalpinen Gebirges im wesentlichen gelungen, wenn auch im einzelnen noch manche Frage offen ist, wie die doch nicht unbeträchtlichen Differenzen zwischen den Darstellungen in HEIMS Geologie der Schweiz und bei STAUB (27) zeigen.

ALBERT HEIM stellt in seiner Geologie der Schweiz ganz allgemein die penninische und ostalpine Tektonik gegenüber, Im

Gegensatz zur penninischen Tektonik zeigt die ostalpine viele Bewegungsflächen, welche über die Faltung vorherrschen; die Decken haben meist keine Stirnbiegungen, die einzelnen Glieder sind häufig schief abgeschert oder ausgezogen, sie sind Gleitbretter, die in stark gestauten Gebieten angehäuft sind wie ein gemischtes Kartenspiel; verkehrte Mittelschenkel sind selten. Es ist also eine große Stiländerung im Bau vorhanden; statt der in den Penniniden herrschenden liegenden Falten mit Stirnbiegungen und laminierten Mittelschenkeln haben wir im Ostalpinen die Faltenüberschiebung ohne Stirnbiegung, die Gleitbrettertektonik (74, 23). Allerdings fehlen liegende Falten nicht etwa ganz.

HEIM hebt ferner im ostalpinen Gebirge der Schweiz die Schwankungen in der Streichrichtung der Falten und Überschiebungen hervor. Das Streichen geht in den unterostalpinen Decken in W—O, in der oberostalpinen Decke SW—NO. Und HEIM sagt, daß das mit dem Axialgefälle in Graubünden kombiniert, zu völligen Querfalten führen kann. Ferner ist die herzynische Diskordanz überall deutlich.

Der Unterschied von penninischer und ostalpinen Tektonik hinsichtlich des Kristallins ist nicht nur der Gegensatz von Gleitbrettertektonik und liegenden Falten. Der Unterschied liegt tiefer, denn es ist der Gegensatz von Tektonik und Durchbewegung unter aufsteigender Metamorphose (bei den Penniniden) und der Tektonik und Durchbewegung schon früher durchbewegter und kristallin gewordener Gesteinskomplexe — denn das ostalpine Kristallin umfaßt Gesteinsmassen, die schon lange vor der Alpenfaltung stark durchbewegt waren, deren Gesteine mit alter Metamorphose eine neuerliche Durchbewegung erlitten, wobei sich die charakteristische Erscheinung der Diaphthorese, der rückschreitenden Metamorphose, zeigt. Nicht in einer Plastizität der unteren Decken, wie HEIM meint, liegt der Unterschied, sondern im Gegensatz der aufsteigenden Metamorphose der Penniniden und der Diaphthorese des ostalpinen Kristallins.

HEIM hebt ferner hervor, daß die ostalpinen Decken der Schweiz nicht reine Bruchüberschiebungen sind, sondern wie die Penninischen Decken aus Falten hervorgegangen sind. Daher werden die großen oder kleinen Linsen oder Klemmpakete an den Überschiebungsflächen als Reste von verwalzten Mittelschenkeln aufgefaßt.

Der Gegensatz der penninischen und ostalpinen Tektonik in Graubünden ist nicht besser zu charakterisieren als durch die

Gegenüberstellung der Tauerntektonik und des ostalpinen Gebirges in Österreich, wie er nach den grundlegenden Studien SANDERS und dem durch andere Forscher erfolgten Weiterbau der SANDERschen Gedankengänge sich darstellt. In der Hülle der Tauern erfolgte die Tektonik und Metamorphose (also die Anpassung des Gefüges durch den Ausbau der s-Flächen unter gleichzeitiger oder auch die tektonische Phase überdauernder kristalliner Mobilisation) in einem Sinn als Ergebnis der Durchbewegung unter Neubau des Mineralbestandes und Anpassung an das tektonisch bedingte Gefüge. Im ostalpinen Gebirge aber liegt der alpinen Gebirgsbildung ein kristallines Substrat zugrunde, das seine Metamorphose und gesamte Ausgestaltung schon lange vor der alpinen Gebirgsbildung (herzynische Diskordanz!) erreicht hat, das also nicht immer nur durch Differentialbewegung auf die junge Gebirgsbildung reagierte, sondern gewissermaßen blockartig unter Herausbildung einzelner, durch diaphthoritische Umsetzung ausgestatteter Bewegungsbahnen bewegt wurde, woraus z. B. die Häufigkeit der Gleitbretter resultiert. Ferner neigt auch der Bestand des ostalpinen Mesozoikums mehr zu großen Blockbewegungen als zum Stil der helvetischen Tektonik.

Die Schweizer Geologen gliedern die ostalpinen Decken in folgender Weise:

1. Unterostalpine Decken — im S-Teil mächtige kristalline Kerne, im N Verquetsung zu Schuppen und Linsenzonen. Err-, Albula-, Bernina-, Falknis-, Sulzfluh(klippen-)decke und Romanische Voralpen.

2. Mittelostalpine Decke (Campodecke + Ortlerdecke + Umbraildecke), dazu die Unterengadiner-, Bergünner- und ein Teil der Aroserdolomiten. Die Campodecke ist die einzige ostalpine Decke mit einer schönen Stirnumbiegung. — Unter- und mittelostalpine Decken vereinigen sich um den Salsalbo herum zu einer gemeinsamen Wurzel. Das sind R. STAUBS Grisoniden (27).

3. Die oberostalpine oder Silvrettadecke, die auf Schweizer Boden nur eine einzige tektonische Einheit ist, wurzelt nach der Auffassung der Schweizer Geologen im insubrischen Gebirge des Tessin. Diese gewaltige Decke hat die unter ihr liegenden Decken streckenweise „zu einem Paket von Schürflingen umgewandelt oder gar gänzlich unter sich weggefegt. An manchen Stellen liegt sie jetzt unmittelbar dem penninischen oder helvetischen Gebirge aufgeschoben, während an ihrem Nordrande die Schürflinge aller Art

erscheinen, wie der von einem Besen hinausgefegte Kehrriech“. Die Silvrettadecke (+ hochostalpine Decke) entspricht den Tiroliden von R. STAUB.

Nomenklatorisches. Hier muß, weit abschweifend von den in Erörterung stehenden Verhältnissen, eingegangen werden auf den Doppelsinn der Bezeichnung unter- und oberostalpin. KOBER (54) hat 1912 diese von ihm 1911 für zwei tektonische Einheiten aufgestellten Begriffe Unter- und Oberostalpin für eine große Deckengliederung der Ostalpen verwendet. Später ist in der Schweiz dieselbe Bezeichnung für andere tektonische Einheiten verwendet worden, so daß also in W und O mit den gleichen Ausdrücken ganz verschiedene tektonische Glieder bezeichnet wurden. Einem Übereinkommen entspricht die in der letzten Kolonne dargestellte Bezeichnung. In die Tabelle sind gleich die Bezeichnungen anderer Autoren augenommen.

HAUG 1906	KOBER 1911, 1912	AMPFERER 1911 HAHN 1913	HAHN 1913	KOBER 1923 STAUB 1923	
Dachstein- decke	hochalpine oder oberostalpine Decke	Reiteralm- decke	juvavische Decke	hochostalpine Decke	
Hallstätter- decke		Hallstätter- decke			
Bayrische Decke	Ötscherdecke Lunzerdecke Frankenfelse- decke	voralpine oder unter- ostalpine Decken	Krahbachjoch- decke	tirolische Decke	oberostalpine Decke
			Inntaldecke		
			Wetterstein- decke		
			Lechtaler- decke	bajuvarische Decke	
Allgäuer- decke					
				Campodecke (mittelostalpin)	Grisoniden
				unterostalpine Decken	

Zu dieser Tabelle sei bemerkt, daß Dachsteindecke HAUG und hochalpine Decke KOBER 1912 hinsichtlich der Verbreitung

nicht gleich sind der juvavischen Einheit und daß auch hochostalpin KÖBER 1923 nicht gleich ist juvavisch HAHN. Auf diese Dinge wird erst bei der Besprechung der N-Kalkalpen eingegangen werden. Im folgenden werden die Ausdrücke unter- und oberostalpin im Sinne von STAUB verwendet werden, wenn es nicht anders angegeben wird.

Verhältnis von Ost- und Westalpen. Eines von den großen Ergebnissen der Deckentheorie ist die Aufklärung über das Verhältnis von Ost- und Westalpen.

Im Jahre 1905 erkannte STEINMANN (14) als Basis der Ostalpen die Überschiebung des Rhätikons und der Silvretta, der Aroser Dolomiten, des Lenzerhorns, der Bergüner Stöcke, der Granitmassive auf die lepontinischen Decken bis in das Oberengadin. Falknis- und Sulzfluhdecke werden als lepontinisch, also als zu den Bündnerschiefern gehörig angesehen. Diese Gliederung hat sich nicht halten können, denn die Préalpes, die Klippen, die Sulzfluh- und Falknisdecke stehen jetzt im ostalpinen System und die oberste lepontinische Decke, STEINMANN'S rhätische Decke, ist die oberste penninische Decke. Jetzt gilt als oberstes Penninikum: der Flysch des Prättigau und des Oberhalbstein, die Obergrenze der Platta- und Selladecke.

Die Ostalpen liegen über den Westalpen. Die helvetischen und penninischen Decken tauchen unter die Ostalpen hinab. An der Rheinlinie ist die Grenze besonders scharf wegen des Faziesgegensatzes zwischen Ostalpin und Helvetisch. Der Schluß der Deckentheorie, daß diese beiden so sehr verschiedenen Fazies nicht unmittelbar nebeneinander abgelagert werden konnten, ist ohne Zweifel richtig. — Südlich des Rhätikons tauchen die penninischen Decken unter die Ostalpen und die Westgrenze der Ostalpen ist nach Auffassung der Schweizer ein reiner Erosionsrand. Sehr weit über die Westalpen ist die Überlagerung durch die Ostalpen nicht gegangen.

ALBERT HEIM (5) betont, daß der Westrand der Ostalpen ein reiner Erosionsrand sei, in seiner Lage aber durch eine Querflexur, der er nachtastet, bedingt sei, daß also nur große Stockwerke des alpinen Baues vorliegen. Diese Betonung ist gegen jene von manchen ostalpinen Geologen geäußerte Ansicht gerichtet, daß im Grenzgebiete von Ost- und Westalpen eine lebhaftere O—W-Bewegung herrsche.

Die Differenz in der Auffassung der Schubrichtung ist am klarsten in den Unterengadiner Dolomiten, die von SPITZ-DYHRENFURT (75) in ausgezeichneter Weise studiert wurden. Sie lehnen einen S—N-Schub ab und führen den Bauplan auf einen O—W-Schub zurück, der Faltenbogen schuf, die im N des Gebietes gegen NW, am W-Ende gegen W, im S gegen SW schauen. Von HEIM und STAUB wird der O—W-Schub abgelehnt, die Bogen als nicht vorhanden erklärt, und HEIM sagt, daß da, wo nach SPITZ-DYHRENFURT die Westspitze des Bogens liegt, nicht eine bogenförmig umbiegende Falte, sondern eine Teilungsregion eines Faltenbüschels vorhanden sei. Aber das Bestehen der gegen S überschlagenen Falten wird nicht geleugnet, HEIM bezeichnet sie als Rückfalten. Es besteht also ein Gegensatz in der Auslegung des Tatbestandes hinsichtlich der Faltungsrichtung. Noch in zweiter Hinsicht gibt es einen Gegensatz: die Schweizer verlegen die Engadiner Dolomiten unter die Silvretta und stellen sie zur Campodecke, SPITZ-DYHRENFURT aber deuten die Grenze der Dolomiten gegen die Silvretta als einen Bruch mit Absenkung der Dolomiten. Das stärkste, für die Auffassung der Schweizer sprechende Argument ist die Überlagerung der Dolomiten durch Deckschollen von Ötztalerkristallin (-oberostalpin) im Umbrailgebiet, am Lischanna, ferner das Fenster von Rojen unter den Ötztaler Alpen.

Bezüglich der O—W-Bewegungen sei noch angeführt, daß solche in den Allgäuer- und Lechtaler Alpen, im Rhätikon vorkommen, wie auch die helvetische Zone des Glarner Landes Schub aus SO zeigt (76). Auch die Richtung des Unterengadiner Fensters kann auf Schub aus SO zurückgeführt werden. Im zentralalpinen Gebiete zwischen den untersinkenden penninischen Decken und dem Westrande der Ötzmasse haben nach der Auffassung von SPITZ-DYHRENFURT die O—W-Bewegungen eine großartige Entfaltung in Bogenfaltenzügen (77, 78, 79, 80, 5, 27). Dazu gehören in einer nördlichen Reihe von Bogen jene der Engadiner Dolomiten und der Albulabogen (Ducanbogen, Plessurbogen), in einer südlichen Reihe die sich dachziegelartig übergreifenden unter- und mittelostalpinen Decken des Oberengadins. Dieselbe dachziegelartige Tektonik geht in den penninischen Decken bis zum Tessiner Massiv. Die Bogen von Graubünden stehen in Diskussion, ohne daß es dem nicht Lokalkundigen klar wäre, wo das größere Recht liegt. Es stehen sich zwei Ansichten gegenüber: auf der einen Seite werden die Querfalten, die in Graubünden nach STAUB ein

allgemein verbreitetes Phänomen sind, auf das Axialgefälle der Decken gegen Ö, auf der andern Seite auf einen O—W-Schub zurückgeführt. Von der erstgenannten Seite wird (81) auch auf die Deckenkulminationen hingewiesen; die Alpen werden weiter gegen N gerückt und stärker gebogen, das bewirkte Stauung und daher Quersfaltung, die gleichsam der Längszerreißung am Alpenrande entspricht.

Im übrigen hat ARBENZ (82) schon früher von einem gegen NW oder WNW gerichteten Bogen der ostalpinen Decken, unter welchem mit ONO—WNW-Streichen die penninischen Decken herauskommen, gesprochen. Der ostalpine Bogen wirkt sich noch in der helvetischen Zone aus.

Um wenigstens in dem Fall der Unterengadiner Dolomiten etwas klarer zu sehen, sei auf R. STAUBS Meinung über die tektonische Stellung dieser Gruppe und des Ortler eingegangen (27). Ortler, Engadiner und Bergüner Dolomiten liegen als trennendes Mesozoikum zwischen den kristallinen Massen der mittelostalpinen Campodecke und der oberostalpinen Silvrettadecke. Das Campokristallin und die Ortlertrias sind eine stratigraphische Einheit. Das Ortlermesozoikum wird von der Basis der Engadiner Dolomiten in der Umbraildecke überfahren (83), die eine Teildecke der Unterengadiner Dolomiten ist. HAMMER (83) hat den Nachweis erbracht, daß der Ortler eine gegen S offene Synklinale ist, und SPITZ hat ihn als einen Teil eines gegen S gefalteten Bogens angesehen. Dieser Bewegungssinn paßt nicht in den Vorstellungskreis der Deckentheorie und STAUB deutet die Lage als eine Rückfalte, die durch die Stauung der Campodecke an der Engadiner Kulmination entstanden sei. Nach dieser Auffassung ist die Umbraildecke nicht, wie SPITZ sagt, aus dem NO, sondern aus S als eine höhere Decke gekommen.

Nach STAUB ist die Ortlertrias in die Basis der Bergüner Stöcke und in das Oberhalbstein, vielleicht sogar in die Aroser Dolomiten zu verfolgen. Die Stirnfalte der Engadiner Dolomiten (Umbraildecke) schwenkt vom Unterengadin nach SW und hebt gegen W aus, ohne daß eine Fortsetzung zu erkennen wäre. Es endet die Umbraildecke also mit einer NO—SW streichenden Stirn. Daher schließt STAUB auf einen Schub aus SO. — Das ist ein wesentliches Zugeständnis an die ostalpinen Auffassungen.

In 23 schrieb HERITSCH: „Die Gegensätze in der Auffassung des Grenzgebietes von Ost- und Westalpen beginnen sich zu mildern“. In der Schweiz reift, wie es den Eindruck macht, langsam

die Erkenntnis, daß man mit dem S—N-Schub allein nicht das Auslangen finden kann. Nach STAUB kommt nun als Bezugsrichtung der Unterengadiner Dolomiten der SO in Betracht. Ich führe ihn wörtlich an: „Der Scheitel des Stirnbogens, sagen wir die Gegend des Piz Plavna-dadaint und Laschadurella, ist von SO über den Ortler gestoßen worden. Die Stirn des Münstertaler Kristallins verläuft sogar N—S; wir müssen daher annehmen, der ersten Schubphase, die die Stirn der Umbraildecke schuf und dieselbe in die Silvretta einbohrte, sei in einem späteren Stadium der Faltung ein weiterer Schub aus SO-Richtung von den Judikarien her gefolgt und habe die Stirn der Umbraildecke weiter sekundär zusammengestaut“. STAUB bringt diesen Schub aus SO in ursächlichen Zusammenhang mit dem gegen NW gerichteten Vorstoß der Dinariden, ein Gedanke, den schon AMPFERER-HAMMER (22) in der Form der Alpenknickung und HERITSCH (55) für die Erscheinungen am Westrand der Ostalpen in Betracht gezogen haben.

Die Verhältnisse am Westrande der Ostalpen sind noch strittig. Die Schweizer — allen voran HEIM und STAUB — fassen alle nicht in die Deckentheorie passenden Erscheinungen als eine Art von lokalen Ausnahmen, als Rückfaltungen auf — im Gegensatz zu vielen ostalpinen Geologen, die dem O—W-Schub eine beträchtliche Bedeutung zumessen, gleichsam im Ausbau der Ideen von ROTH-PLETZ, der eine bedeutende Verlagerung der Ostalpen auf die Westalpen nachzuweisen versuchte. Daß man aber mit dem reinen S—N-Schub nicht auskommt, geht aus R. STAUBS neuester Stellungnahme hervor. HEIM (5) erwähnt häufige Abweichungen im lokalen Streichen, die zur Annahme des O—W-Schubes geführt haben, die aber nicht Abweichungen in der ursächlichen Schubrichtung, sondern Unregelmäßigkeiten in der Reaktion einer nicht gleich zusammengesetzten und unregelmäßig gehemmten Erdrinde, z. T. Reste einer abweichend gerichteten älteren, nun in den Alpenbau hinein verschluckten Faltung seien.

Es stehen sich die zwei Auffassungen gegenüber. Ganz klar und eindeutig beweisbar ist keine. Es ist aber doch ein bedeutendes Zeichen, daß die Anhänger der Deckentheorie strengster Observanz wenigstens nicht absolut ablehnend einem von der S—N-Schubrichtung abweichenden Schub gegenüberstehen. So sagt KOBER (84), daß O—W-Bewegungen in Graubünden eine beträchtliche Rolle spielen, wie SPITZ hinsichtlich des Sassalbo und der Engadiner Dolomiten richtig erkannt hat. Ferner sagt KOBER:

„Wir glauben, daß in der Tat der Grenzregion von Ost- und Westalpen eine besondere Anlage zugrunde liegt, daß in dieser Region im allgemeinen der ostalpine Deckenkörper zurückweicht, daß in dieser Region der Ostalpenbogen hinter die helvetischen Massive zurückschwenkt, wie das schon ARGAND angenommen hat. Wir sehen in der Grenzregion der Ost- und Westalpen bis zu einem gewissen Grade die Stirnregion der ostalpinen Decke“.

Die rhätischen Bogen, die eine Art von Wiederaufleben der ROTHPLETZschen Vorstellungen über die O—W-Bewegung sind, lassen sich in eine größere Erscheinung einfügen. Diese Spuren einer O—W-Komponente der Bewegung finden im Grenzgebiete von Ost- und Westalpen ihren Ausdruck in einer Biegung des Alpenstranges, in der Alpenknickung, die in jeder geologischen Übersichtskarte klar hervortritt. Auffallend ist die Parallelität der Alpenknickung mit der Judikarienlinie (22) und den Umrissen der Südalpen in Südtirol. In den Bereich der Alpenknickung fällt der SO—NW-Schub, der sich im Unterengadiner Fenster zeigt, ferner gehören dazu die O—W-Bewegungen in Graubünden. Nach der Auffassung von AMPFERER hat die Alpenknickung ein bereits zur Kreidezeit gebildetes Gebirge ergriffen, es über ein z. T. mit Tertiär bedecktes Land hinausgedrängt. Die äußere Grenze der Alpenknickung ist der Ausstrich einer mächtigen, leicht geneigten Bewegungsfläche. Damit steht in Zusammenhang der Vorstoß der Südalpen längs der Judikarienlinie, die wohl eine Querstörung ist (55).

Das führt über zu den O—W-Bewegungen in den Ostalpen (S. 122), deren Spuren zutage treten: in den Kalkalpen vom Rhätikon bis zur Rax, in der Zentralzone von der Stubalpe bis zu den rhätischen Bogen, in den Südalpen von den Karawanken bis Südtirol. HERITSCH (23) hat sie zusammengestellt und konnte zeigen, daß ein förmliches Geflecht von O—W-Schüben von Weyer bis in die Südalpen zieht, wobei ein Teil dieser Störungen und auch die Bogenfalten von Weyer die Abbildung einer ganz alten Bogen-tektonik des Hochkristallins ist (117).

Silvretta, Ötztal, Adamello. Von der tektonischen Stellung der Silvretta war schon früher die Rede, ebenso daß am Südrand dieser oberostalpinen Decke in den Engadiner Dolomiten die Trias der Campodecke steil an den Fächer der Silvretta angrenzt.

Da Silvretta und Ötzmasse zusammenhängen (allerdings durch eine Schubfläche getrennt), so ergibt sich wenigstens für den W-Teil

der Ötzmasse die Wurzellosigkeit. Auf den Engadiner Dolomiten liegt eine ganze Schar von Deckschollen der Ötzmasse (S. 122) und an der Schlingüberschiebung treten die Öztaler als geschlossene Masse über die Engadiner Dolomiten, die unter der Ötzmasse nochmals im Fenster von Rojen auftauchen. Wenn man die Entfernung der äußersten Kappen der Deckschollen auf den Dolomiten bis zum Fenster von Rojen nimmt, so ergeben sich 30 km Schubweite. Das ist eine Überschiebung, an der niemand seit der Klarstellung der Verhältnisse durch HAMMER, SPITZ und DYHRENFURT zweifelt.

Das in O—W oder NO—SW gehende Streichen der Öztaler Alpen läßt auf Beanspruchungen in verschiedenen Richtungen schließen (60). Von Wichtigkeit ist die volle Parallele hinsichtlich der Kristallisation und der Intrusiva der Öztaler Alpen mit dem kristallinen Randgebirge der Grazer Bucht (85). Gewissermaßen ist auch der Bimsstein der Trachytbrekzie von Brixen (176) und von Köfels dem Basalt von St. Paul im Lavanttal zu vergleichen.

Große Schwierigkeiten bereitet der SO-Teil der Öztaler Gruppe. STAUB (27) hält die Laaser Marmore für paläozoische Marmore der Campodecke und stellt dazu die Marmore der Texelgruppe (worauf schon HAMMER, 87, im Jahre 1906 hingewiesen hat) und deren Fortsetzung bis Ratschinges und der Gilfenklamm, kurz jenes System der SO-Öztaler Alpen, das SANDER als Schneeberger Zug bezeichnet hat. Alles das hält STAUB für die Campodecke. Diese bildet nach ihm die Unterlage der Telfer Weißen und geht in das Kristallin der Maulser Gneise über. Nach STAUB mündet die Trias der Telfer Weißen in die Verrukanozüge zwischen Schlanders und Mals und wird von den Öztaler Alpen auf dieser ganzen Strecke überfahren.

Dieser Versuch STAUBS kommt ins Gedränge wegen des Schneeberger Zuges. Daß der Schneeberger Zug gleich der unteren Schieferhülle der Tauern ist, ist schon seit 40 Jahren bekannt, ebenso daß er gegen N unter die Öztaler Alpen einfällt. Die Verhältnisse hat SANDER (63, 88) dargestellt. Die untere Schieferhülle der Hohen Tauern sinkt unter den Kalkphyllit der oberen Schieferhülle im äußeren Pfitschtal endgültig gegen W unter. Dieser Kalkphyllit liegt an der Brennerlinie über den Maulser Gneisen. Gegen O aber liegt derselbe Kalkphyllit unter den Maulser Gneisen und bei Sterzing unter den Glimmerschiefern des Roßkopfes (-Ötzmasse). Über diesen Glimmerschiefern liegt nun die untere Schieferhülle (im stratigraphischen Sinne!) des

Schneeberger Zuges, wozu tektonisch die Trias der Gschleierwand, der Telfer Weißen und des Tribulaun gehören. Das Ganze taucht unter die Hauptmasse des Altkristallins der Ötztaler Alpen unter. Der Schneeberger Zug liegt also über einem tieferen Teil der Ötzmasse und taucht unter den Hauptteil derselben unter. Im S liegt der Schneeberger Zug auf Altkristallin, das unter sich die Fortsetzung der Hohen Tauern begräbt.

Der Schneeberger Zug ist nicht die Fortsetzung der Tauernschieferhülle im tektonischen Sinne, sondern eine sehr komplizierte Synklinale von hochkristallinen Tauerngesteinen im Altkristallin, isoklinal gegen SO umgelegt und, wie die Kristallisation zeigt, tiefentektonisch unter Belastung umgeformt.

Das Kristallin zwischen Ortler und Tonale stellt STAUB zu seiner Campodecke.

Von besonderem Interesse sind die Laaser Schichten, die von STAUB für paläozoisch, von anderen für mesozoisch gehalten werden. Es sind (87) Marmore und Glimmerschiefer mit Staurolithen.

Interessant sind in der Campodecke die Gesteinszüge un-mittelbar N vom Tonale: Phyllitgneise, quarzitisches Gesteine mit Marmoren (HAMMERS Pejoserie), von Pegmatit durchadert; aus dem syngenetischen Verbande mit den Phyllitgneisen und Pegmatiten schließt HAMMER auf ein höheres Alter der Marmore. Dagegen hält SALOMON die Gneis-Marmorserie, seine Tonaleschiefer, für eingebrochene oder eingefaltete metamorphe Trias. Nach SALOMON sind die Tonaleschiefer gleich der Zone von Ivrea, was schon ROLLE und DIENER vermutet haben. SALOMON bringt die Tonalemarmore mit dem Hauptdolomit von Musso zusammen, was nicht richtig ist (22).

Die Erörterung ist damit bis an die alpinodinarische Grenze herangerückt, denn TERMER hat SALOMONS Tonalelinie als diese Grenze angesprochen. Darauf wird später eingegangen werden.

Die Hohen Tauern. Sie nehmen eine Sonderstellung in den Ostalpen ein. Vor 25 Jahren zweifelte niemand daran, daß die Zentralgneise umgewandelte Intrusiva an Ort und Stelle seien, die noch in Intrusions- oder lakkolithischem Kontakt mit der Schieferhülle stehen, daß die Schieferung von Zentralgneis und Schieferhülle eine Druck- bzw. Intrusionserscheinung sei, für welche von BECKE und WEINSCHENK auf verschiedenem Wege eine Erklärung gesucht wurde. Die Zentralgneiskerne galten als wurzelecht, an

Verfrachtungen größeren Ausmaßes dachte niemand. Die Schieferhülle, deren Teilung in einen unteren relativ kalkarmen und einen oberen, aus Kalkglimmerschiefern bis Kalkphylliten (mit Grünschiefern) aufgebauten Teil man frühzeitig erkannte, galt als paläozoisch oder noch älter. Doch hat schon 1880 POSEPNY (89) eine gewaltige, von der Schieferhülle umflossene liegende Falte im Sonnblick-Hochnarrgebiete nachgewiesen und 1890 hat E. SUSS der Meinung Ausdruck gegeben, die Schieferhülle sei mesozoisch.

Die Übertragung der Deckentheorie auf die Ostalpen hat die Sachlage ganz geändert — TERMIER hat 1903 die Tauern als ein Fenster erklärt.

Bezüglich des Alters der Schieferhülle gibt es noch immer verschiedene Ansichten, denn die Altersbestimmung ist fast ganz auf Analogien angewiesen, bei denen besonders die Radstädter Tauern eine große Rolle spielen. KOBER hat früher zwischen Schieferhülle und Radstädter Mesozoikum die engsten Beziehungen angenommen (54), jetzt aber (84) legt er einen Deckenkontakt erster Ordnung dazwischen. — SANDER wies am Tauernwestende Grauwacken und Porphyroide nach und schloß aus deren Vergleich mit der Grauwackenzone auf ein paläozoisches Alter. In den mittleren und östlichen Tauern wurde aus denselben Verhältnissen auf die variszische Diskordanz geschlossen. — Die kalkigen Gesteine der unteren Schieferhülle (Hochstegenkalk-Tuxermarmor-Angertalmarmor) wurden für Trias oder noch höheres Mesozoikum (STEINMANN, 90, für Tithonkalk, mit dem er aber keine Ähnlichkeit hat) gehalten. HERITSCH beschrieb aus diesen Kalken von Veitlehen bei Mittersill einen Favosites (91). KOBER zieht in Betracht, daß es sich um einen eingefalteten Grauwackenkalk handelt. HERITSCH meint, man könnte in Betracht ziehen, ob das Vorkommen von Veitlehen nicht eine Fortsetzung der Rettensteinzone der Kitzbühler Alpen sei.

Die obere Schieferhülle gilt als mesozoisch, meist wird auf ein Alter einschließlich der Unterkreide geraten, weil die Tauern vorgosauisch von dem Ostalpinen überschoben worden seien. Nach STAUB, der einen Gedankengang von HERITSCH (92) aufgreift, ist das im Tertiär geschehen. KOBER (84) schränkt das Alter der oberen Schieferhülle auf Jura ein und SANDER vertritt seit langem die Ansicht von einem permo-karbonischen bis jurassischen Alter. Die Annahme des mesozoischen Alters beruht auf dem Vergleiche mit den Radstädter Tauern und dem Penninikum der Schweiz.

KOBER (93) hat im übrigen recht, wenn er sagt, das Alter der Schieferhülle sei gleichgültig, der Beweis, daß die Tauern ein Fenster seien, sei auf tektonischem Wege hinreichend erbracht. HERITSCH scheint es sicher zu sein, daß die Tauern ein gegen N gerichteter Bewegungshorizont seien, wofür in erster Linie SANDER gültige Nachweise erbracht hat.

Der Kontakt der Schieferhülle mit dem Zentralgneis ist ein mechanischer, wofür besonders SANDER am Tauernwestende schlüssige Beweise erbracht hat. Seither gilt das auch für das Tauernostende und für die Granitspitzgruppe (94). Die Einschaltungen der Zentralgneise in die untere Schieferhülle wurden früher auf intrusivem Wege gedeutet; SANDER erbrachte den Nachweis, daß es sich um tektonische Einschichtungen in s handelt. Aber nicht in allen Fällen! Unter dem Gewichte der von SANDER für das Tauernwestende nachgewiesenen mechanischen Kontakte zwischen Zentralgneis und Schieferhülle wurde jene Durchaderung an der Gneis-Schieferhüllengrenze, die man früher als Beweise für die Intrusion angesehen hat, am Tauernostende für mechanisch erklärt (95), Vor kurzem hat WINKLER (96), gestützt auf frühere Ausführungen von BECKE, im Sonnblick-Ankogelgebiete nachgewiesen, daß die Schieferhülle eine Dreigliederung hat: 1. unterste Schieferhülle — Glimmerschiefer und Paragneise (in denen HERITSCH-ANGEL, 97, Staurolith und Disthen, also Altkristallin vom Stil des Ostalpinen nachgewiesen haben), die immer mit dem Zentralgneis gehen und Reste von dessen ursprünglichen Dach sind; 2. untere Schieferhülle — Marmor, Quarzit, Geröllgneis, Grauwacken usw.; 3. obere Schieferhülle — Kalkglimmerschiefer. — Diese Benennung ergäbe eine neue Verwirrung in der Nomenklatur und es ist daher wohl dem Vorschlag STAUBS zuzustimmen, den Namen Schieferhülle fallen zu lassen.

Aus der Abtrennung einer untersten Schieferhülle von dem permokarbonischen Teil derselben ergibt sich die Möglichkeit, zwischen beide die variszische Diskordanz zu legen.

Die Tauern sind tiefentektonisch durchbewegt (63). Der Stil der Tauerntektonik ist penninisch, worüber so ziemlich alle Autoren einig sind — nur JENNY (1) findet ihn anders als im Penninischen.

Im Sinne der Deckentheorie werden die Tauern aufgefaßt als eine Reihe von gegen N getriebenen liegenden Falten, deren Kerne aus von Schieferhülle umhüllten Zentralgneisen bestehen.

SANDER vertritt schon seit langem eine andere Auffassung, die mechanisch viel wahrscheinlicher erscheint als jene mit den großen, aber doch eigentlich in ihrer Einfachheit nicht recht verständlichen Deckfalten. Besser als durch große Falten läßt sich die Tektonik erfassen als Teilbewegung zu dem Akte der Überschreitung auftauchender Gneisschwellen. UHLIG (98) suchte die Tektonik durch liegende Riesenfalten penninischen Stiles zu lösen; am Tauernwestende hat SANDER gezeigt, daß keine solchen existieren, sondern ein Bau von kleinen Falten besteht.

Es ist (60, 99, 100) [für die Deckentheorie in den Tauern eine Lebensfrage, ob die Schieferhülle im N der Zentralgneise nach unten offen ist oder nicht, d. h. ob der N von der Schieferhülle liegende Quarzphyllit schwimmt, ein schwebendes Vorland im Sinne

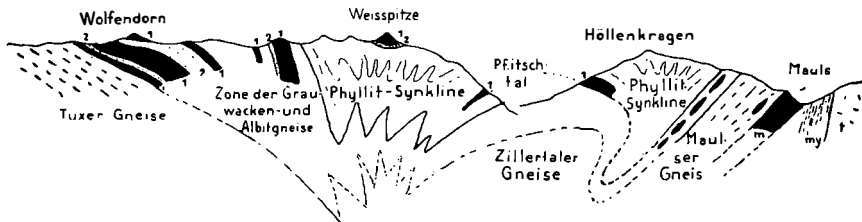


Fig. 9. Nach SANDER, D. 1911, Bd. 82.

1 = Marmor; 2 = Quarzit; m = Maulser Trias; my = Mylonit; t = Tonalitgneis.

von E. SUESS ist oder nicht. Für die Deckentheorie sprechen die gegen N überfalteten Gneisdeckfalten im Rücken der Tuxer Masse, also das Abgeben von Gneistauchdecken gegen N von den Zentralgneiskernen her, ferner das mehrmalige Übereinander von stratigraphisch Gleichem. Die gesamte Tektonik gibt aber nicht das Bild von großen liegenden Falten (63). Es gibt am Tauernwestende (60) kein reines Deckenland, sondern „gemischte Areale“, d. i. Teilwurzelland und Teildeckenland. SANDER stellt sich seine Entstehung in folgender Weise vor: Aus komplizierten Synklinen von unbestimmter Tiefe im S der heutigen Zentralgneise steigen gegen N gerichtete Falten. Sie legen sich, indem sie das vor ihnen befindliche stratigraphisch und faziell Äquivalente (die relativ autochthone Schieferhülle des Zentralgneises) tektonisch wiederholen und mit diesem relativ autochthon bleibenden Vorland verfallen sind, über dieses Vorland hinüber. Dieses Vorland (Gneis + Schieferhülle N der südlichsten Faltenursprünge) weist selbst wieder Synklinen auf, die Teildecken von S empfangen und solche

gegen N abgeben. Die südlichste Synkline wird von der Deckentheorie als Wurzel des gesamten Nördlichen angesehen. Mit Unrecht! Denn sie hat auch stratigraphisch äquivalente Ränder (siehe unten die Verhältnisse Pfunders—Mauls). Die Decken werden immer wieder neu aus den Synklinen ausgegeben. Daher hat man keine großen liegenden Falten, sondern einen Deckenbau aus lauter kleinen liegenden Falten und Decken. Dabei herrscht am Tauernwestende das Fallen der Achsen gegen W, so daß immer höhere Decken übereinander liegen.

Im folgenden wird noch erwähnt werden, daß die Matreier Zone (= Rensenzone SANDERS) für die Deckentheorie als Wurzelzone der Radstädter Decken gilt. SANDER (99, 100) hat gezeigt, daß sie aus unterer Schieferhülle besteht, die also der Grenze von Pfunderer Phylliten (Iepontin) und Maulser Gneisen (ostalpin) folgt. Das Pfunderer Gebirge ist eine Synklinale von unbestimmter Tiefe (gemischtes Areal) wie die Greiner Zunge zwischen Tuxer und Zillertaler Kern; es hat, da es auf dem Zillertaler Kern und den Maulser Gneisen liegt, in der unteren Schieferhülle stratigraphisch äquivalente Ränder. So ergibt sich also die Gliederung: Maulser Gneis—Synklinale der Pfunderer Berge (untere Schieferhülle)—Zillertaler Kern—Greiner Zunge (untere Schieferhülle)—Tuxer Kern—Schieferhülle N davon. Das Gebiet N des Tuxer Kerns ist also entweder reines Tauchdeckenland (also nach unten offen) oder synklinal geschlossen oder ein gemischtes Areal wie die Greiner Zunge. — Das ist die Hauptfrage der Deckentheorie: Ist das Gebirge N vom Tuxer Kern unten offen, d. h. reines Deckenland oder nicht. Eine sichere Entscheidung ist unmöglich.

Auf Details der Tauerntektonik, die zwischen STAUB und KOBER stark differieren, sowie auf mögliche Parallelisierungen mit den penninischen Decken wird nicht eingegangen.

KOBER hat, gestützt auf die Analyse SANDERS und vielfach zurückgreifend auf die Vorstellungen TERMIERS, am Tauernostende folgende tektonische Serien unterschieden (64): 1. Zentralgneis und Schieferhülle, 2. Radstädter Decken und ihre Äquivalente (Krimml, Tarntaler Köpfe), 3. ostalpiner Quarzphyllit mit dem Schwazer Augengneis als Kern der Decke, 4. Altkristallin der Ötzmase, 5. mesozoische Berge des Brenner (Tribulaun, Kalkkögel usw.), 6. Karbon des Steinacher Joches samt Zugehör (von FRECH, 101, als liegende Falte gedeutet, was wegen der vielen differentialen Bewegungsflächen nicht möglich ist).

Am Brenner taucht, wie schon TERMIER 1905 ausgeführt hat, die obere Schieferhülle unter das Ötztaler (Stubai) Kristallin, darauf liegt die Tribulauntrias, die, wie zuerst FRECH erkannt hat, vom Karbon des Nöblacher Joches überschoben wird.

Die Verhältnisse im Tarntal müssen kurz gestreift werden. Der oben unter 3. genannte Quarzphyllit ist nach STAUB die Silvrettadecke; über ihm liegt am Patscherkofel das Kristallin der Ötzmasse als Deckscholle. Z. T. unter, z. T. über dem Quarzphyllit liegen die unterostalpinen Schuppen der Tarntaler Köpfe, deren Stellung ohne Annahme einer Einwicklung in den Quarzphyllit nicht erklärt werden kann. Viel wichtiger ist das Liegende des Unterostalpinen (im Sinne von STAUB). Nachdem SANDER (102) den Vergleich der Tarntaler und Prättigauer Serie angebahnt und den Nachweis der Äquivalenz erbracht hatte (Tarntaler Brekzie = Tilisunabrekzie, vielleicht vergleichbar der nordalpinen Gosau), führt STAUB (27) aus, daß unter dem ostalpinen Tarntaler Mesozoikum und über dem Kalkphyllit der oberen Schieferhülle (Bündnerschiefer) echter Flysch (= Tarntaler Brekzie) liege, der dem Prättigauflysch direkt vergleichbar ist. Damit ist die Parallele zwischen Unterengadin, Prättigau und Tauern hergestellt, die früher bei der Besprechung der Bündnerschiefer erwähnt wurde.

Südlich von den Kernen der Zentralgneise sinkt die Schieferhülle gegen S ab. Ihre Südgrenze ist die sogenannte Matreier Zone. TERMIER und ihm folgend UHLIG, E. SUSS, KOBER haben sie als Wurzel der Radstädter Decken angesprochen. Nach der neuen Auffassung von KOBER (84) ist sie aber keine Wurzel im Sinne einer synklinalen Auspressung. KOBER sagt: „Man sieht nur, daß die Radstädter Decke hier vorhanden ist, daß sie aber nur in Linsen, Fetzen existiert, daß die ganze Zone als Einheit unter das Kristallin der Schober- und Polinikgruppe untertaucht, genau so wie die Schieferhülle hinabtaucht. Wir sind daher gezwungen anzunehmen, daß die eigentliche Wurzelzone der Radstädter Decken noch viel tiefer im Süden liegt, tief unter dem ostalpinen Kristallin, vielleicht in der Nähe des Drauzuges.“ Damit ist ein Streitobjekt beseitigt, denn viele ostalpine Geologen haben der Matreier Zone nicht die Eigenschaft einer Wurzelzone zugebilligt.

STAUB (27) dagegen findet in der Matreier Zone keine typischen unterostalpinen, sondern nur penninische Gesteine. Er betrachtet daher diese Zone nicht als Wurzel der Radstädter Decken, sondern als höchstes, ungemein hergenommenes penninisches Glied

(= Schamser Decken und Plattadecke der Ostschweiz); er findet sie wieder an der Basis der Tarntaler Köpfe, südlich des Salzachtales (in KOBERS Anthaupten- und Bernkogelserie) und in der Speiereckzone bei Mauterndorf. Die Matreier Zone ummantelt daher die Tauern.

Hier sei angeführt, daß die Anschauungen STAUBS der Wahrheit viel näher stehen wie die Auffassung der Matreier Zone als Wurzel der Radstädter Decken; denn wenn man Tarntal = Radstädter Tauern setzt, dann gilt für die Radstädter Tauern auch der Vergleich SANDERS, der das Mesozoikum des Tarntals mit Mauls parallelisiert, worauf STAUB Aufteilung der Wurzeln basiert.

Die Radstädter Tauern (Trias und Jura) liegen im NO der Hohen Tauern auf der Schieferhülle. Ihre Erforschungsgeschichte in den letzten 20 Jahren ist wegen der innigen Verbindung von Stratigraphie und Tektonik sehr belehrend. FRECH (103) hat seinerzeit eine Triasfolge vom Buntsandstein bis zum Rhät aufgestellt. UHLIG (98, 104) hat die Stratigraphie tektonisch umgewertet; er spricht die Rauchwacken an der Basis des Mesozoikums für mylonitischen Jurakalk an und kennt nur ladinische Dolomite, rhätisch-liassische Pyritschiefer und Jurakalke. TERMIER (105) hat aufmerksam gemacht, daß die Rauchwacken in den ganzen Alpen ein stratigraphischer Horizont seien. SPITZ (106) kehrt wieder zur Triasfolge zurück und vergleicht sie mit dem Unterengadin. KOBER, der lange UHLIGS Stratigraphie verteidigt hat, folgt jetzt im wesentlichen der Auffassung einer Triasfolge und einer Vertretung von Lias und höherem Jura, ebenso W. SCHMIDT (107).

Die stratigraphische Auffassung UHLIGS hängt mit seiner tektonischen zusammen, nach der der Grundzug der Radstädter Tektonik liegende Falten sehr großen Ausmaßes, penninischen Stiles, seien, deren Kerne aus Triasdolomit, deren hangende Glieder der z. T. mylonitisierte Jurakalk sei. Daher mußte, weil das Radstädter Mesozoikum von den Schiefen der Schladminger Masse überlagert wird, die Tektonik durch eine große Einwicklung gelöst werden (aber auf UHLIGS gleichzeitig erschienenen Profil durch die Alpen, 16, erscheint die Stirn der Radstädter Decke nicht von der Schladminger Masse umhüllt). Die Einwicklung vertrat auch KOBER derart, daß die Radstädter Decke von der ostalpinen Schladminger Masse zuerst überschoben wurde und mit dieser gegen N gewandert sei, wobei die Einwicklung eintrat. Demgegenüber ergaben die Studien SCHMIDTS (107) den Bestand von lauter kleinen Schuppen

im Baustil der Nördlichen Kalkalpen und auch das allgemeine Untertauchen unter die Schladminger Masse scheint nicht vorhanden zu sein, ebenso fehlt die Einheit der Bewegung, da Schubrichtungen gegen NW und W erkannt sind.

KOBER verlegte (54) zwischen Radstädter Mesozoikum und den mit der Schladminger Masse zusammenhängenden Quarzit die große Schubfläche zwischen Ostalpin und Lepontin; SANDER aber zeigte am Tauernwestende die enge Verbindung von Quarzit, Kalk und Dolomit.

In der Auffassung von KOBER ist das Radstädter Mesozoikum, das in eine Reihe von Deckfalten zerfällt, eine Art von Liegend-schenkel des Schladminger Massivs, wobei die Radstädter Quarzitschieferzone eine eingefaltete Grauwackenzone ist; KOBER hat also die frühere Auffassung der großen Schubfläche aufgegeben und an deren Stelle erscheint die normale Verbindung des Mesozoikums mit der Schladminger Masse. Aus Karte und Profilen SCHMIDTS aber ergibt sich, daß nur ein Teil der Radstädter Tauern unter dem Schladminger Massiv bzw. unter den damit verbundenen Phylliten (TRAUTHS, 183, Radstädter Quarzphyllit—Quarzitgruppe) liegt. Aus KOBERS Auffassung ergibt sich, daß er die Schladminger Masse für unterostalpin halten muß, weil die Radstädter Tauern unterostalpin sind. STAUB (27) aber zieht in betracht, ob nicht im „Verrukano“ (d. i. in den Quarziten) an der Basis des Radstädter Mesozoikums (der in überstürzter Lagerung an das Schladminger Massiv grenzt) Malm oder Kreide vorliegt; er schließt daher auf einen anomalen Kontakt zwischen Radstädter Tauern und Schladminger Masse, die allerdings mit der Radstädter Trias verfaultet und in sie eingewickelt ist. Nach STAUB ist das Schladminger Massiv = der Silvrettadecke oberostalpin, während das Radstädter Mesozoikum Campodecke bzw. unterostalpin ist.

Zwischen der Radstädter Decke und der Schieferhülle und dann weiter im Salzachtal über der Schieferhülle liegt die Klammdecke, deren bedeutendstes Glied die Klammkalke sind (so genannt, weil die Lichtensteinklamm, Gasteinerklamm usw. in ihnen liegt); sie werden für Mesozoikum gehalten, TRAUTH und WINKLER (96) heben seine Ähnlichkeit mit den paläozoischen Kalken der Grauwackenzone hervor. STAUB stellt die Klammdecke in das Unterostalpin und vermutet, daß der Klammkalk der Sulzfluhkalk der Klippendecke sei. HERITSCH meint, daß dazu der früher erwähnte Kalk von Veitlehen gehört und daß es sich vielleicht um die Fort-

setzung der paläozoischen Kalke des Rettensteins handeln kann. Jedenfalls ist, wie aus TRAUTHS neuester Darstellung hervorgeht (183), die Stellung der Klammserie immer noch fraglich — paläozoisch oder mesozoisch.

Der Versuch, das Tauernfenster gegen O über Tamsweg hinaus zu verlängern, hat eine Zurückweisung erfahren (108). Wenn dort von Deckenbau gesprochen werden kann, so kann es sich nur um eine Aufschiebung der Glimmerschiefer der Bundschuhmasse auf die Schladminger Masse handeln.

Früher wurde KOBERS Deckengliederung am Tauernwestende und die Stellung des Tarntaler Mesozoikums als Radstädter Decke angeführt. Das Mesozoikum des Tribulaun liegt auf den Ötztaler Schiefern, während es nach der Deckentheorie in der Fassung von UHLIG und E. SUESS unter ihnen liegen sollte. Nach HEIM (5) ist der Tribulaun ein unter das ostalpine Ötztaler Kristallin eingewickelter Mittelostalpin. Es war ein großer Fehler in den Versuchen der Deckensystematik, daß Tribulaun und Tarntaler zusammengeworfen wurden und daß die Stellung des Tribulaun über den Ötztalern als ein Hinübertreten des Lepontin über das Ostalpin (TERMIER und E. SUESS) oder als Einwicklung (KOBES) aufgefaßt wurde. Mit Recht wurde von den ostalpinen Geologen auf die Unhaltbarkeit dieses Deckengebäudes hingewiesen, was auch STAUB anerkennt. Nach der Auffassung von STAUB gehört der Tribulaun nicht zum Fenster der Tauern, was eigentlich schon immer klar gewesen ist, weil das Tribulaunmesozoikum gegen N in die dem Karwendel nicht fernstehende Trias der Kalkkögel übergeht. Nach STAUB steigt die Trias des Tribulaun über jene der Telfer Weißen (S. 127) in die Luft (die Telfer Weißen liegt unter dem Hauptteil der Ötzmasse) und stratigraphisch normal auf der Ötzmasse. Der Tribulaun ist also oberostalpin. Die Triasserie ist am Tribulaun marmorisiert, in den Kalkkögeln dagegen nicht. Die Marmorisierung erklärt STAUB durch die Überschiebung mit der Nöblacher Decke, welche die höchste alpine Decke ist. Da ist Vorsicht am Platz, denn ganz allgemein am Tauernwestende, vielleicht überhaupt in den ganzen Tauern, ferner in den Radstädter Tauern und auch noch östlicher nimmt die Metamorphose gegen S zu. Die Nöblacher Decke hat große Ähnlichkeit mit der Stangalpe hinsichtlich des Karbons, der Phyllite, der Magnesite (109).

Die Tribulauntrias liegt auf der Ötzmasse. Diese keilt gegen O aus, so daß sie nicht direkt über den Hohen Tauern gelegen

sein kann — ein Gedanke, den schon E. SUESS (15) erwogen hat, der am Brenner von einem Ostende des schwebenden Vorlandes der Tauern spricht.

Die Trias der Telfer Weißen setzt, wie schon früher (S. 127) erwähnt wurde, nach STAUB (27) in den Ortler fort; das wäre also Campodecke. Als Wurzel kommt für sie die Trias von Mauls in Betracht. Allerdings hat SANDER immer Mauls mit dem Tarntal verglichen. Aus Sprechenstein (Rensenzone SANDERS = Matreier Zone im allgemeinen), der berühmten Wurzel TERMIERS, leitet STAUB die Tarntaler ab. Nach ihm fällt die Trias der Telfer Weißen unter die Ötzmasse ein und wird selbst am Roßkopf von Altkristallin der Ötztaler überschoben. Diese Auffassung steht in direktem Gegensatz zu SANDERS Profil (63) und Karten (88). Mit der Auffassung STAUBS von der Zugehörigkeit des gesamten Kristallins unter der Telfer Weißen bis zum Brixner Granit zur Campodecke stehen verschiedene Feststellungen in größtem Gegensatz: 1. das Vorhandensein der unteren Schieferhülle im Schneeberger Zug, die als paläozoisch und Äquivalente der Laaserschichten gedeutet werden mußte, was wieder für die untere Schieferhülle der Tauern denselben Schluß nach sich zöge; 2. die komplexe Zusammensetzung dieses Kristallins, in dem SANDER seine Laaserserie nachgewiesen hat; die geologische Zusammensetzung des Kristallins S des Schneeberger Zuges ist durchaus nicht einfach, sonderñ darin hat man nach SANDER nahe dem Brixner Granit einen Zug der Laaserserie, mit dem sich jede ernst zu nehmende Synthese auseinandersetzen muß, weil die Laaser Gesteine wieder in der Silvrettadecke (bei Kappl, Stirnfalte der Silvrettadecke?) erscheinen. Diese Laaserschichten, die S des Schneeberger Zuges einen Teil des Maulsergneisuzuges (nach STAUB = Wurzel der Campodecke) bilden, lassen sich in der Laasergruppe selbst verfolgen; es erhält dieser Laaserzug O von Meran immer mehr den Charakter einer Wurzel, da hier die Dinariden stark gegen N vorstoßen — d. s. also Scheinwurzeln! Sie können nicht die Wurzel der oberostalpinen Decke sein, noch weniger sind sie die der Campodecke, weil sie auf den oberostalpinen Ötztaler Schiefern des Matscherkammes liegen. — Etwas unklar ist noch das Verhältnis der Laaserschichten zum Schneeberger Zug; HAMMER (174) spricht von beiden als verwandt und davon, daß die Laaserschichten gegen O immer mehr ihren Staurolith verlieren; SANDER stellte fest, daß die Tauernkristallisation die für die Laaser-, Maulser-, Ötztaler- und Pflerscher-

schiefer charakteristische Mineralkombination Cyanit—Staurolith auslöscht oder Mischtypen bildet. — 3. Mit dem Schneeberger Zug ist nach SANDER Roßkopf und Tribulaun zu vereinigen — STAUB legt einen Deckenkontakt durch.

Alle diese Überlegungen machen den Lösungsversuch STAUBS unwahrscheinlich — überdies ist jetzt wohl noch wenigstens in den Ostalpen die Hauptaufgabe, die Serien auseinander zu klauben, ohne große Tektonik.

Ostalpin und Lepontin. In den ersten Fassungen der Ostalpensynthesen durch UHLIG und E. SUESS werden die Hohen Tauern als Lepontin (= penninisch; in den Ostalpen hat sich die neutrale Bezeichnung zentralalpin eingebürgert) dem ostalpinen Gebirge gegenübergestellt. Eine klare Fassung der beiden Begriffe gibt KOBER (54):

Ostalpin — mächtige kristalline Schiefer als Unterlage, reiches Paläozoikum, gurchgehend entwickelte Schichtfolge des Mesozoikums, alpiner Charakter der Schichten, Oberkreidetransgression.

Lepontin — Granitmassive, Paläozoikum arm, Mesozoikum lückenhaft, Unvollständigkeit der Schichtfolge (dazu Bündner- und Engadinerschiefern Tauernhülle, Radstädter Tauern).

Es liegen also auf die Fazies begründete Definitionen vor. Nach TERMIER (105) ist die richtige Definition von Lepontinisch: jene Decken, die zwischen Helvetisch und Ostalpin liegen.

Gegen die Trennungsmöglichkeit von Ostalpin und Lepontin hat SANDER viele Bedenken geäußert, von denen einige angeführt werden: die Innsbrucker Quarzphyllite führen viele Typen der Schieferhülle; die Schiefer und Kalke von Murau (sowie die erwähnten Quarzphyllite ostalpin) sind gleich der unteren Schieferhülle; im Hochkristallin der ostalpinen Decke erscheinen auch viele Typen der Schieferhülle.

Bei KOBER (54) ist der größte Teil des Kristallins der Ostalpen ostalpin, bei MOHR (110) lepontinisch. Bei KOBER ist das Wechselgebirge 1912 ostalpin gewesen, MOHR hält es für lepontinisch und denkt an die Tauernhülle — mit Recht, denn die Übereinstimmung in vielen Gesteinen ist sehr groß. Der Schule UHLIGs galt der Quarzit als lepontinisch, was aufgegeben werden mußte, weil SANDER ihn in derselben Stellung in Ostalpin und Lepontin nachgewiesen hatte. Die sogenannte Wurzel bei Mauls ist bei UHLIG ostalpin, bei SANDER aber gleich dem Tarntal (also

damals lepontinisch). Ostalpinen (Mauls, Ortler, Lischanna) und lepontinisches Mesozoikum stehen nach SANDER nebeneinander.

Zum Unterscheiden von Ostalpin und Lepontin legt STEINMANN besonderen Wert auf die Trias und kommt zum Schluß, daß, weil das Lepontinische nur eine schwach entwickelte Trias hat, der Hochstegenkalk nicht Trias sein kann (90); er schließt auf tithonisches Alter (Klippendecke) — mit Unrecht, denn der Sulzfluhkalk der Klippendecke und der Hochstegenkalk haben keine Ähnlichkeit.

W. SCHMIDT (111) faßt Hohe Tauern und Grauwackenzone als Einheit zusammen, läßt also den Gegensatz von Ostalpin und Lepontin fallen.

Sind die Hohen Tauern ein Fenster? Diese Frage ist nicht identisch mit jener, ob die Nördlichen Kalkalpen die Tauern als Decke überschritten haben. Die Tauern haben Tiefentektonik — wo ist die Belastung dazu? Vielleicht lag sie in einer Anschoppung der Schieferhülle selbst (23). Aus der Zunahme der Kristallisation gegen S schließt SANDER (112), daß der Bewegungshorizont gegen S absteigt oder, was dasselbe ist, die Belastung gegen S zunimmt. Jedenfalls zeigen die Tauern wie die penninische Zone eine Tektonik unter großer Belastung; daher hat der Schluß auf ein Übersteigen durch die ostalpine Masse von vornherein eine gewisse Berechtigung. Aus dem Einfallen der Schieferhülle und der Radstädter Decken unter das Gebirge im O, N und meist auch im S hat TERMIER 1903 auf ein Fenster geschlossen. Das Tauernwestende ist lange wegen der Parallele Tarntal—Tribulaun unklar geblieben. Wenn man die Gliederung STAUBS annimmt, so wird man in den Tauern wohl ein Fenster sehen müssen.

Der Bestand des Tauernfensters ist oft behauptet, oft aber auch geleugnet worden. W. SCHMIDT (111) geht von der Vorstellung aus, daß man aus der Grauwackenzone ohne Unterbrechung in das Tauernfenster gelangen kann, und schließt, daß die Tauern wie die Grauwackenzone ein ursprünglich höheres Stockwerk gegenüber den Muralpen, die Tauern aber jetzt eine tiefliegende Scholle der Muralpen seien, auf denen sich die Gesteine von alpiner Tracht, Grauwackenzone und Schieferhülle, gesammelt haben; er macht daher die Parallele Zentralgneis—Grobgneis der östlichen Zentralalpen und meint, daß das Tauernfenster gleichsam ein Sofa mit Rücken- und Armlehne sei, bestehend aus einem Untergrund von Muralpen (siehe später) und einer Füllung mit Semmering (Rad-

städter)- und Grauwackendecken, wobei von S, O und W Schübe gegen das Gebiet gegangen seien; die Ränder der Tauern sind nach dieser Auffassung verschieden, was im groß-geologischen Kartenbild bestätigt ist, das im S der Tauern Altkristallin, im N Grauwackengesteine zeigt.

SANDER (60) hat sich gegen SCHMIDTS Auffassung ausgesprochen, denn die Tauern sind am Westende keine auf Altkristallin (Muralpen) schwimmende Decke, wohl aber ein Bewegungshorizont, aus dem sich Granite emporwölben (Granite des Altkristallins?).

Auch KOSSMAT (113, 69) hat die Tauern nicht als Fenster, sondern als Nische aufgefaßt. Die Grauwackenzone bietet den Tauern gegenüber ein Bild wie der Südalpenrand gegenüber der oberitalienischen Ebene (Fig. 10). Die Tauern faßt KOSSMAT als eine axiale Region und wurzeleht auf. Gegen die Tauern gehen die Überschiebungen von N her: Radstädter Tauern, darauf die Grauwackenzone und die Kalkalpen, die nach Art einer Pilzfalte auch gegen N überschoben sind. Gegen die Tauern richtet sich von S her die Überschiebung des Kristallins und des Drauzuges, der eine große Synklinale ist; daran schließen sich die Südüberschiebungen der Südalpen. Das Ganze sind epiadriatische Bewegungen.

In den Tauern erkennt KOSSMAT dinarische Einflüsse in der NW—SO verlaufenden Grenze von Tauern und Altkristallin im unteren Mölltal; d. i. ein Ablenker, der sich in die Südalpen verfolgen läßt und mit einer Störungszone im Drautal unter Spittal zusammenfällt. MOHR (114) dagegen hält das NW-Streichen für eine alte Anlage im Hochkristallin und das dinarische Streichen für eine kongruente, aufgepropte Tektonik.

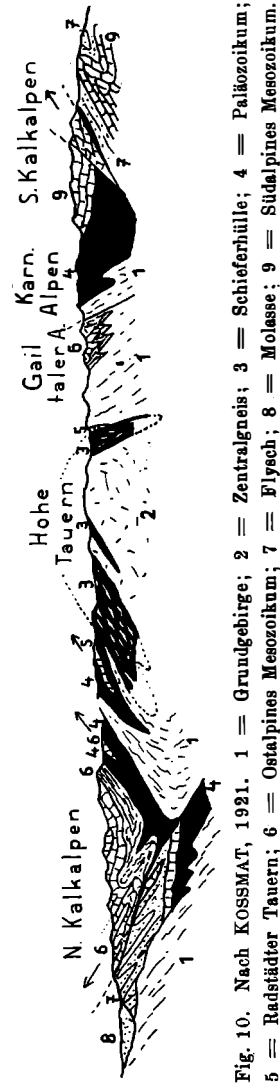


Fig. 10. Nach KOSSMAT, 1921. 1 = Grundgebirge; 2 = Zentralgneis; 3 = Schieferhülle; 4 = Paläozoikum; 5 = Radstädter Tauern; 6 = Ostalpin Mesozoikum; 7 = Flysch; 8 = Molasse; 9 = Südalpin Mesozoikum.

Sicher ist es, daß, wenn auch die Beweise für die Fenster-
natur der Tauern sich mehren, die tektonische Stellung der Tauern
nicht so klar liegt wie beim Unterengadiner Fenster.

Wann wurden die Tauern vom Ostalpin überschoben?
Die Antwort hängt vielfach davon ab, ob Tauern- und Unter-
engadiner Fenster gleichzustellen sind, d. h. ob die Bündnerschiefer
eine direkte Fortsetzung unter der Ötzmasse in die Tauernschiefer-
hülle haben. Die Gleichstellung ist nicht absolut sicher (115), denn
es gibt manche Unterschiede. Beim Unterengadiner Fenster herrscht
scharfe Scheidung von überschiebendem und überschobenem Gebirge,
großer Gegensatz von Rahmen und Fenster, geringe Metamorphose
der obersten Bündnerschiefer. Das Tauernfenster ist in viel größerer
Tiefe entstanden und ist ein Überfaltungsfenster. Das NO-Streichen
des Unterengadiner Fensters zeigt vielleicht an, daß die Zone in
dieser Richtung gegen den Alpenrand zieht (55).

Wenn man den Inhalt beider Fenster für gleich hält, so
ergibt sich die Übertragung der Schlüsse von dem einen auf das
andere. Im Unterengadiner Fenster liegt noch Kreide und Tertiär,
daher kann der Aufschub des Ostalpinen nicht vorgosauisch sein.

KOBER (54) hielt die Überschiebung des Ostalpinen auf das
Lepontin (-Tauern) für vorgosauisch wegen der Nagelfluhbildung
(kalkalpine Gerölle im Oberoligozän der Molasse), wegen der engen
Verbindung von Kalkalpen und Flysch (was heute kein Beweis
mehr ist), wegen des Alters der Schieferhülle, die er allerdings
ohne Beweis für Trias—Unterkreide (warum nicht auch für Ober-
kreide?) hält, wegen des Eozäns auf der Norischen Linie. —
Zweifellos lag ein Konflikt der Auffassungen vor. Der Bestand
der lepontinischen Decken ist besser zu erklären durch eine nach-
gosauische Überschiebung, die Position von Kalkalpen und Flysch
war, so lange man den Flysch für eine helvetische Decke hielt,
besser zu erklären durch eine vorgosauische Bewegung der Kalk-
alpen über die Tauern. Daraus haben ostalpine Geologen Schlüsse
gegen die Richtigkeit der Deckenlehre gezogen (55).

SANDER (60) hat die großen Gebirgsbewegungen am Tauern-
westende in die Zeit vor der Gosau gelegt und zwei Phasen unter-
schieden: 1. Granitisation und Tauernkristallisation, Teildecken-
bildung; die Reihe Gneis—Quarzphyllit—Paläozoikum—Mesozoikum
ist bereits in tektonische Serien gebracht; 2. Verfaltung der Serien
erster Phase und Diaphthorese tauernkristalliner Gesteine; die

Ötztaler Alpen übersteigen gegen N den Quarzphyllit und die Grauwackenzone und gehen dabei im wesentlichen W der Tauern vorbei, Gneis und Schieferhülle treten an den Quarzphyllit heran. Quarzphyllit und Kalkalpen lagen nach der ersten Phase N von den Tauern, in der zweiten Phase rückte das Mesozoikum der Stubai (Tribulaun—Kalkkögel) den Kalkalpen bis auf Inntalbreite nahe. Das Alter dieser Schübe leitet SANDER aus den Geröllen der kalkalpinen Gosau ab. Dagegen meint STAUB, daß die Penniniden tertiäre Tektonik haben.

W. SCHMIDT (116) verlangt auch Zweiphasigkeit für die Tauern, verlegt aber beide Phasen in das Tertiär. In der ersten oder Tauernphase fehlen noch die Ötztaler Alpen, das Etschbuchtgebirge mit den Dolomiten, es besteht nur das große Fenster Engadin—Tauern. Die Muralpen sind autochthon und es wäre möglich, daß sich die penninische Synklinale schon bei Spittal gegen NO wendet. In der zweiten oder Jungphase, die selbst wieder in die Ötztaler und die insubrische Phase zerfällt, drängen die Dinariden von S heran, aber mit zu tiefem Ansatz, so daß es nicht mehr zu einem Überwältigen der Alpen kommt. Die Dinaridenscholle bohrt ihren Kopf in die Ostalpen ein, wobei (55) die Judikarienlinie eine große Blattverschiebung ist. Vor dem Kopf der Dinariden liegt die Ötztaler Masse, die Platz machen muß. Auch die Muralpen bewegen sich und begraben das Tauernfenster unter sich.

SANDER (60) stellt sich vor, daß die Ötztaler Einheit entgegen dem Uhrzeiger eine schwenkende Bewegung macht, deren Drehungspunkt etwa bei Schlinig—Jaggl lag. Die Ötzmasse steht als tektonische Einheit zweiter Phase der in der ersten Phase N vom Kalkphyllitstreifen Engadin—Tauern befindlichen Einheit Silvretta—Innsbrucker Quarzphyllit gegenüber. Damit würden z. B. die Deckengrenzen in der Westhälfte der Kalkalpen stimmen und auch ein Zusammenhang mit der Alpenknickung bestehen; es fragt sich, wieviel von den O—W-Schüben auf diese Beanspruchung zu setzen ist. — Das Unterengadiner Fenster ist dann ein Scherenfenster, d. i. ein Fenster mit mehr als einer Decke Inhalt im überschiebenden Bestande.

Nach SANDERS (60) wichtiger Feststellung ist S des Brixener Quarzphyllites die Anlage Gneis—Quarzphyllit und die Kristallisation vorpermisch. In den Tauern ist aber noch Jura mitgefaltet. Die Trias der Südtiroler Dolomiten liegt ohne der Unterlage

korrelierte Tektonik auf den Brixener Quarzphylliten. Das ist der Unterschied von dinarischer und alpiner Tektonik.

Das Gebirge im S der Tauern, aus meist steil gestellten Serien von Altkristallin bestehend, galt bisher im Sinn der Deckentheorie als Wurzel der oberostalpinen Decke. Das Kristallin ist durch den Triaszug von Villgratten (Kalksteiner Trias, von KOBER für eine Mischung ostalpiner und lepontinischer Merkmale gehalten) in zwei Züge getrennt. STAUB zieht die Trias von Villgratten mit jener von Mauls zusammen — die letztere galt in den Synthesen von E. SUESS, UHLIG, KOBER als Wurzel der N Kalkalpen.

Das Kristallin S der Trias von Villgratten—Mauls steht in normalem Verband mit dem Verrukano—Triasgebirge der Lienzer und Gailtaler Alpen und hängt mit dem oberostalpinen Kristallin der Muralpen zusammen.

Den N vom Villgrattener Zug liegenden kristallinen Zug betrachtet STAUB als grisonid: alte Gneise, hochkristalline Schiefer mit Sillimanit und Staurolith, Marmor, Amphibolit, Pegmatit, intrusive Stöcke von tonalitischem und granodioritischem Charakter. Das ist nach STAUB die Zone von Ivrea. Ist das die Fortsetzung der Laaser Schichten?

Das grisonide Kristallin bleibt als Deckenkern S der Tauern, übersteigt diese also nicht. STAUB (27) trägt so den tatsächlichen Verhältnissen Rechnung, denn die Gegner der Deckentheorie haben immer eingewendet, das Gebirge im S und N der Tauern sei nicht gleich.

Das Gebirge im N der Tauern besteht aus Phylliten, die z. T. als Grauwackenzone bezeichnet werden. Darin steckt als Muster eines Diaphthorites der Schwazer Augengneis, der etwa mit den Seckauer Tauern zu parallelisieren ist. Im Gebiete von Kitzbühel ist eine ausgezeichnete Silur—Devonserie vorhanden, deren Ähnlichkeit mit den karnischen Alpen noch größer ist als es die Angaben von OHNESORGE erwarten lassen. — Bemerkenswert ist die über den Pinzgauer Phyllit des oberen Salzachgebietes (Wildenkogel) überfaltete Untere Schieferhülle; sie sollte nach der Deckentheorie unter den Pinzgauer Phylliten liegen.

Die Phyllitzone im N der Tauern, die gegen O und W weiterstreicht, wird von KOBER (84) als unterostalpin, von STAUB als oberostalpin betrachtet, weil sie mit der Silvrettadecke verbunden ist. Der eigentlichen Grauwackenzone, die ein höheres Stockwerk

der phyllitischen Zone und selbst wieder durch Schubflächen gegliedert ist, fehlt eine kristalline Basis (84). Auch W. SCHMIDT (111) legt zwischen die Seckauer Granit—Gneismasse und die Grauwackenzone eine trennende Schubfläche. Dagegen läßt STAUB (27) die Seckauer Masse und Grauwackenzone primär verbunden sein, was auch HERITSCH (117) für das Richtige hält. Von wesentlicher Bedeutung ist die Feststellung TRAUTHS (183), daß die mit dem Schladminger Massiv eng verknüpfte Radstädter Quarzphyllit—Quarzitgruppe, welche im Taurachtal das Radstädter Mesozoikum überschiebt, allmählich in die Grauwackenzone übergeht. Auffallend ist es, daß die Gesteine der Grauwackenzone (Pinzgauer Phyllit usw.) zwischen Saalach und Salzachdurchbruch gegen die Schubfläche schief austreichen, mit der sie auf dem System Klammkalk—Radstädter Mesozoikum liegen. Der von TRAUTH vorgeschlagenen Einstellung der Pinzgauer Phyllite in das Silur kann HERITSCH nicht ganz beistimmen, denn das alpine Silur sieht ganz anders aus und in den Pinzgauer Phylliten kommen auch Gesteine vor, welche im Semmeringgebiete sicher älter als Silur sind (die konglomeratischen Phyllitgesteine, die gleich sind der sogenannten Silberberggrauwacke des Semmering).

W. SCHMIDT (111) unterscheidet in den östlichen Zentralalpen zwei große Stockwerke: 1. die Muralpen mit präkristalliner Tracht, d. i. Altkristallin mit vorkristalliner Tektonik, nicht wesentlich mehr bei der Alpenfaltung bewegt; 2. das Stockwerk Grobgneis—Semmeringmesozoikum—Grauwackenzone mit alpiner Durchbewegung, die das Aussehen der Gesteine bedingt; in diesem Stockwerk liegt unter der Grauwackenzone eine Schubfläche. Zur Grobgneisserie rechnet SCHMIDT einen großen Teil der Phyllite (Grobgneismylonite), was bereits MOHR (110) erwogen hat, während HERITSCH (117, 23) sich dagegen wendet.

Nach SCHMIDT liegt die Grobgneisserie über den Muralpen, womit auch die Semmeringdecken (= Radstädter Tauern) über die Muralpen gelegt sind. STAUB aber verlegt die Grobgneisserie unter die Muralpen und parallelisiert sie, die Schladminger Masse, die Ennstaler und Pinzgauer Phyllite mit der Silvrettadecke, während er die Muralpen mit der Ötzmasse zusammenbringt. — Gegen alle diese Deckengliederungen steht die Feststellung (117), daß die Seckauer Tauern—Bösensteinmasse (= Grobgneisserie SCHMIDT = Silvrettadecke STAUB) mit den Muralpen NW der Bösensteingruppe untrennbar verbunden ist.

Während STAUB in den **Zentralalpen O der Katschberglinie**, die TERMIER zuerst in ihrer Bedeutung als Überschiebung des ostalpinen Gebirges über die Tauern erkannt hat, mit Ausnahme der Seckauer und Schladminger Masse und der Grauwackenphyllite alles Hochkristalline der Ötzmasse parallelisiert, hat KOBER (84) einen anderen Gliederungsversuch unternommen: Schladminger Masse und Bösenstein nennt er unterostalpin, was wegen der Verbindung derselben mit der Silvrettedecke nicht geht (KOBER kommt zu dieser Vorstellung, da er die unterostalpinen Radstädter Tauern für untrennbar mit der Schladminger Masse verknüpft hält). Mittelostalpin (Campodecke) nennt er die Granatenglimmerschiefer des oberen Murtales, die Glein- und Koralpe usw. In das Oberostalpin stellt er die Bundschuhgneise, was nicht angeht, weil diese untrennbar mit seinen mittelostalpinen Granatenglimmerschiefern verbunden sind.

Bemerkenswert ist es, daß die Intrusivmassen der Schladminger Tauern zentralgneisartigen Habitus haben (170) — nebenbei bemerkt, auch die Ammeringorthogneise im Stubalpengebiete zeigen z. T. denselben Charakter.

Einen Deckenbau im Simplonstil im Gebirge O der Katschberglinie nachzuweisen, ist das heiße Bemühen einiger Deckentheoretiker gewesen. Dem steht gegenüber die Arbeit einer Reihe von ostalpinen Geologen, hier eine Masse mit alter Tektonik nachzuweisen. Tatsächlich konnte eine direkte Beziehung zur böhmischen Masse im Vergleich der Gesteine und Gesteinsserien, im Streichen, besonders im Randgebirge der Grazer Bucht nachgewiesen werden (23, 118). Von den Mürztaler Grobgneisen über den Granit des L. VON BUCH-Denkmales im Pechgraben geht ein Weg abnehmender Durchbewegung zu den böhmischen Graniten.

SCHWINNER (119) unterscheidet, wie HERITSCH im Grazer Randgebirge, in den Niederen Tauern eine vorsilurische Faltung, durch welche an die bereits bestehenden Großfalten der Massive die Serien der Brettsteinzüge (= Laaserserie) angeschlossen werden; die Massive (Orte mit Hebungstendenz) werden vergrößert, die Geosynklinalen dazwischen verkleinert. Die alten Massive (118) bedingen den Verlauf der Serien der kristallinen Gesteine. Daß überhaupt im Gebirge O vom Katschberg ein alter Bauplan vorhanden ist, wird erschlossen aus der Lagerung der Trias am Krappfeld, am Bacher, aus dem Streichen des Kristallins, das mit der südböhmischen Masse übereinstimmt.

Sehr deutlich hebt sich in den östlichen Zentralalpen das NW—SO-Streichen heraus (z. B. von den Niederen Tauern über die Seetaler Alpen und die Koralpe bis zum Bacher). Aus diesem Bogen zweigt der NO-streichende Bogen der Gleinalpe ab. HERITSCH hält diese Bogenanlage für alt und glaubt, daß diese alte Anlage des Streichens sowohl im Streichen der variszischen Alpen (Züge des Silur—Devons bei Eisenerz z. B.) als auch in Bauzügen der jungen Alpen wiederkehren — so in den Bogenfalten von Weyer, in der O—W-Bewegungszone Obdacher Sattel—Lavanttal (23). MOHR (121) ist dagegen der Meinung, daß der NO streichende Teil des Kristallins eine jugendliche Überwältigung desselben bei der Alpenfaltung sei, ein Einschwenken in die karpathische Streichrichtung, welche ja auch das Mürztal beherrscht. — Im Grazer Paläozoikum und im oststeirischen Kristallin ist der Kampf der alten Streichrichtung mit der jungen alpin—karpathischen Richtung zu sehen in der oft stattfindenden Überwältigung des ersteren durch das letztere. Am klarsten sind die von MOHR geschilderten Verhältnisse im Wechsel—Semmeringgebiete, wo das alte NW bis NNW gerichtete Streichen des Wechsels von den karpathisch streichenden Linien des Semmering überquert wird.

Der Vergleich der alpinen Gesteine mit jenen der böhmischen Masse stellt in einigen Gebieten die Beziehungen klar (z. B. Koralpe). Aber im allgemeinen gilt es auch hier, daß das Hauptmerkmal der alpinen kristallinen Schiefer die rückschreitende Metamorphose ist (121); das zeitliche Nacheinander verschiedener Höfe der Metamorphose und deren Interferenz scheidet die alpinen kristallinen Schiefer von jenen der Vorlandsmassive.

Das Gebirge O vom Katschberg ist im großen und ganzen lange vor der vorgosauischen Gebirgsbildung fertig gewesen. Es sind da noch Reste der variszischen Alpen vorhanden und SCHWINNER (121) meint, daß da nicht Decken oder Wurzeln sein können. Auch im Gebirge S der Tauern gibt es variszisch (NW) streichendes Kristallin (114). Wie MOHR auseinandergesetzt hat, herrscht S der Linie Edlitz im Pittental—Aspang—Trattenbach—Rettenegg—Fischbach—Peggau—Salla—Obdach das alte NW-Streichen, N davon gibt die karpathische Richtung den Ton an. Es liegt da ein alter Bau vor, der durch spätere Bewegungen wenig verletzt ist. MOHR schlägt vor, von einem tauriskischen Gebirge zu sprechen.

Von O gegen die Katschberglinie nimmt zweifellos die Diaphthorese zu, geradeso wie sich deutliche Spuren einer gegen W

oder NW gerichteten Bewegung zeigen. Im ganzen ist dieses kristalline Gebirge ein Block, der durch eine Bewegungsfläche oder ein Netz von solchen vom Untergrund losgelöst ist und als geschlossene Masse den jungen Bewegungen nachgegeben hat, was aus den gesamten Bewegungen des Alpenkörpers geschlossen wird.

Während die Nappisten strengster Observanz die Gedankengänge der Geologen, die in den östlichsten Zentralalpen arbeiteten, ohne weiteres ablehnen, kommt STAUB (27) der Wahrheit zweifellos nahe, wenn er schreibt: „Ein Schuppenbau im Muralpenkristallin ist zweifellos vorhanden; doch handelt es sich hier nicht um verschiedene Decken unter-, mittel- und oberostalpiner Provenienz, sondern um Teilschuppen einer großen Einheit der Muralpen“. Es ist also das kristalline Gebirge O vom Katschberg der Rückenschilde der oberostalpinen Decke.

Auf dem Kristallin des Bundschuhgebietes liegt Trias (in der Stellung = dem Tribulaun) und diese Trias, die früher als Karbon galt, wird vom Karbon der Stangalpe überschoben — es kann daher nicht, wie es z. B. HERITSCH tat (55), das Stangalpengebiet als variszischer Horst angesehen werden. Zu dieser Schubmasse, der höchsten im Alpengebiet, gehören nach STAUB die Serien der Muraumulde, das Grazer Paläozoikum und die Nöblacher Decke. STAUB faßt das Ganze als Reste einer Decke dinarischer Herkunft auf und nennt es steirische Decke. Sie stammt nach STAUB aus den karnischen Alpen. HERITSCH hat dagegen manche Bedenken: in erster Linie ist die Karbonfazies der Stangalpe nicht jene der Karnischen Alpen (Fehlen der Fusulinenkalke, der Trogkofelkalke, der Bellerophonstufe); ferner ist die Devonfazies der Karnischen Alpen abweichend von der bei Graz (z. B. Diabase). Das macht gegen die Herkunft aus den Karnischen Alpen bedenklich, um so mehr, als auch zwischen dem Neumarkter Sattel und der Stangalpe allzu große Lücken in der Kenntnis des Gebirges klaffen.

Noch eine Schwierigkeit ergibt sich aus STAUBS Auffassung. Wenn die Murauerkalke eine Schubmasse aus den Dinariden sind, dann muß auch die Trias des Bundschuhgebietes daher stammen, denn unter ihr liegt als basale Serie Murauer Paläozoikum, wie aus einer demnächst erscheinenden Arbeit von THURNER hervorgehen wird. STAUB aber stellt diese Trias jener des Tribulaun gleich (= oberostalpin).

Einen großen Vorzug hat die Auffassung STAUBS — sie schafft wieder eine Unmöglichkeit der früheren Annahmen über den Deckenbau weg; denn MOHR, KOBER, ferner auch von anderen Gesichtspunkten ausgehend W. SCHMIDT haben das Paläozoikum von Graz als Gegenflügel der nordalpinen Grauwackenzone, die ein Gebiet größter Durchbewegung ist, angesehen. HERITSCH hat dagegen oft opponiert. STAUB verbindet die Grauwackenzone mit der Silvrettadecke, dagegen schwimmt das Grazer Paläozoikum auf den Muralpen. Es galt bisher als wurzelecht, als abgelagert auf dem Kristallin der Muralpen. Sichere Beweise, daß an seiner Basis ein Bewegungshorizont liegt, erbrachte HERITSCH (23), nachdem er es sich schon früher (122) als durch eine tiefgreifende tektonische Kluft vom kristallinen Untergrund gelöst gedacht hat. HERITSCH hält diese Bewegungsbahn für eine lokale, während STAUB in ihr die Schubbahn der steirischen Decke sieht.

Das Paläozoikum von Graz hat mancherlei Rätsel in sich geborgen, nicht nur in stratigraphischer, sondern auch in tektonischer Hinsicht. So wurde z. B. der Schöckelkalk in das Silur eingestellt, wobei seine Fazies gar nicht mit dem alpinen Silur übereinstimmt; ferner waren die Phyllitkomplexe zwischen dem Schöckelkalk und dem sicheren Devon (Semriacher Schiefer pr. p.) eine Sonderfrage, wie überhaupt die Stellung der Schöckelkalke zu den sogenannten Semriacher Schiefeln trotz neuer Arbeiten ein wunder Punkt der Grazer Geologie war (185). SCHWINNER (184) löst die Frage auf tektonischem Wege, indem er folgende tektonische Einheiten übereinander erkennt: kristallines Grundgebirge, Schöckelkalkdecke, Decke der Taschenschiefer (= Semriacher Schiefer pr. p.), Rannachdecke (= sicheres, fossilführendes Devon). Die Taschenschiefer, die früher mit den Schiefeln unter dem Schöckelkalk (Semriacher Schiefer pr. p.) zusammengeworfen worden waren, erkennt er, nachdem HERITSCH den Namen Semriacher Schiefer aufgegeben und für ein kleines Gebiet mit der Bezeichnung Schiefer über dem Schöckelkalk von den eigentlichen Semriacher Schiefeln (= Schiefer unter dem Schöckelkalk) festgelegt hatte, als Schubdecke über dem Schöckelkalk, womit die bisherigen stratigraphischen Schwierigkeiten beseitigt sind. Den Schöckelkalk bezeichnet SCHWINNER als metamorphes Devon; er wäre daher zu parallelisieren jenen durchbewegten Devonkalken, die in den Karnischen Alpen eine untere Schuppe unter dem Devon des Kellerwand—Paldevons sind. Die Schubrichtung der Decken geht bei Graz von S gegen N, die Zeit der

Schiebung verlegt SCHWINNER in den Zeitabschnitt zwischen Clymenienkalk und Oberkarbon. Wie sich diese Sache weiter lösen wird, ist noch nicht zu sagen.

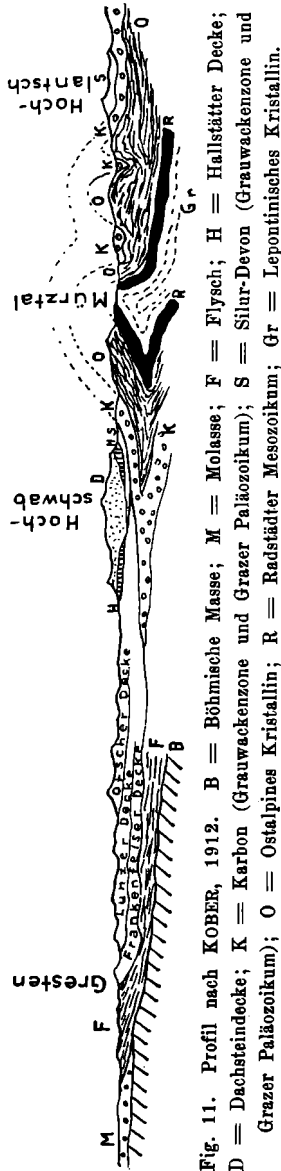


Fig. 11. Profil nach KÖBER, 1912. B = Böhmische Masse; M = Molasse; F = Flysch; H = Hallstätter Decke; D = Dachsteindecke; K = Karbon (Grauwackenzone und Grazer Paläozoikum); S = Silur-Devon (Grauwackenzone und Grazer Paläozoikum); O = Ostalpinisches Mesozoikum; R = Radstädter Mesozoikum; Gr = Lepontinisches Kristallin.

Im sogenannten Semmeringfenster liegen drei Schubmassen übereinander, deren Kerne aus Kristalline (vielfach Grobgnais, d. i. porphyrischer Granitgnais), deren Hülle zentralalpines Mesozoikum (= Radstädter Tauern) sind (110). Unter diesen Decken taucht die sogenannte Wechselserie heraus, die man früher für Karbon hielt (weil fälschlicherweise aus diesen Gesteinen Karbonpflanzen namhaft gemacht worden waren). Aus dem angeblichen Karbon schloß KÖBER (54), daß die Wechseldecke = der Grauwackenzone sei, und daher hat er Wechsel- und Semmeringdecken als Einwicklung (Fig. 11) aufgefaßt (der Gedankengang war 1912: unter den Semmeringdecken soll leponisches Gebirge liegen und man findet ostalpinisches); davon ist KÖBER (84) abgekommen, denn er betrachtet jetzt die Wechseldecke als ein tieferes System unter den Semmeringdecken. Wenn die Wechseldecke ostalpin wäre, so müßte sie von der Kernserie, der Trägerin des Semmeringmesozoikums, überall getrennt sein; im SO aber verfließen beide Serien (123).

Die Semmeringgesteine tauchen im N unter die Grauwackengesteine. Sonst aber ist manches recht fraglich, so z. B. die Parallele der Decken auf beiden Seiten des Semmering, besonders aber die Frage, ob das Semmeringfenster wirklich, wie es die Deckentheorie annimmt, bei Bruck—Kapfenberg endet oder ob die

Semmeringgesteine nicht in einen Teil der Grauwackenzone weiterstreichen (117). Es sind noch so viele Frage offen, daß beim

besten Willen nicht mit Sicherheit auf die Fensternatur des Semmeringfensters geschlossen werden kann. Hier sei nochmals vermerkt, daß W. SCHMIDT die Semmeringgesteine nicht unter die Muralpen, sondern über sie verlegt, sie also nicht unter den Zug des Rennfeldes — Seckauer Tauern, sondern über diese stellt; in dieser Auffassung gibt es kein Semmeringfenster. Das stärkste Argument dafür liegt in dem doch sehr wahrscheinlichen Weiterstreichen der Semmeringgesteine wenigstens bis in den Meridian von Leoben. In einer Arbeit (Denkschriften der Wiener Akademie, Bd. 101, 1927) bereinigt HERITSCH einen Teil der Schwierigkeiten durch den Nachweis der fensterartigen Lagerung der Quarzite und Triaskalke bei Fischbach, die von der Pretuldecke überfahren werden, die selbst wieder unter ostalpines Kristallin taucht.

Im Jahre 1906 hat UHLIG (181) auf die Beziehungen des Semmeringmesozoikums zu den Radstädter Tauern einerseits, zur hochtatratischen Serie der Karpathen andererseits hingewiesen, und KOBER (54) hat 1912 vom karpathischen Charakter des Wechsel-Semmeringgebietes gesprochen. Später hat er (84) das Wechsel-Semmeringgebiet als hochtatratisch bezeichnet. Welche neue Wendung in der Sache eingetreten ist, wird später bei der Erörterung der Autochthonie der östlichen Zentralalpen erwähnt werden (S. 173).

Auf eine wichtige Sache hat MOHR verwiesen. Die Wechselserie, die viele Analogien zur unteren Schieferhülle der Tauern hat, hat kein alpines, sondern NNW—NW-Streichen, was MOHR den Gedanken nahegelegt hat, es könne sich um die Fortsetzung der moravischen Zone des Waldviertels handeln (123), ein Schluß, der durch MOHR'S Untersuchung der kristallinen Scholle von Vöstenhof (124) bestärkt wird, in der er einen Vorposten der böhmischen Masse sieht.

Es wurde bereits und wird noch erwähnt, daß die variszische Diskordanz im Helvetikum, Penninikum und im Ostalpinen mehr oder weniger klar hervortritt. Es ist nun ein wichtiger Fortschritt, daß Metamorphose und Gebirgsbildungsphasen beiläufig gliederbar sind. Man erhält (85, 121, 125) das in der Tabelle S. 150 wiedergegebene Bild.

Dabei ist die Annahme MOHR'S unterlegt, daß Metamorphose, Gebirgsbildung und grobklastische Sedimentation parallel laufende Prozesse seien. Strittig ist z. T. nur die Frage, welche Tiefenstufen den verschiedenen Metamorphosen zuzuordnen sind.

Ötztaler Alpen nach HAMMER	Stubalpe nach HERITSCH	Förderung von klastischem Material und Metamorphose bei MOHR
präkristalline Bewegungsphase, Intrusion von Granit	präkristalline Bewegungsphase, Gleinalpenkristallisation, Intrusion von Granit, vor-silurisch	Silbersberggrauwacke
vorpermische Bewegungsphase	Ammeringkristallisation, Diaphthorese	karbonische Gebirgsbildung u. Metamorphose vor Verrukano, klastische Sedimente
Durchbewegung vor der Gosau, Albitisation, Tauernkristallisation, Winnebachgranit	Katakklase, postkristalline Pressung, granitische Förderung	vorgosauische Gebirgsbildung, Metamorphose voreozän, Tonalitstöcke, Klastische Sedimente

Mit Verweisung auf frühere Auseinandersetzungen sei nochmals auf die Frage ober- und unterostalpin im Sinne KOBERS (54) eingegangen (Fig. 11). Am Semmering und N davon hat man nachstehende Deckenfolge:

1. zentralalpines Mesozoikum (= Radstädter Tauern), früher lepontinisch, jetzt grisonid;
2. Karbon, Silbersberggrauwacke, Verrukano, Werfener und Rauchwacke — das Ganze als Vertretung der voralpinen Decke KOBERS (= unterostalpin KOBER 1912 = oberostalpin KOBER 1923);
3. hochostalpine Decke KOBERS 1923 = oberostalpin 1912;
- Silur—Devon + Hallstätter- und Dachsteinfazies;
4. Reste einer Ultradecke (126).

KOBER hat 1912 die Gliederung in unter- und oberostalpin auf die ganzen Alpen übertragen und stellt zu den unterostalpinen Decken (1912!) das ganze Kristallin der Zentralalpen und die Grauwackenzone außer Silur—Devon; dagegen verbindet er die oberostalpine Decke (1912!) mit diesem Silur—Devon. HERITSCH, der 1907 die Aufschiebung des Silur—Devon auf die übrige Grauwackenzone bekannt gemacht hatte (KOBERS spätere norische Linie), hat verschiedene Einwendungen gemacht, so die Verbindung der oberostalpinen Decke mit Schubschollen von Grauwackenkarbon statt mit Silur—Devon usw. (23).

Das romanische Deckengebirge oder die Préalpes romandes.

BERTRAND (1884) und SCHARDT (1890) waren die ersten, die er-

kannten, daß über dem helvetischen Gebirge zu beiden Seiten des Rhonetales wurzellose Schubmassen ein ganzes Gebirge zusammensetzen, daß also große Gebirgsmassen die Stellung der Klippen haben. Von der Arve bis zur Aar ist das romanische Deckengebirge eine große zusammenhängende Schubmasse zwischen den helvetischen Hochalpen und dem Molasseland, jenseits der Aar gibt es in derselben tektonischen Stellung nur mehr Klippen. Der Bau des romanischen Deckengebirges ist ungemein verwickelt und läßt sich, nachdem SCHARDT schon die Zusammensetzung in zwei Schubkörper erkannt hatte, in drei Decken auflösen: Klippen-, Brekzien-, Simmendecke.

Der Name Klippendecke wird in zweierlei Sinn gebraucht: als Bezeichnung für die unter der Brekziendecke liegende Decke und als Klippendecken, d. i. als die Zusammenfassung der drei oben genannten Decken. Der Name Rhätische Decke ist aufzulassen, weil er wegen der oftmaligen Verwendung des Namens Rhätisch in der alpinen Nomenklatur Verwirrung anrichtet.

Die drei Decken des romanischen Deckengebirges wurden, nachdem E. SUËSS den Namen lepontinisch aufgebracht hatte, unter diesem Namen zusammengefaßt, weil man ihre Wurzel in dem als lepontinisch bezeichneten Bündnerschiefergebiet (penninische Decken) suchte. Jetzt werden die drei Decken in das ostalpine System gestellt.

Die tektonische Auffassung der romanischen Voralpen hat gewechselt. Sie galten natürlich lange als autochthon. Als ihre Wurzellosigkeit erkannt worden war, dachte man zuerst an ihre Herkunft aus N, indem man sie aus dem sagenhaften vindelizischen Gebirge ableitete. Dann aber drang die Meinung ihrer südlichen Herkunft durch. Heute steht es, wenn auch mancherlei Divergenzen in den Auffassungen vorhanden sind (5, 27), fest, daß die Decken der romanischen Voralpen unterostalpinen Herkunft sind. Das zeigt ihre Fazies und die Lagerung über dem Niesenflysch.

STAUB parallelisiert: Falknisdecke (in der Westschweiz nicht handen) = Errdecke, Sulzfluhdecke des Rhätikons = Mythenklippe = Klippendecke der romanischen Voralpen, Brekziendecke der Voralpen = Aroser Schuppenzone von Graubünden; Klippen- und Brekziendecke stammen aus der Bernina; Simmendecke = Campodecke oder Silvrettadecke; die ophiolithischen Eruptiva der Simmendecke sind verschürfte Reste der Plattadecke.

Unter der Klippendecke des romanischen Deckengebirges liegt der Flysch der Niesendecke, der der Stirnteil der Dent blanche-Decke ist und vom Thunersee bis zum Rhonetal eine zusammenhängende Gebirgskette bildet.

Unter der Niesendecke und über der helvetischen Wildhorndecke liegt die Schubmasse der sogenannten Sattelzone (zone des cols), die selbst wieder aus vier verschuppten, verfalteten und verkneteten Schubdecken aufgebaut ist; dabei ist diese Deckengruppe bis auf 10 km Weite um die Stirn der Wildhorn- und Diableretsdecke eingewickelt — das war die erste Einwicklung, die aus den Alpen beschrieben wurde (17).

Die romanischen Voralpen sieht STAUB als Beweis dafür an, daß die Ostalpen einst bis Frankreich die Westalpen überdeckt haben. Dann wären die Schweizer Alpen ein Halbfenster unter den Ostalpen.

Die Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen. Wenn auch in diesen Auseinandersetzungen jeder Hinweis auf petrotektonische Verhältnisse sorgfältig vermieden wird, so möge doch auf den großen Unterschied zentralalpiner und kalkalpiner Tektonik, auf das Gegenüberstehen von brechender und fließender Tektonik, von Oberflächen- und Tiefentektonik verwiesen werden (43, 23).

Charakteristisch und bezeichnend für die großtektonische Stellung der Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen ist die Position des Rhätikons. RICHTHOFEN (6) hat 1859 erkannt, daß er über Flysch liegt (S. 79). Das fast atektonische Zeitalter österreichischer Geologie hat es verhindert, daß diese Erkenntnisse weiter ausgebaut wurden. Erst die Arbeiten STEINMANNS (13, 14) haben einen großen Fortschritt gebracht durch die Erkenntnis der sogenannten Aufbruchzone mit der vindelizischen Fazies.

Die vindelizische Fazies, d. i. die jetzige Falknis-, Sulzfluh- und rhätische Decke, wurde von STEINMANN gleichsam als Vermittlung von der helvetischen zur ostalpinen Fazies aufgefaßt. In neuerer Zeit wurde dieser Gedanke wieder aufgegriffen (23).

Durch STEINMANN kam die Erkenntnis, daß die ostalpine Trias des Rhätikons von einer Schuppenzone unterlagert werde, die STEINMANN und SEIDLITZ in Decken auflösten und in der Form von Klippen- oder Sulzfluhdecke, Brekziendecke und rhätischer Decke (d. i. das lepontinische Deckentrio) mit den Préalpes parallelisierten. Sie liegen dem penninischen Prättigauflysch auf.

Diese Decken der sogenannten Aufbruchszone des Rhätikons und ihre Fortsetzung gegen S unter der Silvretta entsprechen recht wenig dem Begriff Decke, wenn man diesen etwa an der Glarnerdecke als Vergleichsmaßstab aufstellen sollte. Vielfach sind diese Decken überhaupt nur ein Durcheinander von Schubschollen, so bei Tilisuna, wo sie eigentlich die Struktur eines in s durchbewegten Mylonites mit z. T. riesigen Komponenten haben. Daraus erklärt sich die Meinung von SPITZ und HERITSCH, daß es überhaupt nur eine Mischung von Bündner- und ostalpinen Elementen sei. Für Decken erschienen diese Schubkörper zu wenig mächtig. Die Meinung, die in diesen Schubfetzen Decken sieht, rechnet mit der Silvretta als *traineau écraseur*. Auch auf die Möglichkeit, der Sulzfluhkalk sei ein oberostalpinen Glied, wurde verwiesen. Erwähnt sei noch die Anschauung KOBERS (54), daß die Klippendecke des Rhätikons = der Radstädter Decke sei und daß die ophiolithischen Eruptiva der oberostalpinen Decke angehören.

Nach der Auffassung der Schweizer liegen über dem Prättigau-flysch die drei unterostalpinen Decken (Falknis-, Sulzfluhdecke, Aroser Schuppenzone) und darüber die gewaltige Silvrettadecke mit der Trias des Rhätikons. Diese oberostalpine Decke greift nach der Auffassung HEIMS (5), indem der penninische Prättigau-flysch unter dem Rhätikon über den helvetischen Flysch überschoben ist und die unterostalpinen Decken zu Schubfetzen ausgewalzt werden, gegen N vor, das Penninikum bleibt zurück bis auf Abfallstaub und Hobelspäne und am Nordrand des Rhätikons liegt die oberostalpine Decke direkt auf dem helvetischen Flysch. Besonders interessant sind die Konglomerate und Brekzien z. B. im Malm der Falknisdecke, die mitten im ostalpinen Sedimentationsraum auftreten. TRÜMPY (127) hat, da normaler Flußtransport, Treibeis, eine nahe Steilküste ausgeschlossen sind, auf einen submarinen Geantiklinalrücken geschlossen mit mehrmaligem Wechsel seiner Höhe, der im Auftauchen zerstört, nach Abtrag oder Untersinken wieder pelagisch überdeckt wurde. Das ist der rumunische Rücken KOCKELS (S. 110), von dem wohl auch die Gosauexotika z. T. abzuleiten sind.

Der Versuch, in den Nördlichen Kalkalpen eine durchgehende Deckengliederung nachzuweisen, wurde zuerst von HAUG (128) gemacht, der vier durch Fazies voneinander verschiedene Decken aufgestellt hat, über die folgende Tabelle kurz berichtet:

Bayrische Decke	Salzdecke	Hallstätter Decke	Dachsteindecke
untere Kreide Aptychenkalk			
Fleckenmergel des Lias Adnetherkalk	Mergel		Hierlatzkalk
Kössener Schichten	mergelig. Rhät		
Hauptdolomit und Plattenkalk	Zlambachschichten	Hallstätterkalk	Hochgebirgskorallen- kalk u. Dachsteinkalk
Lunzer oder Carditaschichten			Carditaschichten
Partnachschiefer oder Wettersteinkalk	Schreieralmkalk	Dolomit	Ramsadulomit
Virgloriakalk oder Guttensteinerkalk			
Buntsandstein	Werfenerschichten und Haselgebirge		

Bezüglich der Deckengliederung der Nördlichen Kalkalpen sei auf S. 120 verwiesen. Das HAUGSche Deckenschema — wir wollen auf die ganz unmögliche Salzdecke verzichten — ist ganz auf den Faziesverschiedenheiten aufgebaut, also auf der Vorstellung, daß die Fazies in der Reihe von der bayrischen zur Dachsteindecke von N nach S im Sedimentationsraum angeordnet waren und dann übereinandergeschoben wurden, so daß die Dachsteindecke die höchste ist. Mit Recht hat UHLIG (16) darauf hingewiesen, daß die Deckenfolge HAUGS unbefriedigend ist, weil sie die doch nahe verwandte bayrische und die Dachsteindecke auseinandergerissen hat.

Gegen die Faziesdecken wurden viele und sehr berechtigte Einwürfe gemacht. So hat z. B. SPITZ (129) nachgewiesen, daß die Grenze von Hauptdolomit- und Dachsteinfazies die tektonischen Grenzen überschreitet. Dasselbe gilt für die Ötscherdecke KOBERS. Im Salzkammergut und in Salzburg—Berchtesgaden haben die tirolische und die Reiteralmdecke dieselbe Fazies — beide sind im faziellen Sinne Dachsteindecke. In der Kammerkargruppe hat man den direkten Faziesübergang von der bayrischen in die Dachsteinfazies in einer geschlossenen und einfach gebauten Einheit. In der Warscheneckgruppe ist der Übergang von Hauptdolomit in

Dachsteinkalk im Streichen zu sehen. Und schließlich zeigt sich, daß bei der Einschätzung der Fazies oft eine Überschätzung eintritt, denn der fazielle Gegensatz von der Gamsfeldecke (Dachsteinfazies und hochtirolische Einheit) zu der Osterhorngruppe (bayrische Fazies und tieftirolische Einheit) ist eigentlich ganz gering, obwohl die beiden auf HAUGS bayrische und Dachsteindecke aufzuteilen sind. — Einander grell gegenüberstehende Fazies gehen auf kurze Strecken ineinander über, z. B. Aflenzer und Riffazies im Hochschwab (130). SPENGLER (131) weist im Salzkammergut Übergänge von voralpinem, hochalpinem und Hallstättertypus nach; es ist unmöglich, für das ganze Mesozoikum gültige Faziesbezirke aufzustellen.

Aus diesen Gründen ist der überwiegende Teil der ostalpinen Geologen zur Ansicht gelangt, daß man eine Decke in den Nördlichen Kalkalpen nicht durch die Fazies, sondern nur auf tektonische Weise definieren kann.

Für den östlichen Teil der Kalkalpen hat KOBER (132) die beiden großen Deckeneinheiten ober- und unterostalpin aufgestellt. Die obere soll mit dem Silur—Devon, die untere mit dem Karbon—Perm der Grauwackenzone verbunden sein (dazu 23; nach STAUB, 27, hat die bajuvarische Einheit eine Unterlage von Quarzphyllit, Karbon und Verrukano; das Silur—Devon gehört zur tirolischen Einheit). Die Trennung der beiden Einheiten geht nach KOBER bis in die Wurzel zurück. In die unterostalpine Deckengruppe (Tabelle S. 120) gehören in den östlichen Kalkalpen jene Decken, die KOBER als voralpine Decken zusammengefaßt hat: Frankenfesler-, Lunzer-, Ötscherdecke. Es kann nicht bezweifelt werden, daß diese voralpine Decke in den östlichsten Kalkalpen durch eine scharfe Schubfläche von der oberostalpinen oder hochalpinen Decke KOBERS getrennt ist. Diese höhere Einheit zerfällt in die eigentliche hochalpine (= Dachsteindecke HAUGS) und in die Hallstätterdecke (84). Aber nicht überall ist diese Gliederung durchführbar. AMPFERER (133) und SPENGLER (134) haben den Nachweis erbracht, daß sich die Gehäuseberge sowohl in die Ötscher- als auch in die hochalpine Decke verfolgen lassen. Und SPENGLER (134, 135) bewies, daß sich in der westlichen Hochschwabgruppe Ötscher- und hochalpine Decke vereinigen, während sie im Ostteil dieses Gebirges tektonisch voneinander getrennt sind. Das zeigt, daß die Trennung der Decken nicht bis in die von KOBER vermutete Wurzel zurückgeht, und diese Tatsache erhält eine besondere

Bedeutung, wenn man R. STAUBS Anschauung über die Herkunft der Nördlichen Kalkalpen in Betracht zieht.

Nahe dem Ostrand der Kalkalpen hat AMPFERER (126) den Nachweis erbracht, daß über der hochalpinen Schubmasse KOBERs noch eine Schubmasse in kleinen Resten liegt, deren Auffahrt vor der Gosau erfolgte. Im Gesäuse gibt es von derselben Decke Deckschollen (133) mit einer der Aflenzer Fazies nicht fernestehenden Schichtreihe, die von der Dachsteinfazies der Gesäuseberge so weit absteht, daß man sie nicht unmittelbar an den Südrand der Gesäuseberge anknüpfen kann. SPENGLER (135) weist eine größere Verbreitung dieser Ultradecke im Hochschwabgebiete nach.

KOBER (54, 132) hat 1912 als Hallstätterdecke alle Gesteinsserien bezeichnet, die über den voralpinen und unter der typischen hochalpinen Decke liegen und durch die Hallstätterkalke mit ihren charakteristischen Faunen ausgezeichnet sind. Dabei hatten er und HAUG die Meinung, daß hochalpin in diesem Sinn die Plateaus von der Rax und dem Schneeberg bis zum Steinernen Meer und den Steinbergen seien. Daß das nicht so ist, haben HAHN im Berchtesgadener Land und SPENGLER im Salzkammergut nachgewiesen.

Für den mittleren Teil der Nördlichen Kalkalpen hat HAHN (58) das Bestehen von drei großen Deckeneinheiten nachgewiesen: bajuvarisch, tirolisch, juvavisch. Zwischen Kufstein und dem Sengsengebirge stößt die tirolische Schubmasse in einem großen Bogen gegen N vor, wobei an den beiden genannten Enden des Bogens die Überschiebung sehr gering ist oder fehlt, während im Scheitel des Bogens die Förderungsanlage 20 km beträgt; eine solche Erscheinung wurde ein aufgehängter Überschiebungsbogen genannt (136).

Über dem Tirolischen, das z. T. Dachstein- (= Berchtesgadener) Fazies hat, liegt die juvavische Masse HAHNS, d. i. eine vorgosauisch über das Tirolische geförderte Decke in Berchtesgadener und Hallstätter Fazies (die vorgosauische Überschiebung wird von AMPFERER, 137, bezweifelt).

Auf S. 121 wurde erwähnt, daß Juvavisch HAHN nicht gleich Dachsteindecke HAUG oder Hochostalpin KOBER ist; denn KOBER stellt den Dachstein zu seiner hochostalpinen Decke, während er nach HAHN und SPENGLER hochtirolisch ist. Die Dachsteindecke HAUGs umfaßt z. B. auch das Steinerne Meer, das zur tirolischen Unterlage der juvavischen Decke gehört.

Die juvavische Schubmasse zerfällt in den Berchtesgadener Alpen und im Saalachgebiete in zwei Abteilungen; die untere besteht aus Werfener + Haselgebirge und den Hallstätterkalken, die obere hat die Berchtesgadener Fazies. Dazu gehören die großen Schubmassen des Untersberges, Lattengebirges, der Reiteralm (daher auch Reiteralmdecke) — die Zugehörigkeit des Göll ist wieder fraglich geworden. Im Saalachgebiete und bei Hallein hat die Hallstätterentwicklung eine große Verbreitung.

Im Salzkammergut hat die Hallstätterdecke ebenfalls eine sehr große Verbreitung. Die dort besonders schwer zu lösenden Verhältnisse bewirkten es, daß man daran dachte, die Hallstätterdecke liege unter der voralpinen Decke, obwohl HAUG schon früher die Lage über seiner bayrischen und unter seiner Dachsteindecke festgestellt hat.

Die Deckengliederung HAUGs führt zur merkwürdigen Folgerung, daß die unter der Dachsteindecke liegende Hallstätterdecke im Plassen den Gipfel bildet, während die angeblich hangende Dachsteindecke das Fußgestell dieser Gebirgsgruppe einnimmt. NOWAK war der erste, der der Hallstätterdecke des Plassen die Stellung auf dem Dachstein anwies, was dann durch die Untersuchungen SPENGLERS (139) bestätigt wurde. Da aber N von der Plassengruppe die Hallstätter Gesteine unter der Gamsfelddecke (= Dachstein) liegen, so war man bei der Annahme einer einheitlichen Hallstätterdecke gezwungen, eine Einwicklung der vorgosauisch auf die Dachsteineinheit überschobenen Hallstätterdecke bei dem tertiären Schub anzunehmen. Der Meinung KOBERS (84), der Plassen sei ein Salzkezem, das durch die erodierte Dachsteindecke von unten her durchgebrochen sei und über seine ehemalige Überlagerung quillt, wird wohl kaum jemand beipflichten. — Die Hallstätterserie des Plassen sitzt auf dem Hochtirolischen des Plassen. Die Schubweite von S her beträgt wenigstens 32 km.

Es ist möglich (135), daß die Dachsteinfazies der Reiteralmdecke erst nach der Gosau auf die Hallstätterdecke geschoben worden ist, die bereits vor der Gosau auf dem Tirolischen lag. Dann wäre die Hallstätterdecke die südlichste und höchste kalkalpine Decke. Die HAUG-KOBERSche Deckenfolge bayrische — Hallstätter — Dachsteindecke wäre überall erst sekundär durch Einwicklung der Hallstätterdecke entstanden.

Den Nordrand der Kalkalpen zeichnet eine besonders im W und O deutlich entwickelte Klippenzone aus, die von E. SUESS

und UHLIG als lepontinischer Außensaum bezeichnet und mit der Klippenzone der Karpathen verglichen worden ist. AMPFERER (22), HAHN (58) und GEYER (52) haben diese am Kalkalpenrand aus Flysch heraustauchenden Klippen als ostalpin (GEYERS subalpine Zone) angesehen und KOBER (132), der sie mit der rhätischen Decke vergleicht, schließt sich dem an, indem er eine pieninische und subpieninische Klippenzone unterscheidet, welche Gliederung von TRAUTH (51) und SPITZ (129) bestritten wird. AMPFERER faßt die Klippenreihe des Allgäu als Randzone, nicht als eigene Decke auf. Dagegen sehen manche Schweizer und CORNELIUS darin eine Vertretung der unterostalpinen Decken. AMPFERER schließt, daß die Randzone des kalkalpinen Sedimentationsraumes an sich nicht schwächer und faziell anders entwickelt sei als die große Masse der Kalkalpen (tatsächlich tritt in der Allgäuer- und Frankenfelseerdecke Mächtigkeitsabnahme und Faziesänderung, z. B. bunte Schieferlagen im Hauptdolomit, Sandsteine und Arkosen des untersten Lias, ein, was zur Vorstellung eines oberostalpinen Inselkranzgebirges geführt hat. Die Fazies der Klippenzone steht den Kalkalpen nahe, wie verschiedene gemeinsame Glieder zeigen. GEYER sieht in der subalpinen Zone des unteren Enns- und Ybbsgebietes die Uferbildungen der böhmischen Masse, wozu der von Grestenerlias überlagerte Granit des Pechgrabens (S. 110) einen sinnfälligen Anhalt bot.

KOBER (84) sieht in der Klippenzone basale Glieder der ostalpinen Decke. Die Tektonik ist auf Anhäufung von Schuppen und Schubschollen zurückzuführen, die unter der Last der aufliegenden kalkalpinen Decke eine weitgehende Lamination, Pressung und Streckung erlitten und streckenweise ganz ausgequetscht wurden.

Bemerkenswert ist es, daß die Doggerfauna der Klippe des Lainzer Tiergartens enge Beziehungen zur außeralpinen (mittel- und westeuropäischen) Juraprovinz hat. Dasselbe ist bei den Grestenerschichten und beim Cenoman der Fall.

Was den Verband der Kalk- und Zentralalpen betrifft, so ist auf die vielen Störungsbahnen auf der Südseite der Kalkalpen hinzuweisen. Trotzdem läßt sich an verschiedenen Stellen eine Transgressionsverbindung der untersten Trias mit der Grauwackenzone feststellen.

Es ist von vornherein sehr wahrscheinlich, daß die Kalkalpen die von den Zentralalpen gegen N als Deckenflotte abgesegelte

Sedimenthaut sind. Man könnte die Kalkalpen von der Grauwackenzone ableiten; aber dieses Abgleiten einer höheren Schubdecke ist nur möglich (140), wenn ein Teil der Grauwackenzone in die Tiefe gezogen wird, denn sie ist zu schmal für die kalkalpinen Decken. Diese Rolle als Verschluckungszone hätte die Grauwackenzone in der vorgosauischen Gebirgsbildung gespielt, für ein Aufleben im Tertiär gibt es keine Anhaltspunkte.

Der gesamte Mechanismus der kalkalpinen Tektonik weist auf eine Bewegung gegen N hin. Dagegen treten die Zeugen der O—W-Bewegungen (S. 125) zurück, die in vielen Teilen der Kalkalpen beobachtet worden sind. Am kalkalpinen Südrand nimmt eine Reihe von Forschern Bewegung gegen S in kleinem Maßstabe an.

Im S hängen die Kalkalpen z. T. noch mit der zentralalpinen Unterlage zusammen, am Nordrand kommen sie in Berührung mit dem ostalpinen Flysch und sind über die helvetische Zone überschoben. Daß die Kalkalpen als Ganzes eine wurzellose Masse sind, geht aus den Verhältnissen des Rhätikons und dem Bau der Zentralalpen hervor. Die Herkunft der Kalkalpen wird später erörtert. Nach STAUB (27) sind die Nördlichen Kalkalpen die gegen N vorgetriebene Sedimentdecke der Tiroliden.

Jedenfalls sind die Nördlichen Kalkalpen eine gefaltete und geschuppte Abscherungsdecke. Der Untergrund der Kalkalpen kann nicht an deren Tektonik teilnehmen; es kann also kein Äquivalent älterer Schichten in der Tiefe vorhanden sein, ebenso wenig wie bei der Silvretta, wie das Engadiner Fenster und die Strukturzüge zeigen.

Hinsichtlich der großtektonischen Stellung der Kalkalpen sei noch angeführt, daß nichts im Bau auf einen Fernschub deutet. Kein Anhaltspunkt ist dafür gegeben, daß die Kalkalpen einmal im Gailtal gelegen sind, um so weniger als die Gailtaler Alpen auch keine höhere Faltungsintensität haben.

Zu bemerken ist auch, daß die Bewegungsflächen in den Kalkalpen am Nordrand steil gegen S in die Tiefe schießen und daß die Zahl der gegen S gekehrten Schubflächen im N größer ist als die Zahl der Schubflächen des Südrandes; d. h. die Schubdecken des N treten im S nicht wieder auf.

Die Wurzeln der alpinen Decken. Der Wurzelbegriff der primitiven Deckentheorie, der von Synklinalen und der dazwischen

liegenden, zur liegenden Falte übertriebenen Antiklinale handelt, hat wesentliche Veränderungen erfahren, denn mit der Erkenntnis, daß mit den liegenden Riesenfalten nicht das Auslangen gefunden werden kann, mußte sich auch die Vorstellung von den Wurzeln komplizieren. Diese Wandlung ist in HEIMS Geologie der Schweiz sehr wohl zu sehen.

Schon lange vorher hat SANDER (99, 61) besondere und leider zu wenig beachtete Vorstellungen über die Wurzeln vertreten. Nach der Deckentheorie sind Wurzeln steil gestellte, rasch wechselnde, isoklinale Serien. Mit SANDER wird man annehmen müssen, daß der Austritt von Decken aus derartigen phyllitischen Wurzelzonen erst erfolgt sein kann, nachdem sie durch Umfaltung einen hohen Grad von Komplikation erreicht haben — das ist eine zwingende Notwendigkeit, wenn man am Auspressen einer Synklinale festhalten will. Was aber aus einer solchen austreten kann, sind Serien, die schon beim Austreten eine bunte oder noch buntere Zusammensetzung haben als das umgefaltete Wurzelland. Daher können keine großen Decken aus einem solchen Wurzelland austreten. Das führt zu Vorstellungen, wie sie bei den Hohen Tauern entwickelt worden sind (S. 130).

Wenn man die oben im Sinne der Deckentheorie gegebene Definition der Wurzeln annimmt, dann haben manche Teile des Deckenlandes Wurzelcharakter, z. B. die Brettsteinzüge der Niederen Tauern, überhaupt vieles kristalline Land. Da nun die Deckentheorie Zonen mit dem oben charakterisierten Bau als Wurzeln voraussetzt und ein solcher Bau in den Südteilen der Östlichen Zentralzone (z. B. im Bachergebirge) fehlt, so haben die Gegner der Deckentheorie geschlossen, daß es sich nicht um Wurzeln handeln kann. So gilt z. B. das Bachergebirge als Wurzel der ostalpinen Decke. Die ruhige Lagerung von Trias und Kreide sowie der Vorstellung vom Wurzelland gar nicht entsprechende Bau des kristallinen Gebirges haben manche Forscher dazu geführt, die Wurzelnatur und damit auch die Deckentheorie abzulehnen. STAUB (27) umgeht die Schwierigkeit dadurch, daß er eine neue Definition des Begriffes Wurzel gibt: Wurzel ist der steil gestellte hintere Teil einer Decke.

Von den Wurzeln der helvetischen Decken war schon früher die Rede. Hier ist z. T. noch der Zusammenhang von Wurzel und Decke vorhanden.

Es war vielleicht der größte Fehler der alpinen Tektonik, daß die Erfahrungen aus der helvetischen Zone als Norm für den ganzen Alpenbau angesehen wurden.

Die Schweizer Geologen, besonders LUGEON, haben nachgewiesen, daß auch von der Deckenausbreitung der ultrahelvetischen Zone, der Internzone, der Zusammenhang bis in die Wurzel im Rhonetal zu verfolgen ist. Wenn man den Gedankengang der Deckentheorie als richtig annimmt, so muß jede höhere Decke aus einer südlicheren Wurzel stammen.

Die Niesendecke leiten die Schweizer aus dem penninischen Gebiete ab. Bezüglich der Klippen- und Brekziendecke sind die Meinungen geteilt. SCHARDT hat die Zone Briançonnais—Rhone—Rheinfurche als Wurzel angesehen und auch KILIAN und SCHMIDT sind dieser Ansicht. HEIM aber als Vertreter der offiziellen Deckentheorie hält diese Verbindung für unmöglich, weil die Niesendecke südlicher wurzelt und in Graubünden die Klippendecke usw. mit den unterostalpinen Decken in Verbindung steht.

Wie das Simplonprofil zeigt, hängen die tieferen penninischen Decken mit ihren Wurzeln zusammen. Aus der Stellung der liegenden Falten ist zu schließen, daß die höheren Decken ihre Wurzeln weiter im S haben, aber es herrscht darüber keine Einheitlichkeit, denn SPITZ, E. SUESS und C. SCHMIDT verbinden die Dent blanche mit der Ivreazone, ARGAND und STAUB aber mit der Sesiagneiszone.

Mit der Frage der Wurzeln im S hat sich besonders STAUB beschäftigt (72), der im Tessin fünf aufeinander folgende Gneiszone findet; von diesen sind drei voneinander durch Marmor getrennt und sind die Wurzeln der oberen penninischen Decken. Die vierte Gneiszone wird von der dritten auch durch Marmor getrennt und ist die unter- und mittelostalpine Wurzel. Dann folgt gegen S die Trias von Passo Jorio und südlich davon das Seengebirge als oberostalpine Wurzel (Silvrettadecke); das letztere wird von SPITZ (141) bestritten, weil die Gesteine von Decke und Wurzel sehr verschieden sind.

Die Darstellung STAUBS ist wegen der Deutung der Marmore nicht ohne Bedenken. Die Trias von Passo Jorio-Dubina ist echte Trias ohne Metamorphose. Es ist nun doch recht merkwürdig, daß die von der echten Trias nur durch eine geringe Strecke getrennten Marmorzüge zwischen den Gneisen auch Trias sein sollen;

um so bedenklicher ist das, weil diese Marmore mineralreich sind und mit Amphiboliten und Pegmatiten gehen. Warum sollen diese Marmore Trias sein, während ganz gleich aussehende Marmore in derselben Gesteinsgesellschaft (= Brettsteinzüge der östlichen Zentralalpen) für paläozoisch oder noch älter gehalten werden. Diese fraglichen Marmore stehen, wie CORNELIUS gezeigt hat, in syngenetischem Verbande mit dem Hochkristallin. Und bei Musso am Comersee kommt echte Trias mit diesen alten Marmoren in direkte Verbindung, bei scharfer Trennung der nebeneinander liegenden Karbonatgesteine.

Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, daß die Wurzel der Silvrettadecke in der Catena orobica (insubrische Zone) aus ganz anderen Gesteinen besteht wie die Silvrettadecke. Man kann in diesem Fall doch sehr schwer mit HEIM sagen, der Unterschied liege eben in der Distanz — denn was kommt schließlich in Betracht für die Verbindung von Wurzel und Decke, wenn es nicht die Gesteinsgleichheit ist.

So führt uns hier die Wurzelfrage zu einer großen Schwierigkeit (142). Gewichtig für die Auffassung der Veltliner Zonen als Wurzeln sprechen die Ausführungen von STAUB (72), der zeigt, wie jede Decke Bündens von der Suretta- bis zur Campodecke über den Passo d'Uer in die Wurzelzone absinkt. Bezüglich des triadischen Alters der Marmore ist schließlich auf die Verhältnisse am Tonale hinzuweisen, wo auch der Versuch gemacht wurde, die Marmore der Tonaleserie als Trias zu erklären (S. 127).

In der Auffassung von STAUB (27) trennt der Triaszug Jorio—Dubino die Wurzel der mittelostalpinen und oberostalpinen Decken. Die Wurzel der Silvrettadecke liegt im Kristallin der insubrischen Zone. Gegen diese Deutung der Catena orobica als Wurzel wurde der Bau dieser kristallinen Zone angewendet (23, 1), der als Gewölbebau nicht einer Wurzel entspricht, ein Argument, das allerdings nach STAUBS Definition der Wurzel erheblich an Kraft eingebüßt hat. Wenn die Catena orobica die Wurzel der oberostalpinen Wurzel ist, so liegt deren Fortsetzung im Adamello (Edolo- und Morbegnoschiefer).

Wurzel der Nördlichen Kalkalpen. In den ersten Deckensynthesen erscheint die Matreier Zone als Wurzel der Radstädter Decken, die Gailtaler Alpen und ihre Fortsetzung in den Nordkarawanken und im Zug Mauls—Pens als Wurzel der Nördlichen

Kalkalpen. Das war die Auffassung von E. SUSS und UHLIG. HAUG kam (143) dazu, die Wurzel eines Teiles der Nördlichen Kalkalpen in die Dinariden zu verlegen, setzt sich also über die Trennung Alpen—Dinariden hinweg.

Schwierigkeiten bereiten die Gailtaler Alpen als Wurzel. Erstens wegen der Fazies, denn sie entspricht nur der bayrisch-tirolischen Fazies und den voralpinen Decken KOBERS. KOBER (54) hat daher die Wurzel der Dachsteinfazies an der Grenze von Alpen und Dinariden, später in der alpinodinarischen Narbe und in den Dinariden selbst gesucht. Die zweite Schwierigkeit liegt in dem Einwurf (55), daß die Gailtaler- und Karawankenzone ein Faltengebirge und kein Wurzelland sei. Auch in Mauls entspricht die Kleinfaltung sehr wenig einem Wurzelcharakter. Daher kam KOBER (84) zur Auffassung, daß Karawanken und Gailtaler Alpen keine Wurzel, keine eng zusammengepreßte Synklinalregion seien. Die ostalpine Decke sinkt unter die karnische Hauptkette hinab und auch die sogenannten Wurzeln von Brunneck und Mauls sind nur Trümmer von Decken, die in steiler Stellung hinabtauchen, dann nach S umbiegen und vom dinarischen Land überfahren werden.

Im besonderen hält KOBER die Gailtaler Alpen für die im S,



Fig. 12. Ostalpen nach UHLIG. B = Hochkristallin der Böhmischen Masse; K = Hochkristallin der ostalpinen Decke; K₁ = Hochkristallin der Wurzel der ostalpinen Decke; G = Gailtaler Wurzel der Nördlichen Kalkalpen; Ka = Nördliche Kalkalpen; Si = Grauwackenzone; Z = Zentralgneis; S = Schieferhülle; R = Radstätter Decke; F = Flysch; H = Helvetisches Mesozoikum; M = Molasse; D = Dinariden.

in der Wurzel zurückgebliebene Inntaldecke, was nicht angeht, weil die Schichtserien der Inntaldecke und der Gailtaler Alpen nicht übereinstimmen. Nach KOBER (84) stammen Lechtal-, Inntal-, Lunzer- und Ötscherdecke aus dem Drauzug, die Frankenfesler Decke schließt sich an das Stangalpenmesozoikum an (was aus faziellen Gründen kaum angeht). Die hochostalpine Decke leitet er aus den Karnischen Alpen ab, vielleicht liegt ihre Wurzel sogar in der Zone der Steiner Alpen (hochdinarische Decke); hochostalpin und hochdinarisch sind nach KOBER eine Einheit für sich.

Es besteht also bei KOBER durchaus die Auffassung, daß die Deckentrennungen bis in die Wurzel zurückgehen. Es ist so jede einzelne Decke von einer eigenen Wurzel abzuleiten. Daß diese Auffassung eine Unmöglichkeit ist, wird wohl am klarsten dadurch, daß sich in den Nördlichen Kalkalpen selbst verschiedene Decken zu einer Schubdecke vereinigen (S. 155). Die voralpine Ötscherdecke und die hochalpine Decke des Hochschwabs vereinigen sich und können daher nicht getrennte Wurzeln in den Gailtaler Alpen und in den Karnischen Alpen haben.

Diese Überlegungen haben manche ostalpine Geologen zur Ablehnung der Deckentheorie geführt, um so mehr als auch einzelne Faziesverhältnisse gegen die Herleitung der Kalkalpen über die gesamten Zentralalpen sprechen. So die Verhältnisse in der Karnischen Stufe, die immer wieder gegen die Deckentheorie ins Treffen geführt werden, seit DIENER (144) sie dafür verwendet hat. Es zeigt sich in diesen Sedimenten der Einfluß des Festlandes derart, daß in den nördlichsten (Lunzer Fazies) und südlichsten (Aflenzler Fazies) Zonen der Kalkalpen die Einstreuung von festländischem Material stark ist, gegen das Innere der Kalkalpen sich mehr und mehr reduziert und schließlich verschwindet (östliche Kalkalpen, Salzkammergut). Das hat DIENER als Hauptargument gegen den Bezug der Kalkalpen aus dem Drauzug verwendet und hat betont, daß das festländische Material von der böhmischen Masse und der zentralalpinen Insel stamme. Daher der Schluß, daß die Kalkalpen nicht weit von ihrer heutigen Lage sedimentiert wurden (117).

Es hängt natürlich von der Wertung der Tatsache ab, welcher Schlußkette ein Forscher zuneigt (20). Einen neuen Standpunkt vertritt R. STAUB (27). Eine Grundlage seiner Auffassung ist die Ablehnung des Zusammenhanges zwischen Silur-Devon der Grauwackenzone (der Basis der hochostalpinen Decke) mit dem Grazer

Paläozoikum, also die Ablehnung der bisherigen Annahme, daß die Kalkalpen eine höhere Schubmasse gegenüber den Muralpen seien. Weiter zieht er in Betracht: 1. Südlich vom Wilden Kaiser ist die Lechthaler Decke vom Paläozoikum des Kitzbühler Gebietes überschoben; 2. wie HAMMER nachgewiesen hat, überschoben die Ötztaler Gesteine den Quarzphyllit des Inntales; 3. im Paltental überschiebt die Ötzmasse in Form der Muralpen die Grauwackenzone. Er schließt daher, daß ein großer Teil der Wetterstein-, Allgäuer- und Lechtaldecke unter die Ötzmasse gehört und daß diese Decken schon vor Anschub des Ötztaler-Muralpenkristallins von ihrem silvrettiden Untergrund abgeschürft, nach N getrieben und dort zu einem Kalkalpenpaket angehäuft worden sind.

Nun ist noch die Frage der juvavischen Herkunft zu berühren. HAHN und SPENGLER suchen ihre Wurzel unmittelbar am tirolischen Südrand, während KOBER sie aus der alpinodinarischen Narbe beziehen will. HAHN (58) und SPENGLER sagen, daß die Reiteralmdcke eine auffallende Ähnlichkeit mit dem tirolischen Südrand habe, z. B. in der Reduktion der ladinischen Stufe.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Hallstätter Decke, von der meist die Ablagerung in tieferem Wasser behauptet wird. Lange vor der Deckentheorie hat MOJSISOVICS sich die Hallstätterkalke in Kanälen zwischen der Dachsteinentwicklung abgelagert gedacht (145). HAUG weist der Hallstätterdecke eine Stellung in der Dachsteinentwicklung — auf die Wurzel bezogen — an. HERITSCH (136) erweitert diese Vorstellung: der Dachsteinkalk ist eine Seichtwasserbildung, dazwischen das tiefere Meer mit der Ablagerung der Hallstätter Kalke; dann Überschabung der Hallstätterserie durch die Dachsteinmassen; daher liegen die Hallstätterkalke einmal unter, ein anderes Mal über der Dachsteinserie, was SPENGLER (S. 157) durch zwei Schübe erklärt hat.

STAUB stellt für das Salzkammergut folgende Gliederung auf: tirolische Basis — erste Hallstätterschuppe (= Ischl-Ausseerschuppe) — Hauptmasse der Dachsteinkalke (hohtirolisch bei SPENGLER) — zweite Hallstätterdecke (= Plassenschuppe). Er schließt daher auf zwei Hallstättersedimentationsräume und sagt: „Die Hallstätterserie erscheint daher nur als eine lokale, beidseitig von der gewöhnlichen bayrisch-tirolischen Ausbildung eingerahmte, eigenartige Sonderfazies des oberostalpinen Raumes.“

In neuester Zeit ist die auf S. 157 auseinandergesetzte Vorstellung über die Position der Hallstätterdecke entstanden.

Bei Aflenz (139) geht die Dachsteinfazies in die Aflenzer Fazies über, die besonders in der karnischen Stufe tirolisch-bayrische Anklänge hat. Südlich davon ist nicht die Hallstätterfazies zu erwarten, sondern wieder die bayrisch-tirolische Fazies; das zeigen die mesozoischen Inseln in Kärnten (Krappfeld, Stangalpe, St. Paul).

STAUB schließt daher: „damit erscheint der Drauzug nicht mehr nur als Wurzel der tieferen kalkalpinen Einheiten, von der Allgäuer bis zur Inntaldecke, sondern als die gesamte Wurzel der Kalkalpen bis hinauf zum Dachstein. Hallstätter- und Dachsteinwurzeln müssen wir nicht mehr im Süden des Drauzuges suchen, sondern diese Einheiten reihen sich heute weit nördlicher des Drauzuges in einen Raum hoch über der Zentralzone ein.“

STAUB rangiert das Hallstätter- und Dachsteingebiet zwischen den beiden bayrisch-tirolischen Faziesregionen — Allgäuer-, Lechtaler- und Wettersteindecke einerseits und Drauzug andererseits — ein. Die Wurzel der juvavischen Masse liegt daher nicht jenseits des Drauzuges und nicht im Drauzug selbst, sondern ist weit nördlicher davon zu suchen, in dem heute längst abgetragenen Gebiet über den Muralpen. „Die Hallstätter-Dachsteinfazies lag ursprünglich auf einem breiten Streifen Muralpenkristallin, bestimmt aber nördlich der heutigen Linie Stangalpe—Graz.“

Die Allgäuer-, Lechtaler-, Wetterstein- und Inntaldecke werden von STAUB in die nordalpine Grauwackenzone einlogiert und zwar derart, daß die Allgäuer- und Lechtalerdecke mit der unteren (Phyllite + Karbon), die Wettersteindecke mit der oberen (Silur + Devon) Grauwackenzone verbunden sind. Diese oberostalpinen Decken werden also nicht vom Drauzug, sondern vom Nordrand der Zentralzone und ihren Rückenteilen abgeleitet. Nach STAUB hat die Zentralzone allerdings die Tauern überschritten und mit ihr natürlich auch ihre Bedeckung, die Kalkalpen. Es sind aber die oberostalpinen Decken die Sedimenthaut der Silvrettadecke.

Die faziell und tektonisch unmittelbar südlich an die höchsten, innersten Wettersteinschuppen (hochtirolisch) anschließenden juvavischen Massen der Hallstätter- und Dachsteindecke (Dachsteindecke hier = Reiteralmdcke im Sinn von HAHN-SPENGLER) kommen in den Rücken der Ötztaler-Muralpenmasse, in den Raum nördlich der Trias des Krappfeldes und der Stangalpe. Die Muralpen überschieben nach STAUB die Silvrettadecke und schoben deren primäre mesozoische Bedeckung, d. i. das kalkalpine Meso-

zoikum der oberostalpinen Decke ab und trieben es zu einem großen Deckenhaufen zusammen. STAUB sagt: „Die Deckenanhäufung der Kalkalpen erscheint damit auf der ganzen Linie, von Bünden bis zum Semmering als das Resultat des Vorschubes der Öztaler-Muralpenmasse, des höheren Splitters der oberostalpinen Decke.“ Es ergibt sich dann die nachstehende Faziesanordnung von N nach S:

Allgäuerfazies — Lechtaler- und Wettersteinfazies mit Dachsteinfazies im O (Dachsteinfazies des Hochtirolischen, z. B. im Steinernen Meer) — Hallstätter Fazies — Dachsteinfazies (Reiteralmdecke) — bayrische Fazies der Muralpen (Stangalpe, Krappfeld) und des Drauzuges — Dinariden.

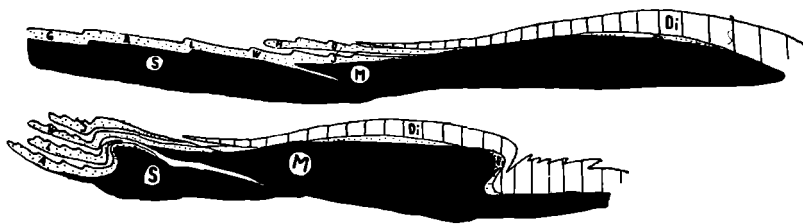


Fig. 13. Nach STAUB, 1924.

Die Fazies folgen von N nach S aufeinander: G = Grisoniden; A = Allgäudecke; L = Lechtaldecke; W = Wettersteindecke; J = Inntaldecke; H = Hallstätter Decke; D = Dachsteindecke; Af = Aflenzer Fazies; K = Königstuhl; Dr = Drauzug; S = Silvrettadecke; M = Muralpen (Ötzdecke); Di = Dinariden.

Nach dieser Auffassung STAUBS ist die Nordzone des Drauzuges mit ihrer nordalpinen Fazies nicht mehr die Wurzelsynklinale der Nördlichen Kalkalpen, sondern sie liegt am Südrand des Öztaler-Muralpenkristallins und ist der rückwärtige Teil der kalkalpinen Sedimenthaut der oberostalpinen Decke. Damit ist der Standpunkt, der in den Synthesen von TERMIER, E. SUESS, UHLIG und KOBER (54) hinsichtlich der Wurzel der Nördlichen Kalkalpen eingenommen wurde, verlassen. Bereits 1915 wurde (55) darauf mit allem Nachdruck hingewiesen, daß in den Lienzer Dolomiten — Gailtaler Alpen — Nordzone der Karawanken normaler Faltenbau und nicht Wurzelstruktur herrsche.

Daß die Nördlichen Kalkalpen eine Abscherungsdecke seien, war auch in der gemäßigten Form der Deckenlehre, wie sie von den ostalpinen Geologen vertreten wird, immer klar gestellt (20). Ebenso war es klar, daß der von der unteren Trias aufwärts gehende Schichtbestand in dieser Abscherungsdecke gegen unten und oben vollkommen abgeschlossen war. Ganz im allgemeinen

zeigt der Südrand der Kalkalpen die unterste Trias (Werfener Schichten als Gleitmittel!), während am Nordrand die jungen Schichten angehäuft sind, was wohl vom Standpunkte einer gewissen Heimatberechtigung der Kalkalpen, nicht aber bei einem Fernschub aus den Gailtaler Alpen zu verstehen ist.

An der Basis der Kalkalpen gibt es Schubschollen von Grauwackengesteinen, was ein Hinweis auf die Heimatberechtigung daselbst ist. Wenn man die Schuppen der Grauwackenzone auflöst, so bekommt man nicht genug Platz für die ausgeglätteten Kalkalpen; daraus wurde geschlossen (55), daß die Grauwackenzone, die ja im großen die Struktur eines kristallinen Schiefers hat (117), eine Zone der Verschluckung sei, aus der die Kalkalpen als Abscherungsdecke abgeschwommen seien. STAUB kommt nun für einen großen Teil der Kalkalpen auch zur Vorstellung der Heimatberechtigung auf der Grauwackenzone. Es besteht also eine große Annäherung der gegnerischen Standpunkte. Allerdings bezieht STAUB die Grauwackenzone mit der Silvrettadecke und den Muralpen weit aus dem Süden. Darüber kann erst bei der Erörterung der Heimatberechtigung der Muralpen gesprochen werden.

Gewissermaßen ähnliche Ideen — aufgebaut auf dem Gegensatz von Oberflächen- und Tiefentektonik — wurden schon früher geäußert und die Kalkalpen sozusagen als die abgeschobene Sediementhaut der Zentralalpen aufgefaßt (20, 166), in folgender Weise: In der Tiefe entstehen viele kleine Decken, während die hangende mesozoische Gesteinsfolge als starres Gebilde zu gleicher Zeit zu weniger zahlreichen Oberflächendecken zusammengeschoben wird. Die Raumverzerrung in der Tiefe war sehr groß, daher wurden die Oberflächendecken abgeschoben. Man brauche daher die Decken nicht aus der alpinodinarischen Narbe abzuleiten und benötige so auch keine Verschluckungszone. Mit Recht hat AMPFERER eingewendet, daß durch Übereinanderstapelung in der Tiefe ein großer Wulst entstehe, daß man daher zu einer anderen Art von Raumverzerrung, zur Verschluckungszone greifen müsse.

Mit der Vorstellung STAUBS stimmt jene von AMPFERER überein, daß die Nördlichen Kalkalpen seit jeher an der Nordseite der Zentralalpen lagen, aber mit diesen in verhältnismäßig junger Zeit noch große Wanderungen ausgeführt haben.

Über der oberostalpinen Decke liegt nach STAUB (27) die aus den Dinariden stammende steirische Decke (Nöblacher Decke,

Stängelpe, Grazer Paläozoikum). In dieser Auffassung haben die Dinariden die Alpen bis weit in die Zentralzone hinein als einheitliche Masse, als großartiger traineau écraseur überdeckt. Die Überschiebung der Dinariden auf die Alpen ist die Ursache des Abschubes der juvavischen Masse, die dadurch von ihrer Muralpenheimat über die nördlich vorliegenden Sedimentserien der oberostalpinen Kalkalpen getragen wurde. Das ist der juvavische Schub, der vorgosauisch eingetreten ist.

Nun knüpfen wir an die Darstellung von den Wurzeln im Veltlin an (S. 162). Die Tonalezone ist die grisonide Wurzel; sie wird von STAUB in die Ultentaler Berge fortgesetzt, in die Gegend des Jaufen, in die Maulser Gneise. Südlich davon liegt der Triaszug Dubino—St. Pankraz in Ulten—Penderjoch—Zinseler—Mauls. Mauls hängt nach STAUB nicht, wie es die bisherigen Synthesen annehmen, mit der Brunnecker-Triaszurzel zusammen, denn diese ist gleich dem Drauzug und streicht südlich des Brixener Granites vorbei. Daher faßt STAUB den Brixener Granit und den Iffinger als oberste alpine Wurzel auf, während Mauls-Kalkstein die Wurzel der Radstätter Decken ist; hier sei erinnert (S. 131), daß SANDER schon seit langem Mauls mit Tarntal vergleicht. FURLANI (146) stellte fest, daß Mauls und Pens zentralalpine Fazies haben, und schließt, daß sie, wenn sie Wurzeln sind, nur solche von zentralalpinen Decken sein.

Daran, daß der Brixner Granit in der oberostalpinen Wurzelzone liege, hat bereits HERITSCH (168) gedacht. Mit Recht hat SANDER (169) dagegen eingewendet, daß er mit dem vorpermischen Brixner Quarzphyllit verbunden sei und daher keine Wurzel-synklinale sein könne.

Die Auffassung von Kalkstein als Wurzel der Radstädter Decken ergibt einen bedeutsamen Schluß für das Kristallin südlich der Tauern. Es ist in eine grisonide Wurzel nördlich des Kalksteiner Zuges und in eine oberostalpine Wurzel südlich davon (= Catena orobica, Edoloschiefer) zu trennen. — Wie das mit den Gesteinen zusammengeht, ist erst abzuwarten.

Früher wurden die Schwierigkeiten hervorgehoben, die STAUBS tektonischer Gliederung im Raume der SO-Öztaler Alpen entgegenstehen. SANDER (60) denkt bei Voraussetzung der Zweiphasigkeit der Tektonik für die Ötzmasse an eine Schiebung SO—NW. Die Ötzeinheit hat eine entgegengesetzt dem Uhrzeiger

gehende Schwenkung gemacht, mit einem Zentrum nahe dem Bogen Schlinig—Jaggl. Sie fand vor den unzertheilten Streifen Unterengadiner Bündnerschiefer—Tauern und in der letzten Phase auch die Silvretta, die ja auch von den Ötztalern überstiegen wird. Durch den Vorschub, der in die zweite Phase der Tauernkristallisation gehört, trennt die Ötzmasse die Tauern von dem Unterengadin. Mit der Ötztalermasse schwenken die Dinariden vor, was schon früher (55) in Verbindung mit der Alpenknickung und der Verengung der Zentralalpen im Meridian des Brenners gebracht wurde. — Diese Vorstellung hat den Vorzug, daß sie weder einer Deckensystematik noch der Annahme von Wurzeln bedarf. Sie erklärt z. B. den Laaserschichtenzug nahe dem Brixner Granit.

STAUBS Auffassung des Kristallins der Zentralalpen östlich des Katschberges geht dahin, daß zwei große Decken vorhanden sind: die Silvrettadecke (d. i. Schladminger und Seckauer Tauern) und die Ötztaler Äquivalente, d. s. die Muralpen. Und er kommt zur Meinung, daß die Muralpen mit einem Teil der Kalkalpen auf dem Rücken eine gewaltige Wanderung gemacht und dabei die Silvrettadecke und die Tauern unter sich begraben hätten. — Dem steht gegenüber, daß eine gewisse Autochthonie der Muralpen schwer widerlegbar ist. W. SCHMIDT (111) hat die Möglichkeit erörtert, daß die penninischen Gesteine im N der Muralpen wurzeln, daß sich die penninische Synklinale schon bei Spittal an der Drau in die karpathische NO-Richtung wendet. Man könnte dann (118) zur Meinung kommen, daß die Muralpen eine Drehbewegung gemacht haben, wie sie für die Ötztaleralpen von SANDER angenommen wird.

Bei der Erörterung der ostalpinen Klippenzone wurde die Wahrscheinlichkeit des Bestandes eines Inselkranzgebirges, einer oberostalpinen Geantiklinale angeführt. Da setzt der Gedankengang von M. RICHTER ein (171, 172). Wir sehen in der oberostalpinen Geosynklinale eine starke Abnahme der Mächtigkeiten der Sedimente gegen N, das Übergehen in Ablagerungen von küstennahem Charakter, die Einlagerungen von Sandsteinen und Brekzien, von Schiefnern in karbonatische Serien. Das alles sind Erscheinungen, die nicht nur auf die sogenannte Klippenzone beschränkt sind. Im großen ist es ein Auskeilen der oberostalpinen Sedimente gegen N, gegen die oberostalpine Geantiklinale zu, von der ein Stück im Granit des Pechgrabens bei Weyer erhalten ist, der ungefähr

autochthon ist — im O hat also die oberostalpine Geosynklinale die weiter nach S reichende Böhmisches Masse als Nordküste.

Im W liegt südlich vom penninischen Meer die unterostalpine Schwelle, die in der unterostalpinen Decke erhalten ist (= unterostalpinen Inselkranzgebirge CADISCH = rumunischer Rücken KOCKEL pr. p., denn der letztere hat das unterostalpine Inselkranzgebirge mit der oberostalpinen Geosynklinale vereinigt.) Die Sedimente auf dieser Barre bilden die unterostalpine Decke. Dann folgt gegen S die oberostalpine Geosynklinale. Das unterostalpine Inselkranzgebirge und die oberostalpine Geantiklinale vereinigen

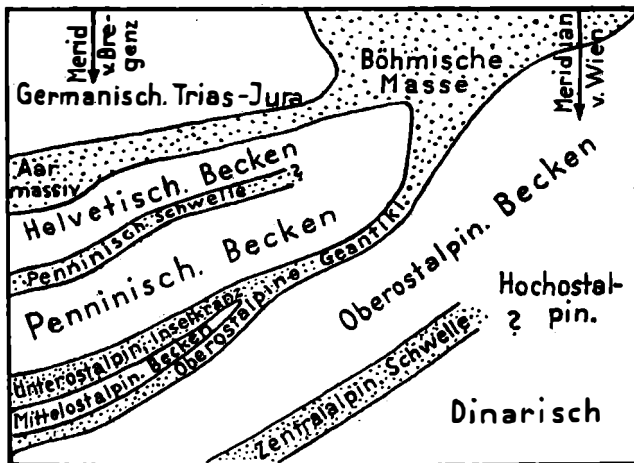


Fig. 14. Nach M. RICHTER, Z. D. G. 1923.

sich gegen O, im W aber sind sie durch die mittelostalpine Decke getrennt.

Die helvetische Zone reicht bis über Salzburg hinaus. Die penninischen Decken verschwinden unter der ostalpinen Decke an der Katschberglinie. Wenn wir nun bedenken, daß der Granit des Pechgrabens beiläufig autochthon ist, daß der Nordrand der oberostalpinen Geosynklinale von böhmischen Gesteinen, die damals oberflächlich weiter nach S reichten, gebildet wurde, so schließen wir mit RICHTER, daß der helvetische und penninische Meeresraum schon vorher ihr östliches Ende gefunden haben; denn im O ist kein Platz mehr für ein penninisches Meeresgebiet. —

Östlich vom Tauerngebiet schwenkt die oberostalpine Geantiklinale scharf gegen NO und hängt sich an die böhmische

Masse. Darauf transgredieren die Grestenerschichten (z. B. auf dem Granit des Pechgrabens). Hinsichtlich der Stellung der östlichen Klippenzone ergibt sich, daß sie nicht eine ultrahelvetische Zone ist, wie TRAUTH meinte, sondern daß es sich um die litoralen Sedimente der oberostalpinen Zone an der böhmischen Masse handelt. — Daraus ergibt sich, daß die Karpathen keinen weitreichenden Deckenbau haben können.

Mit dem Abschnen gegen NO hängen auch die NW—SO gerichteten Abknickungen in den Ostalpen zusammen. Jedenfalls aber hat der Westteil der Alpen die großen Schubweiten, während der östlichste Teil fast autochthon ist — dieses Ergebnis RICHTERS stimmt mit der Meinung einer großen Zahl der ostalpinen Geologen überein, ebenso auch seine Ansicht, daß der Deckenschub der ostalpinen Masse ein Schub en bloc war, was HERITSCH schon 1912 aussprach (92).

Die Flyschzone der Ostalpen ist mit der oberostalpinen Decke verbunden. Die kristalline Schwelle, die die Flyschrinne vom unterostalpinen Gebiet gegen N abschloß, bog östlich der Tauern scharf gegen N und vereinigte sich mit der böhmischen Masse. So konnte der ostalpine Flysch im O direkt auf der untersinkenden böhmischen Masse entstehen, während er im W die ganze Schubbreite der oberostalpinen Decke mitmachen mußte. Die oberostalpine Masse hängt im O mit der untersinkenden böhmischen Masse zusammen, daher ist kein Deckenschub von sehr großer Förderweite mehr vorhanden — das Gebirge ist so ziemlich autochthon geworden.

In ähnlichen Bahnen bewegen sich die neuesten Auseinandersetzungen KOBERS (180). KOBER überlegt, ob das Wechsel—Semmeringsystem nicht autochthon sein könnte, nachdem MOHR (123) schon lange vorher eine gewisse Autochthonie in Betracht gezogen hatte. Die karpathische Zone Wechsel—Semmering wäre nach KOBERS Auffassung ein alpin-karpathisches Element, das — bezogen auf die ehemaligen Sedimentationsgebiete — im Süden der helvetisch-beskidischen und im Norden der penninisch-ostalpinen Region gelegen sei. Diese Zone geht von Bruck an der Mur bis in die Tatra. „Hier liegt ein Gebiet vor, das sich ursprünglich südlich des helvetisch-beskidischen Raumes ausdehnte, das sozusagen den Nordrand der penninisch-ostalpinen Geosynklinale bildete und so mediterrane und alpine Schichten- und Faunenelemente führte.“ KOBER weist auf den Zusammenhang von

Wechsel—Semmering und Kleinen Karpathen hin — diese Teile der Karpathen samt der Tatra werden von den Geologen neuerdings als autochthon oder relativ autochthon aufgefaßt — und nennt diese Zone in den Alpen die karpathische Decke. Nach KOBER bildet die karpathische Aufwölbung in den Alpen ein großes Fenster. „Sie ist in gewissem Sinne autochthon, aber doch in sich durch den Ansturm, die Überschiebung, vor allem der ostalpinen Deckenmassen stärker durchbewegt. So zeigt sich ein Teildeckenbau im Autochthonen derart, daß sich Deckfalten übereinanderwälzen. Der Kern besteht aus Kristallin, die Umhüllung aus Mesozoikum.“ Die Teildecken sind Abschürfungen vom aufgewölbten Untergrund mit einer Überfaltungslänge von etwa 20 km.

Mit der eben vorgetragenen Anschauung gibt KOBER seine früheren Meinungen über den Deckenbau des Wechsel—Semmeringgebietes ebenso auf, wie er die ehemalige Auffassung UHLIGS, die Radstädter Tauern und der Semmering seien zu parallelisieren, verläßt. Er nähert sich gewissermaßen den Vorstellungen von einer Art von Autochthonie mancher Teile der östlichsten Zentralalpen.

Eine gewisse Autochthonie der östlichsten Zentralalpen geht immer klarer aus der neueren Literatur hervor. Es sind hier die Spuren alter Gebirgsbildungen auch allzu deutlich und es ist denn doch fraglich, ob nicht auch weiter im Westen dieselben Gedankengänge einmal befruchtend wirken werden; jedenfalls wird in der Schweiz den Spuren alter Gebirgsbewegungen nicht die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt, wenn auch neuestens CORNELIUS (70) gleichsam in Übertreibung der Gedankengänge ostalpiner Geologen meint, daß die ganzen Alpen auf variszisch gefaltetem Untergrund stehen. Die richtige Fortführung der Gedankengänge wäre die Untersuchung, welchen Einfluß die alten Gebirgsbildungen auf die jungen Faltungen haben (184) — vielfach ist ja die Meinung verbreitet, daß die alten Faltungen überhaupt keine Bedeutung für die jugendlichen Störungen der Alpen zeigen. Dagegen ist SCHWINNER (119, 120, 186) der Meinung, daß die alten Massive einen großen Einfluß auf die jungen Bewegungen haben, daß sie Gebiete andauernder Hebung seien, umgeben von Senkungen, in denen das neue Sedimentationsmaterial abgelagert wurde. Er meint, daß die variszische Faltung den Grenzen der alten Massive folgte und daß die junge Alpenfaltung wieder durch die variszischen und vorvariszischen Massen eingeengt wurde.

Die Südalpen. C. DIENER (145) hat 1903 die Zone Lienzer Dolomiten—Gailtaler Alpen—nördlicher Zug der Karawanken und die karnische Kette mit ihren streichenden Fortsetzungen als Drauzug von den eigentlichen Südalpen abgetrennt. Er hat damit Stellung genommen gegen die Vorstellung von E. SUESS über die Trennung von Alpen und Dinariden.

Die karnische Kette und ihre Fortsetzung gegen O ist ausgezeichnet durch die prächtige Entwicklung des Altpaläozoikums, durch das Übergreifen der Reihe Karbon—Perm—Trias über das variszisch gestörte, alte Gebirge. In neuester Zeit haben VINASSA DE REGNY und GORTANI eine große Anzahl von Arbeiten paläontologischen und stratigraphischen Inhalts über die karnischen Alpen veröffentlicht und haben den Nachweis erbracht, daß das Karbon eine viel größere Verbreitung gegen W hat, als man bisher gewußt hat (177). In tektonischer Beziehung befriedigen die Arbeiten der beiden Italiener weniger, denn sie wollen die Tektonik lösen durch die Annahme von sogenannten „ellissoidi“, von elliptisch umgrenzten Aufwölbungen des alten Gebirges, die von Karbon übergrieffen werden. Es scheint aber näher zu liegen, an Stelle der „ellissoidi“ einen Schuppenbau anzunehmen, in den später, bei einer nachvariszischen Gebirgsbildung noch Karbon einbezogen worden ist (z. B. erste Schuppe die Mooskofelkette mit dem metamorphen Altpaläozoikum, zweite Schuppe die Kellerwandkette und zwischen beiden Massen an der Schubbahn die eng verschuppte Region des Valentintörls; die Metamorphose der unteren Schuppe ist wohl mit dem variszischen Schuppenbau in Zusammenhang zu bringen.)

Viele Profile aus FRECHS Buch über die Karnischen Alpen (178) zeigen, wenn sie auch heute stark überholt sind, einen gegen N drängenden Schuppenbau; dasselbe ist bei GEYERS (179) Darstellung der östlichen Karnischen Alpen der Fall. In beiden Fällen muß man die Profile umdeuten in dem Sinne, daß der Bau der Karnischen Alpen im Grundprinzip derselbe ist wie in den Karawanken, daß also ein gegen N drängendes System von Schuppen vorhanden ist, wie es der berühmte Querschnitt durch das Vellachtal in den Karawanken zeigt. VINASSA DE REGNY und GORTANI wollen den Bau durch ihre ellissoidi lösen — sie unterscheiden unvollständige und schiefe ellissoidi, bei denen ein Flügel fehlt, und es ist bezeichnend, daß immer der Nordflügel fehlt. Man wird also auf Schuppen schließen müssen.

Wesentlicher als diese kleinen Fragen der Tektonik ist die große Frage nach dem Verhältnis von Alpen und Dinariden.

E. SUESS hat in seinem Antlitz der Erde das Alpengebirge in zwei Stränge getrennt: Alpen im engeren Sinne (Alpiden, posthume Altaiden) und Dinariden, welche die Merkmale der Grenzbogen Eurasiens tragen. Ihre Grenze — die viel umstrittene

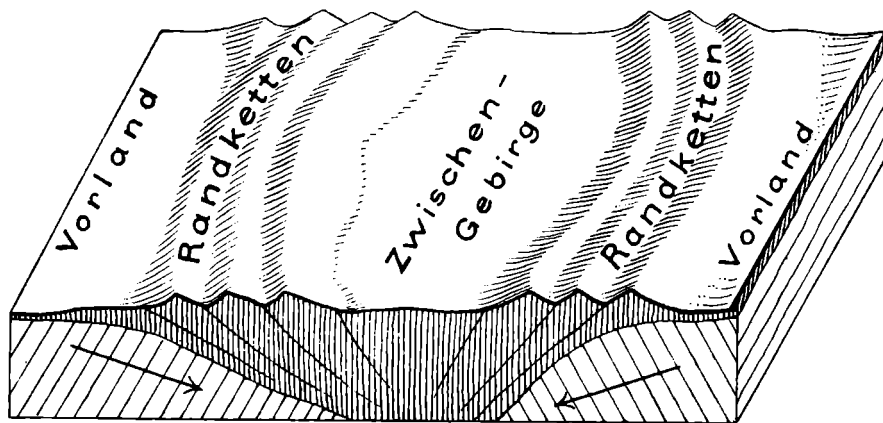


Fig. 15 a. Blockdiagramm eines normalen Orogen, nach KOBER, Bau der Erde, 1921.

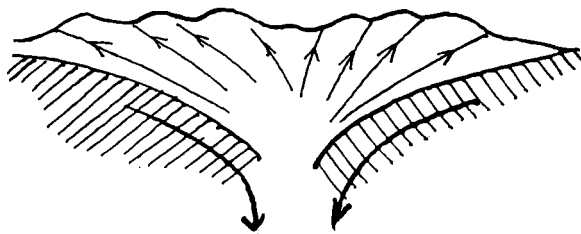


Fig. 15 b. Einsaugung nach AMPFERER, Jb. 1924.

alpinodinarische Grenze verläuft auf folgender Linie: Tonalelinie—Judikarielinie bis Meran—Störungslinien am Brixner Granit—Grenze von alpinem und dinarischem Quarzphyllit—Gailtal—Süd-grenze der nordalpinen Trias in den Karawanken—Südgrenze des Bachergebirges.

Die Grundlage für die Vorstellung von E. SUESS war der Gedanke, daß die Gebirge einseitig gebaut seien.

Die Dinariden wurden nach der Auffassung von E. SUESS gegen S, die Alpen gegen N bewegt. An der alpinodinarischen Grenze stoßen nord- und südalpine Trias aneinander.

Diese Auffassungen von E. SUESS wurden sehr viel bekämpft. Es wurde eingewendet, daß der Faziesgegensatz überhaupt nicht so groß sei wie SUESS annahm. Ferner wurde die Gleichheit des Kristallins auf beiden Seiten der alpinodinarischen Grenze angeführt. Und viele andere Einwände dazu! Besonders aber wurde bemerkt, daß vielfach die alpinodinarische Grenze nicht zu sehen sei.

Doch aber gibt es zwischen den beiden aneinander grenzenden Teilen Unterschiede. So streicht z. B. der alpine Pustertaler Phyllit W—O, der dinarische Brixner Phyllit aber NO. Perm und Trias liegen dem letzteren ohne der phyllitischen Unterlage korrele Tektonik auf, aber schon bei Mauls ist Quarzphyllit und Gneis verfaltet und es ist Trias und Jura noch in die Schuppen einbezogen und metamorph umgewandelt worden. Das ist der große Gegensatz zwischen alpiner und dinarischer Struktur (60).

Die Vorstellungen von E. SUESS haben durch KOBER eine Modifikation erfahren (93). Dieser Forscher glaubt, daß die Gebirge zweiseitig gebaut seien. Er läßt in der alpinodinarischen Narbe (d. i. in der alpinodinarischen Grenze) zwei Gebirge hart aneinander stoßen und kommt zur Vorstellung vom Orogen. Ein normales Orogen umfaßt nach KOBER: Vorland—Randkette—Zwischengebirge—Randkette—Vorland. — AMPFERER hat dagegen eingewendet, daß das Zwischengebirge nichts anderes sei als seine Verschluckungszone (140), die Übereinstimmung ist eine vollkommene und KOBER hat mit seiner Figur keineswegs die Richtigkeit der Kontraktionshypothese nachgewiesen.

Ganz im allgemeinen spielen die Südalpen in den alpinen Synthesen eine geringe Rolle, denn die Synthesen des alpinen Baues waren fertig, als die Geologen erst anfangen, die Südalpen mit einzubeziehen.

Ursprünglich wurde der Bau der Südalpen mit dem Einbruch der Adria in Verbindung gebracht. Die Dolomiten galten als ein schüsselförmiger Einbruch, der von einem verwickelten Sprungnetz durchzogen ist; nur außerhalb der Val Suganalinie sah man Falten. Dann wies, nachdem BITTNER und andere den Faltenbau der Südalpen nachgewiesen hatten, E. SUESS darauf hin, daß die gegen S gerichteten Falten aus dem Bestreben hervorgegangen seien, die Senkung der Adria zu überschieben — d. i. der Gedanke der Rückfaltung. Doch hat BITTNER immer die Meinung vertreten, daß ein wesentlicher tektonischer Unterschied von Süd-

und Nordalpen nicht vorhanden sei, wenn auch stratigraphische Verschiedenheiten da sind (z. B. eruptive Tätigkeit in der Trias). Dann kamen die Meinungen von OGLIVIE GORDON, die zuerst am Bruchnetz festhielt, dann die Tektonik der Südtiroler Dolomiten durch die Torsionshypothese und schließlich durch einen von O herkommenden Deckenbau zu erklären versuchte. Dann kam KOBER mit dem N—S-Schub.

Nach TERMIER sind die Dinariden als ein *traineau écraseur* über die Alpen hinweggegangen und haben deren Deckenhaufen vor sich hergetrieben. Dann sind sie wieder zurückgeflutet und sind dabei rückgefaltet worden. Die Dinariden waren nach TERMIER ein *traineau solide, non plissé*, der über die Alpen ging. Bei UHLIG, STEINMANN und HAUG erscheint diese Rückfaltung als Folge der Einsenkung der adriatischen Mulde. Und auch in der neuen Synthese von STAUB ist die Tektonik der Dinariden eine Rückfaltung.

KOBER (84) lehnt zwar diese Anschauungen ab, meint aber so wie ARGAND, daß die Dinariden die Wurzelzone der Ostalpen überschoben haben. Nach ARGAND sind die Dinariden bis etwa 70 km über die Wurzelzone der Ostalpen hinweggegangen.

In der Auffassung von TERMIER ist der innere Bau der Dinariden den Alpen gegenüber eine Rückfaltung. KOBER (84) aber spricht von einem Deckenbau der Dinariden, der im allgemeinen ein System von Kalkplatten ist, die sich mehr oder weniger horizontal und meist nicht sehr weit übereinander legen. KOBER unterscheidet folgende tektonische Einheiten in den Dinariden:

1. die Außenzone (Kreide, Flysch), leicht gefaltet, gegen außen überschlagen; sie haben vor sich die südalpine Molasse;
2. zur zweiten Gesteinswelle — unterdinarische Decke — gehört der Karst; ihr Stirnrand ist der Velebit und Birnbaumer Wald, die Überschiebung an der *fractura periadriatica*, der Brenta über das Etschbuchtgebirge;
3. die oberdinarische Decke; hierher die bosnische Schiefer-Hornsteinformation; sie reicht bis Karlstadt;
4. die höchste Einheit, die hochdinarische Decke, umfaßt die julischen und Steiner Alpen, vielleicht auch die Südtiroler Dolomiten und die Karnische Kette.

Wesentlich anders und, wie es scheint, den Verhältnissen viel besser entsprechend ist der Gliederungsversuch von STAUB. Er unterscheidet im wesentlichen zwei große Einheiten. Die Süd-

zone (venetianische Einheit) bildet den Alpenrand von Fiume und Triest bis zum Gardasee. An der Linie Karfreit—Belluno—Feltre wird die erste Zone (Kreide, Flysch) von der Trias-Jura-Kreideseerie der zweiten überschoben. Von Feltre nach W zieht sich diese Überschiebung allmählich zurück und vereinigt sich mit der dritten großen Überschiebung, der Val Suganalinie, an der das Kristallin der Cima d'Asta als Unterlage der Südtiroler Dolomiten gegen S vorstößt. Darüber erscheinen in den Dolomiten und Julischen Alpen noch Reste höherer Schuppen, die kein Kristallin mehr an der Basis führen. Die innere dinarische Zone liegt auf den Brixner Phylliten und dem Paläozoikum des Drauzuges.

Wie diese Übersicht zeigt, weichen die Deckensynthesen KOBERS und STAUBS sehr wesentlich voneinander ab. Jedenfalls hat man in den Südalpen die Reihenfolge der Fazies: Drauzug—lombardisch—Dolomiten—venezianisch. KOBER (50) hat die Annahme gemacht, daß in den Dinariden Deckenbau herrsche. SCHWINNER (35) hat lebhaft widersprochen, indem er zeigt, daß die Deckengliederung KOBERS in den West-Südalpen unmöglich ist; er weist auch auf die Faziesbeziehungen von Lienz und Lombardisch hin; südlich von Lienz liegen nach KOBER die oberostalpinen und oberdinarischen Wurzeln, dagegen liegt nördlich vom Lombardischen die oberostalpine Wurzel und dabei sind, wie SCHWINNER sagt, Lienz und Lombardisch im stratigraphischen Sinne gleich.

Bezüglich des Baues der Dinariden hebt STAUB im Gegensatz zu KOBER hervor, daß kein tektonisches Element im Streichen durchgeht. Er faßt alle diese tektonischen Elemente nur als Splitter einer und derselben, faziell ziemlich einheitlichen Tafel auf — entsprechend der Vorstellung SCHWINNERS (35), daß die Fazies nicht die Annahme des Deckenbaues verlangen, da ihre Differenzen zu klein sind.

Auch JENNY (1) kommt zum Schluß, daß sich die Südalpen nicht in ein System von Decken hineinzwängen lassen, weil eben große Decken nicht vorhanden sind.

Große Schwierigkeiten machen jene Teile der Südalpen, welche mit ihrem O—W-Streichen in Beziehung zum NW streichenden System des Karstes treten; d. i. die alpin-dinarische Knickung. Nach der Auffassung von KOSSMAT (113) wurde das südalpin-dinarische Gebiet in ein System bogenförmig verlaufender Faltenwellen gelegt. Die Druckkräfte haben auf diese Bogen zentripetal-

angegriffen, die Bogenfalten sind gegen innen auf einen engeren Raum zusammengedrängt worden, daher nicht nur longitudinal, sondern auch transversal zusammengepreßt. Der gegen die oberitalienische Ebene konkave Bogen der dinarischen Falten wird von der nächsten tektonischen Einheit, der Hauptzone der Südalpen, nicht ganz mitgemacht. Diese springt in der Region der stärksten Beugung, im Isonzo- und Tagliamentogebiet, an Überschiebungsflächen aus und schneidet von außen ein Segment ab. Die Zonen, die östlich der Radmannsdorfer und Laibacher Ebene sich frei entfalten, sind gegen W ineinander geschachtelt, wobei die nördliche immer die südliche überschiebt. — Bei KOSSMAT tritt also der dinarische Faltenbogen als die Tektonik beherrschend hervor.

WINKLER (147, 148) stellt dagegen fest, daß die Schubflächen der julischen Alpen einem O—W streichenden Gebirge angehören, daß aber auch jüngere, in dinarischer Richtung wirkende Kräfte vorhanden sind, die auch die NW streichenden Wellen des Friauler Flysches entstehen ließen.

WINKLER kommt zur Vorstellung, daß Südalpen und Dinariden zu trennen seien, wobei er diesen letzteren Namen nur im engeren Sinne, nämlich für das NW streichende dinarische System gebraucht.

Große Teile der Dinariden (148) waren schon ein Gebirge, als die Dinariden (im engeren Sinne) sich noch im Geosynklinalstadium befanden. Die Auffaltung des Gebirges war schon bis an den äußersten Saum des Gebirges vorgedrungen, als sich die ersten Aufwölbungen im inneren Teile der dinarischen Alpen zu bilden begannen. In posteozyäner Zeit sind Dinariden und Südalpen gemeinsam der Gebirgsbildung unterworfen gewesen. — Dinarische NW-Spannungen lenken in die Südalpen ein; die südalpinen Überschiebungen aber lenken nicht in die Dinariden ein, sondern erlöschen gegen den Isonzo oder gegen die Save; auch die dinarischen Schubflächen (z. B. die Adelsberger Überschiebung) zeigen kein Einlenken in die Südalpen. Daher besteht zwischen dinarischen und südalpinen Überschiebungen ein Alternieren. — In dem Raum, in dem die angenommene Fortsetzung der Dinariden die südalpinen Strukturen überquert, gibt es Knickungsüberschiebungen, d. s. Begleiterscheinungen des dinarischen Zusammenschubes im Bereiche der Südalpenzone.

Die Vereinigung der Südalpen mit den dinarischen Alpen zum Stamm der Dinariden läßt sich mit den Tatsachen schwer vereinigen. Ein Südalpen und Dinariden verbindender Deckenbau

existiert nicht (148). Nur die äußerste, hauptsächlich aus Eozänflysch bestehende Zone kann als dinarisches Element gewertet werden. Es tritt der dinarische Bau mit NW- bis NNW-Streichen an die O—W verlaufenden Südalpenzonen heran und stößt an ihnen unvermittelt ab, ohne daß irgend ein Einlenken zu sehen wäre; nur die äußersten Zonen beschreiben im großen ganzen eine bogenförmige Wendung aus NW in O—W.

KOSSMAT (149) hat gegen die Auffassung WINKLERS eingewendet, daß nach WINKLER die Ternowaner Einheit ein alpines und kein dinarisches Element sei, daß man aber an der Verbindung derselben mit der Hochkarstserie (dinarisch nach WINKLER) festhalten müsse.

Schwierigkeiten bereitet auch das östlichere Gebiet, wo z. B. im Uskokegebirge (150) der Kampf von alpinem und dinarischem Streichen in einer Einheit nachgewiesen wurde.

Die Anschauung von WINKLER und die ihr ähnliche von JENNY (1) stehen im Gegensatz zu TERMIER, KOBER, KOSSMAT, ARGAND, STAUB. Gegen die Trennung der Südalpen von den Dinariden wendet STAUB (167) folgendes ein: Nicht sämtliche Bauelemente der Südalpen streichen in die ungarische Ebene aus, ein großer Teil schwenkt in die adriatischen Ketten über, denn nur die hochdinarische Einheit, die STAUB jetzt norddinarisch nennt, geht ganz in die ungarische Ebene hinaus. Ferner gibt es in den Südalpen keine so tief gehende tektonische Grenze im Sinne einer sogenannten alpinodinarischen Scheide; daher müssen auch die nördlichen Elemente der Südalpen zu den Dinariden gehören. Die Frage der Trennung der Südalpen von den Dinariden im engeren Sinne kann als noch nicht abgeschlossen gelten.

Die Idee TERMIERS vom traineau écraseur spielt in den neuen Alpensynthesen eine große Rolle. Der „starre Block der Dinariden“ (Dinariden im Sinne Südalpen + Karstsystem im folgenden gebraucht) ist die treibende Kraft, die abschiebende Scholle des alpinen Deckenbaues (27). Das Andrängen der Dinariden hat nach dieser Auffassung die alpine Tektonik geschaffen. Dabei gehen nach STAUB Teile der Dinariden als steirische Decke über die oberostalpine Decke hinweg. Dagegen behauptet JENNY (1), daß nirgends die Dinariden über die Alpen getreten seien.

Nach STAUB sind auch die oberostalpinen Decken ein Stück dinarischen Landes, die dinarischen Massen überschreiten damit

den alpinen Bau, womit aber nicht gesagt ist, daß die oberostalpinen Decken den heutigen Dinariden gleich zu setzen sind.

Gegen die Auffassung, die Dinariden seien der treibende Motor des alpinen Deckenbaues, ist in erster Linie einzuwenden, daß die Dinariden als Gebirge wesentlich jünger sind als die Alpen.

Die Dinariden fallen im Gebiete der oberitalienischen Seen unter die Alpen ein. Das führen ARGAND, HEIM und STAUB auf den insubrischen Schub zurück, der die Überkipfung der alpinen Wurzeln bedingte. — Auch in Mitteltirol fallen die Dinariden unter die Alpen ein, hier ist das jüngste Ereignis der oberflächennahe Anschub des alpinen Kristallins an das dinarische Land. Weiter im O liegen die Dinariden etwas auf den Alpen, da allgemeines Südfallen herrscht (Karawanken). Die Überkipfung der Wurzeln und das Einfallen der Dinariden unter die Alpen sind eine Folge der Nordbewegung der Dinariden. Sie vermochten nach STAUB das vor ihnen liegende Deckenpaket nicht zu übersteigen und haben es daher unterfahren, aufgewölbt, über sich rückgefaltet, unterschoben. Das Einsinken der Dinariden unter die Alpen ist daher nur ein sekundäres Phänomen, genau wie die Überkipfung der Wurzeln, und ist kein Argument gegen die Anschauung, daß die Dinariden die Alpen überschoben haben.

Der Verlauf der alpinodinarischen Grenze wurde schon früher angegeben. Sie ist nach E. SUESS eine Faziesgrenze, was mit guten Gründen bestritten worden ist. SUESS brachte die Vorstellung, sie sei eine Narbe — allerdings wird dieser Begriff nicht definiert — und es seien auf sie hauptsächlich die tonalitischen Intrusionen beschränkt. Diese letztere Meinung ist wegen des sehr verschiedenen Alters der Intrusionen sehr einzuschränken. Nicht leicht ist eine Grenze so bestritten worden wie die alpinodinarische, kaum ein Stück ist ohne Widerspruch geblieben (23). Und doch ist etwas Wahres an der Grenze, denn außer den schon angeführten Verschiedenheiten bezüglich des Quarzphyllites sind auch Unterschiede im Gesteinsmaterial zu sehen — den Dinariden fehlen alte Marmore, Pegmatite und Orthogneise (151). Auch die Mylonitzonen im Brixner Granit und am Tonale sprechen für den Bestand einer Bewegungszone.

TERMIER hat die Dinariden als traineau écraseur für die Alpen aufgefaßt. Nach dieser Meinung wäre die alpinodinarische Grenze der Ausstrich einer großen Bewegungsfläche, die Wurzel

der ostalpinen Decken, eine Bruchregion, in der die Dinariden zurückgesackt sind. — KOBER (50) hat die Hypothese TERMIERS aufgegeben und durch eine neue ersetzt. Die alpinodinarische Grenze wird zu einer Narbe, zu einem breiten, mit magmatischen Produkten gefüllten Spalt, was durch SCHWINNER (35) eine ebenso richtige wie scharfe Ablehnung erfahren hat; denn die Profile KOBERS sind ein ganz klarer Widerspruch zu den Tatsachen, nicht nur zum geologischen Befund, sondern auch in theoretischer Beziehung, denn in seiner Auffassung ist die Narbe als Wurzel der obersten Decken eine Zone stärkster Zusammenpressung und zugleich eine Zerrungsspalte, in der das Magma empordrang. In einem späteren Profil KOBERS (93), das auf derselben Linie geht, ist die Narbe verschwunden und es ist auch kein Platz für sie da, denn die Dinariden werden ganz im Sinne von TERMIER und E. SUESS aufgefaßt. — In der früheren Auffassung KOBERS trennt die Narbe die beiden einseitig gebauten Gebirge, Alpen und Dinariden, die beide Deckengebirge sind. Die alpinodinarische Grenze (50) ist bereits intrakretazisch entstanden und war nach KOBER immer eine schwache Stelle. Dieser Forscher (50) gibt ihr folgende Deutung: der mittlere Teil der alpin-dinarischen Geosynklinale wird zwischen den zwei starren Widerlagern der Randdecken und der Vorlandmassen wie zwischen den Backen eines Schraubstockes ausgepreßt. Die Narbe ist die gemeinsame Wurzel der inneren Decken; bei Eisenkappel liegt der Tonalit zwischen der voralpinen Karawankendecke und der oberdinarischen Steinerdecke; daher liegt nach dieser Auffassung KOBERS zwangsläufig die hochalpine Wurzel in der dinarischen Narbe oder schließt unmittelbar an die Steinalpen an. In dem Profil KOBERS von 1915 (50), das von Triest nach Wien geht, bilden die Alpen und Dinariden einen Fächer, dessen Achse die Narbe ist; die Flanken des Fächers sind aber ungleich alt — vorzenoman, posteozen.

SCHWINNER (35) hat sich gegen KOBER gewendet. Wenn man die Südalpen als Deckenland erklärt, so kommt man mit den nordalpinen Decken an der alpinodinarischen Grenze in Schwierigkeiten; die Lösung hat KOBER durch die Narbe versucht, die eine ungeheure Pilzfalte ist, aus der die oberostalpinen und dinarischen Decken abfließen. Die Narbe wird zu einem aktiven Element im Alpenbau. Daher ist es, wie SCHWINNER sagt, störend, daß ihr Verlauf auf lange Strecken bestritten ist. Die Narbe, die KOBER unrichtigerweise als eine breite Spalte zeichnet, müßte folgenden

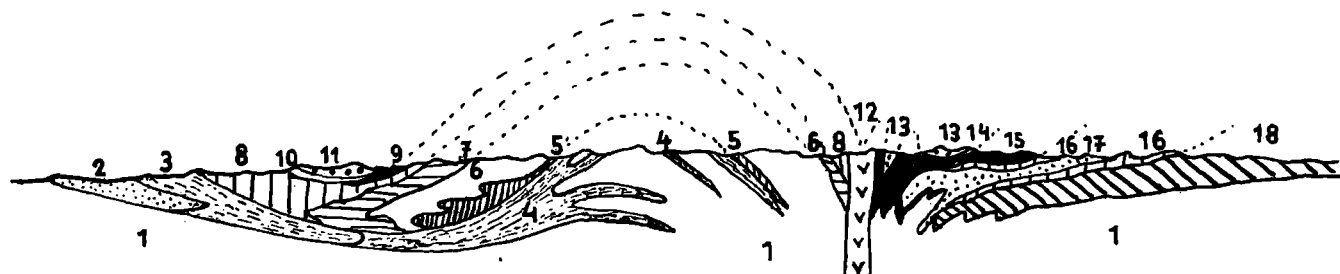


Fig. 16a. Nach KOBER, G. R. 1915. Schnitt auf der Linie Böhmisches Masse—Dachstein—Hohe Tauern—Seeberg—Idria Triest.
 1 = Grundgebirge; 2 = Molasse; 3 = Flysch; 4 = Schieferhülle der Tauern; 5 = Radstädter Decke; 6 = unterostalpinisches Paläozoikum; 7 = Karbon—Perm; 8 = voralpine Decke; 9 = Silur—Devon; 10 = Hallstätterdecke; 11 = Dachsteindecke; 12 = Narbe; 13 = Decke der julischen und Steiner Alpen; 14 = Seebergdecken; 15 = Paläozoikum der oberen dinarischen Decke; 16 = Mesozoikum der unteren dinarischen Decken; 17 = Paläozoikum der unteren dinarischen Decken; 18 = adriatische Außenzzone.

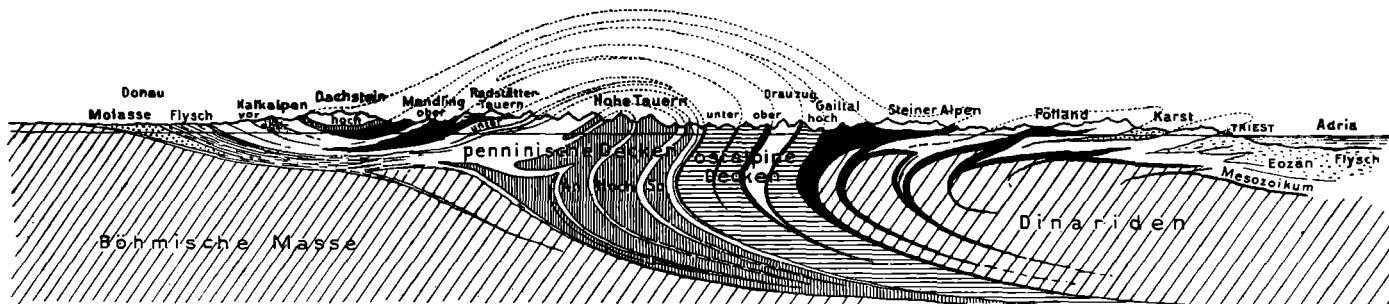


Fig. 16b. Nach KOBER, Bau der Erde, 1921. Mesozoikum = weiß; Paläozoikum = schwarz; Grundgebirge = schraffiert.

Mechanismus haben: Verschluckung = vertikal absteigende Bewegung, Vulkanismus = vertikal aufsteigende Bewegung, seitliche Zusammenpressung (dazu sind die Bewegungen gegen N und S nicht gleichzeitig. Dazu sind die Profile KOBERS so gelegt, daß sie durch die Tonalitstöcke gehen; wenn man die Profile in den großen Strecken zwischen diesen Stöcken legt, so ist von der Narbe nichts zu sehen.

Neuestens hat **TERMIER** (152) die alpinodinarische Grenze in die karnischen Alpen, in den S der paläozoischen Zone verlegt und die Karbontransgression für eine Überschiebung erklärt; das hat **GORTANI** (153) mit Recht als gänzlich unmöglich bezeichnet.

STAUB (27) ist der Anschauung, daß zwar die alpinodinarische Grenze vielfach nicht nachweisbar ist, daß sie aber doch vorhanden sei, nur nicht dort, wo man sie suchte. Er sagt: Das dinarische Gebirge stößt von Piemont bis Ungarn an das Gebiet der alpinen Wurzel. Daher liegt die Grenze gegen die Dinariden an der Südseite des Wurzellandes der höchsten alpinen Decke, an der Linie zwischen dem kristallinen Gebiet der Dinariden und dem Kristallin der oberostalpinen Wurzel. Die Grenze wurde bisher an der Tonalelinie und nördlich des alten Gebirges der karnischen Alpen oder durch die konfuse Tonalitnarbe oder neuestens von **TERMIER** an der Basis der Dolomitentafel gezogen. Die bisher geltende alpinodinarische Grenze enthält nach **STAUB** alle möglichen alpinen Wurzelstücke: sie war zwischen Ivrea und Locarno die Wurzel-synklinale zwischen Penniniden und Grisoniden, von da bis Brunneck die Grenze zwischen Grisoniden und Tiroliden; von da gegen O verlief sie in Wirklichkeit im dinarischen Block. Daher entspricht die bisherige Linie den tatsächlichen Verhältnissen in keiner Weise — was viele ostalpine Geologen seit langem gesagt haben. Die oberostalpine Wurzel liegt südlich der Linie Mauls—Tonale—Dubino—Jorio. Den Südrand der oberostalpinen Wurzel bildet der Zug Karawanken—Gailtaler Alpen und seine Fortsetzung gegen Brunneck; südlich davon bilden Gailtaler Kristallin und karnische Alpen den Unterbau der Dinariden. Die alpinodinarische Grenze liegt am Südrand der Drautrias. In der Verbindung der Drautrias mit dem Sockel der Dinariden sieht **STAUB** den Beweis des ursprünglichen faziellen Überganges von Alpen und Dinariden und es ist die Drautrias nur eine sehr komplizierte Sedimentmulde höheren Stiles zwischen Alpen und Dinariden, keine Wurzel — ein Standpunkt, der jenem vieler ostalpinen Geologen (55) gleich

ist. Es gibt von den Dinariden in die Alpen in Wahrheit keinen Sprung, keine tiefe Trennung, sondern sie sind nach STAUBS mit der Mehrzahl der ostalpinen Geologen übereinstimmender Meinung durch den Drauzug zu einem Block vereinigt. Die Dinariden gehen durch das Mittel der oberostalpinen Wurzel in die höchste alpine Decke über und es legen sich die oberostalpinen Decken gleichsam als direkte Fortsetzung der Dinariden über das tiefere alpine Land. Die Dinariden sind in der Auffassung STAUBS nur die zurückgebliebenen, in der Wurzellinie tief versenkten Teile der oberostalpinen Decke (Fig. 13).

Es stoßen an der alpinodinarischen Grenze nicht zwei Gebirge mit ihren Rücken aufeinander und es ist diese Grenze auch kein Ort großer magmatischer Tätigkeit gewesen. Es gibt keine südbewegten Dinariden, sondern nur nordbewegte Glieder eines und desselben Systems, die Südfaltung der Dinariden ist nur scheinbar, sie ist eine Rückfaltung.

In der Auffassung von STAUB zieht die wahre alpinodinarische Grenze an der Südseite des Brixner Granites als eine Quetschzone im Quarzphyllit weiter, verliert sich und erscheint wieder in der Naiflinie südlich des Iffingermassivs. Sie streicht dann in die Tonalite des Adamellomassivs hinein, erscheint westlich desselben in SPITZ' orobischer Linie (154), auch Gallinerlinie genannt, liegt also in den Bergamasker Alpen.

STAUB (27) hebt hervor, daß die alpinodinarische Grenze in seiner Auffassung nur zur Konstruktion einer gewissen Trennungslinie zwischen Alpen und Dinariden dient, daß sie aber fast mehr der Ordnung halber angenommen wird; denn um die oft wenig tiefen Mulden herum hängen Alpen und Dinariden zusammen.

Daß die alpinodinarische Grenze mit den Tonalitintrusionen zusammenhängt, hat zuerst SALOMON eingehend ausgeführt (155). Es wurden von ihm die gesamten Tonalit- und Granodioritstöcke für jung erklärt. Sie sind nach SALOMON alle entstanden durch die intensive Senkung des großen Bruchfeldes der Südalpen, an dessen Rand sie liegen; sie sind die durch den Druck des niedergehenden Senkungsfeldes emporgepreßten Magmen. Dieser Anschauung ist schon dadurch der Boden entzogen, daß ja die Südalpen (S. 176) kein Senkungsfeld sind.

Gegen die SALOMONSche Anschauung haben viele Geologen Einspruch erhoben — das vorpermische Alter der Brixner Masse

wurde durch WOLFF (156) und SANDER (157), der Cima d'Asta durch KRAFT (158) und TRENER (159) festgestellt, für die Rieserferner hat man keinen Anhaltspunkt zur Altersbestimmung und der Schluß von den Porphyriten, von denen einzelne noch Oberjura durchbrechen, auf die Tonalite ist gewagt (160). — Auf diese Arbeiten gestützt, hat STAUB eine Revision der sogenannten periadriatischen Eruptiva durchgeführt, die für die Ostalpen im wesentlichen mit den Meinungen vieler ostalpiner Geologen übereinstimmt. Sicher jung sind: Traversella, Biella, Baveno, Bergell, Adamello, Predazzo, Prävali (Porphyrite in Oberjura); dazu rechnet STAUB noch die Ergüsse: Euganeen, Vizentin und die Andesite des östlichsten Drauzuges. Daß der Granit des Bachergebirges nicht zu den periadriatischen Massen gehört, ist schon lange nachgewiesen (161), ebenso daß es dort große Massen von Dazit gibt, die Trias durchbrechen und von Gosau transgrediert werden.

Alt und disloziert sind nach STAUB die orobischen Granite, Kreuzberg, Iffinger, Brixner Granit, Rieserferner, der Tonalitzug von Eisenkappel, der Granit des Bachers.

Im Alter wird die Adamellomasse von SCHWINNER, HERITSCH, WAAGEN in die vorgosauische Gebirgsbildungsphase, von SALOMON in das Tertiär gestellt. Nach TERMIER haben die Tonalitintrusionen mit der Tektonik gar nichts zu tun (152), während die meisten Autoren an dem Kausalnexus Gebirgsbildung—Intrusion festhalten.

Die Zeiten der Gebirgsbildung. Darüber kann nur ganz kurz berichtet werden. Eine vorpaläozoische Gebirgsbildung ist für die östlichen Teile der ostalpinen Zentralzone aus folgenden Beobachtungen erschlossen worden (125): Die Unterlage des Grazer Paläozoikums hat vorkristalline Tektonik (Muralpen), das phyllitisierte Paläozoikum aber postkristalline Tektonik. Aus der Diskordanz zwischen beiden und dem gegensätzlichen Verhalten der Kristallisationen wurde auf einen vorpaläozoischen Bau und eine ebensolche Kristallisation der Muralpen geschlossen. Doch gilt dieser Schluß nur bei Wurzelhaftigkeit des Paläozoikums (S. 147); wenn man sich entschließt, dieses als Schubdecke im Sinne von W. SCHMIDT (111) oder von STAUB (27) aufzufassen, so fällt die obige Schlußkette.

Spuren einer kaledonischen Faltung (70) können vielleicht in der Stellung des Clymenienkalkes zu seiner devonischen Unterlage bei Graz gesehen werden. HERITSCH war der Ansicht,

daß dafür eventuell eine tektonische Erklärung heranzuziehen ist. Neueste, noch unveröffentlichte Funde zeigen das Vorhandensein von unterem Oberdevon, so daß der Schluß auf transgressive Lagerung des Clymenienkalkes und alle darauf ruhenden Meinungen hinfällig sind.

Die variszische Diskordanz ist in den Schweizer autochthonen Massiven und in der ostalpinen Fazies sehr ausgeprägt vorhanden. In klassischer Schönheit ist sie in den Karnischen Alpen entwickelt und es ist eine gewaltige Verkennung der Tatsachen, wenn **TERMIER** (152) diese Transgressionsfläche als Schubfläche bezeichnet.

Auch für die penninische Zone der Schweiz ist das Vorhandensein der variszischen Diskordanz sicher (S. 114) und dasselbe ist aus den klastischen Bildungen der Tuxer Grauwacken für die Hohen Tauern zu schließen.

Bei einem Vergleich der karbonischen und jugendlichen Alpen ergibt sich folgende Gegenüberstellung (162):

variszisch	alpin
Bozener Porphyry	Plateau central und Hegau
Karnisches Paläozoikum und Graz	Nördliche Kalkzone
steirisch-kärtnerisches Kristallin	Hohe Tauern
Zentralgranit	Tonalite
Nördliche Grauwackenzone	Südliche Kalkalpen
Porphyroide	vicentinische Eruptiva

In der Schweizer Zentralmassivzone ist die Diskordanz der Trias über den älteren Schichten viel stärker als die herzynische Diskordanz. Es gibt da Diskordanzen unter dem Karbon, unter dem Perm, unter der Trias.

Nach dem Aufkommen der Deckentheorie wurde der Mechanismus der Alpenbildung ganz unter der Annahme der Einheit der Zeit betrachtet. Man glaubte, daß ein einziger großzügiger Vorgang das Alpengebäude errichtet habe. Der Nachweis der ostalpinen Geologen von der vorgosauischen Gebirgsbildung wurde übergangen. Die Alpen sollten durch einen einzigen Akt im Tertiär entstanden sein. Mit aller Schärfe haben **KOBER** (163, 55) und **HERITSCH** (92) auf die vorgosauischen Deckenbewegungen hingewiesen. Seither ist aber noch kein durchgreifender Versuch gemacht worden, die Zeiten der Gebirgsbildung für alle Teile der Alpen vergleichend zusammenzustellen — ein Grund dafür mag

sein, daß die Tertiärstratigraphie in der Umgebung der Alpen zuerst einwandfrei dargestellt sein müßte. Wohl aber ist durch viele Studien, besonders in den Ostalpen, klar geworden, daß es eine ganze Anzahl von Störungsphasen in der tertiären Gebirgsbildungszeit gegeben hat. Aber trotzdem wird noch von der Einheit der Gebirgsbildung geredet und auch HEIM konnte sich in seiner Geologie der Schweiz nicht ganz von diesen Gedanken befreien.

Auf Schweizer Boden entstanden durch ARGAND und STAUB die Vorstellungen von den Vorläufern der Deckenbewegung. Beim Studium der Gesteine, welche die Hauptdecken oder Deckensysteme zusammensetzen, und des Fazieswechsels kommt man zum Ergebnis, daß die Gesteine in der Umgebung der jetzigen Deckenstirnen meist auf weniger tiefes Meer, sogar auf Ufernähe oder Land hinweisen, während die südlicheren Teile der Decken und die Muldenkerne einen mehr tiefmeerischen Charakter und vollständigere Schichtreihe haben. Das führt zur Vorstellung von Geantiklinalen, die gleichsam die embryonal vorgezeichneten Vorläufer der großen Decken sind. Die Schweizer sprechen von Deckenembryonen.

So kommen die Schweizer zur Vorstellung von embryonalen Deckenbewegungen im Mesozoikum. JENNY (1) hat mehrere penninische Phasen dieser Bewegungen unterschieden, die von STAUB heftig geleugnet werden.

Ohne auf Details einzugehen, ist die Erörterung der Zeitfolgen der alpinen Bewegung nur sehr cursorisch zu führen. In der Schweiz wird gegliedert:

Oberkreide—Eozän	Beginn der ostalpinen Deckenbewegungen
Mittelloligozän	Stauung der Zentralmasse: Vorrücken der penninischen Decken
Oberstes Oligozän	Beginn der helvetischen Überschiebung, Wildflynüberschiebung
Pontisch	Helvetischer Paroxysmus, Brandung im penninischen und ostalpinen Gebiet
Astien—Altdiluvium	insubrische Phase, Absinken der Alpen des Südrandes, Aufrichtung der Wurzelzonen, Überschiebung des Helvetischen über die Molasse.

Nach STAUB hat man folgende Gliederung der Bewegungen in der Schweiz: Vorphase — die ostalpinen Decken schieben sich

auf die penninischen; oberostalpine Hauptphase — Überschiebung der Silvrettadecke. Beginn der Faltung — Oberkreide bis Eozän; Hauptfaltung — Oligozän; dinarische Bewegungen mittel- bis obermiozän.

In den Ostalpen wurde bald nach dem Eindringen der Deckentheorie erkannt, daß die Einheit der Zeit unhaltbar ist, denn es wurde die schon sehr lange vor der Deckentheorie nachgewiesene vorgosauische Gebirgsbildungsphase in den Gedankenkreis der Deckentheorie einbezogen. Die Deckenschübe wurden zeitlich zerlegt. Als ostalpiner Deckenschub wurde die vorgosauische Phase bezeichnet (92); die Überschiebung des Lepontinischen über das Ostalpine (lepontinischer Schub) wurde in das Alttertiär (vor dem Miozän), der helvetische Schub nachmiozän angesetzt.

Die vorgosauische Gebirgsbildung der Ostalpen (juvavische Phase = austrische Gebirgsbildung STILLES) ist von HAHN (58) in die zenomane Verfaltung und in die im Turon erfolgte juvavische Schubbewegung getrennt worden; SPENGLER (31) verlegt die ganze Störungsphase in das Albien. Dagegen hat M. RICHTER (182) neuestens eine vorzenomane Störungsphase im Ammergebirge wiedererkannt und damit ältere Vorstellungen neu belebt. — Die vorgosauische Störungsphase ist in den Nördlichen Kalkalpen in den höheren Decken stark, nimmt aber im allgemeinen gegen N, also in den tieferen Decken, und auch in der Richtung von O nach W ab. Sie hat ein deutliches Korrelat in der Sedimentationsunterbrechung oder kleine Störung im helvetischen Faziesgebiete. Die austrische Gebirgsbildung ist auch noch in den Nordteilen der Südalpen nachzuweisen. Vor der Ablagerung der Gosau waren die Nördlichen Kalkalpen ein Gebirge von 500—1000 m relativer Höhe. In den Zentralalpen ist die austrische Gebirgsbildung sehr deutlich durch die Lagerung der Gosau der Kainach und des Krappfeldes. Hinsichtlich der Tauern sei auf S. 140 verwiesen.

Für die tertiäre Gebirgsbildung haben die Schweizer Geologen eine Reihe von Phasen angenommen (für die penninischen Decken, für den Rhätikon usw.) Die jüngste ist, wie schon erwähnt, die insubrische Phase, die eintrat, nachdem alle Decken übereinander lagen; dadurch wurde das Alpengebäude noch mehr zusammengedrängt, die Wurzeln wurden steil gestellt durch Unterschieben der Alpen durch die Dinariden.

An allgemeinen tertiären Phasen stellt STAUB auf: die unterostalpin-penninische Phase (Bildung des unterostalpin-penninischen Deckenhaufens), die grisonide Phase (grisonide Decken unter dem Einfluß der nachrückenden tiroliden Masse), die große Überschiebung der Tiroliden (Hauptparoxysmus bis zu den Helvetiden, diese tirolide Phase ist die Hauptphase der Ostalpen), dann das Hinübertreten der helvetischen Decken über die Massive.

Ein beiläufiges Bild der tertiären Phasen gibt HERITSCH (23). Es zeigt sich, daß die Gebirgsbewegungen an den Rändern der Alpen am jüngsten sind, was natürlich nicht ausschließt, daß der ganze Alpenkörper verstellt und bewegt worden ist. Vielleicht sind die durch die morphologischen Forschungen in den Ostalpen sich ergebenden Hebungszeiten mit den jungen Bewegungen, z. B. mit der Flyschfaltung in den Ostalpen, mit dem Anpressen der Flyschzone an die Molasse zu vereinigen.

Alle diese Detailfragen haben zur Voraussetzung eine klare und sichere Stratigraphie des gesamten Oligozäns und Jungtertiärs in der Umgebung der Alpen und in den Alpen selbst. Und da liegt manches nicht so wie es sein sollte. Erst wenn diese Stratigraphie klar gestellt ist, kann über die Phasen der alpinen Bewegung und die Parallelisierung mit den Faltungszeiten geredet werden, die STILLE (164) in seinem ausgezeichneten Buche über die Grundfragen der vergleichenden Tektonik aufgestellt hat.

Heute ist es aber schon klar, daß die Alpenfaltung ein Prozeß war, der in vielen Einzelrücken geschehen ist.

Die Erzeugung des Deckenschubes. In den Anfängen der Deckentheorie herrschte unbedingt die Kontraktionstheorie — schien diese ja doch durch den Nappismus in 'ganz besonderem Maße gestützt zu werden. Über die Berechtigung der Kontraktionshypothese kann man verschiedener Meinung sein — der Verfasser dieser Ausführungen hält sie nicht eben für sehr wahrscheinlich, trotz aller der Stützungsaktionen, die neuerdings unternommen worden sind. Der Gedankengang der Deckentheorie schließt geradezu an die Kontraktionshypothese an, spricht doch oder richtiger sprach doch die Deckentheorie von den Decken, die aus der Ausquetschung der Falten hervorgegangen seien.

Im Laufe der Entwicklung kam die Erkenntnis, daß es richtiger sei, an Stelle der großen liegenden Falten lauter kleine

Decken anzunehmen. Es kam die Zeit des Zerfalles der Riesenfalten zugunsten der Teildecken — auf kristalline Gebiete übertragen, heißt das wohl, daß bereits aus den sogenannten Wurzeln tektonisch komplizierte Serien austreten.

Einen wesentlichen Fortschritt brachte die im folgenden kurz erörterte Studie von AMPFERER-SANDER (43), die von der Verbindung der Kalk- und Zentralalpen in den Ostalpen ausgeht. Die Art dieser Verbindung legt den Gedanken nahe, daß als primäre Überfaltungszone nur die Zentralalpen in Betracht kommen; die Kalkalpen sind ein Abschürfungssystem, die Zentralalpen sind also das schiebende, das motorische Gebiet. Die Abschürfung der Kalkalpen vollzieht sich ungefähr der Grenzregion von Trias und Paläozoikum in dem Hauptgleitniveau Buntsandstein—Wurfenerschichten. — Ein Unterschied besteht zwischen den Nördlichen Kalkalpen der Ostalpen und der helvetischen Zone der Schweiz: die letztere hat eine hohe Grundgebirgsschwelle überschritten und hat einen Zustand von Selbständigkeit und lebhafter Fließformung erhalten, der den östlichen Kalkalpen fehlt. Dazu kommt noch der Materialunterschied — man denke an die schweren, ungeschlachten Schubmassen der Kalkalpen im Gegensatz zu der eleganten helvetischen Tektonik.

Im Jahre 1923 schrieb AMPFERER (173), daß die Gneiswalzfalten der Tauern unter die ostalpine Decke gehören und ebenso wie der Simplon nur durch einen Schub aus dem S zu erklären sind. Er meint, daß man Wurzeln (im Sinne der bisherigen Deckentheorie, also in der Form von Synklinalen, aus denen die liegenden Falten ausgepreßt wurden) nicht brauche, denn die Gebirge im S der Tauern und der Simplonzone samt den Südalpen sind nur der zurückgebliebene Teil einer großen Wandermasse, der seine letzte südlich gerichtete Faltung wohl erst als Gleitbewegung gegen die Einsenkungszone der oberitalienischen Ebene erhalten hat. Es handelt sich nicht um eine Ausquetschung, sondern um eine große, ganz freie Massenwanderung. — Dazu rufe man sich R. STAUBS früher gegebene Definition der Wurzel ins Gedächtnis.

Auch KOBER (84) ist der Meinung, daß die Anschiebung der ostalpinen Decke die penninischen Decken erzeugt habe.

Nun vergleichen wir damit den Standpunkt R. STAUBS in seiner Alpensynthese aus dem Jahre 1924. Auch er ist der Meinung, daß die Zentralalpen das motorische Mittel bei der Alpenfaltung

gewesen sind, daß die Decken durch die nachrückenden Massen erzeugt worden sind. Daher verwirft er den früheren Begriff Wurzel, jenen Begriff, der von seiten der ostalpinen Geologen so oft und so heftig angegriffen worden ist. Die Decken erscheinen nun bei STAUB nicht mehr durch das Auspressen einer Wurzelsynklinale erzeugt — der wesentlichste Streitpunkt mit einem großen Teil der ostalpinen Geologen ist damit beseitigt.

In den Anschauungen, die STAUB (27) geäußert hat, zeigt sich eine scharfe Abkehr von den bisherigen Ansichten der Deckentheorie, wie die folgenden Zeilen zeigen. Die helvetische Zone entspricht einem alten nördlichen, die austride einem alten südlichen Kontinentalsockel, das zentrale Becken der Tethys, die nachgiebige Region sind die Penniniden. Die Alpenstauung geschieht in einer Reihe von Phasen. So wird in der vorgosauischen (juvavischen) Phase ein Stück dinarischen Landes gegen N geschoben, es schält dabei das nächstgelegene Sedimentgebiet des tirolischen Rückens ab und treibt es nach N. In das Tertiär fällt die unterostalpin-penninische Phase: die Grisoniden schoben sich unter dem Druck der an der Außenfront der Dinariden anrückenden Tiroliden mit-samt den Penniniden zu einem großen Deckenhaufen zusammen. — Dann kommt die große Überschiebungsphase der Tiroliden, die als geschlossenes Paket von riesigen Dimensionen das grisonide und penninide Land überschieben; die Penniniden werden dadurch nach N geschleppt und auf das Helvetische hinaufgeschoben. Das Helvetische wird dadurch in Decken gegen N gedrängt.

Wenn man sich diese Vorstellungen überlegt, so sieht man, daß nicht mehr an das einfache Auspressen einer Wurzelsynklinale gedacht wird, sondern daß es das Wandern von großen Schollen ist, welches das Deckengebirge erzeugt — in der Vorstellung von ARGAND-STAUB ist es der Vormarsch der afrikanischen Scholle, der die Alpen schuf. — Als Ursache dieser großen Bewegungen kann man WEGENERS kühne Ideen heranziehen oder man kann an die von AMPFERER begründete und von SCHWINNER ausgebaute Unterströmungstheorie denken, die ja, wie AMPFERER gezeigt hat, keineswegs mit den Kontinental-schiebungsvorstellungen WEGENERS unvereinbar ist.

Eine große Schwierigkeit besteht bei Annahme der Deckentheorie, besonders jenes Teiles derselben, der eine große Über-einanderstapelung der im Streichen weiter gehenden, aber ab-getragenen Decken annimmt. Bei derartigen Konstruktionen kommt

man im Tessin zu Alpenhöhen von 30 km und man muß aus der Rekonstruktion der Decken in Luftlinien zu solchen Höhen kommen, wenn man nicht den O—W-Schub annimmt. Es muß also die alpine Tektonik großartige Abtragungsbeträge annehmen und sie kommt daher, wenn sie diese Abtransporte in die miozäne und pliozäne Zeit verlegt, mit der **Morphologie** in Konflikt; denn diese zeigt das Vorhandensein von alten Landformen untermiozänen und höheren Alters. Vorläufig ist kein sicherer Weg zu sehen, der aus diesem Dilemma herausführen würde.

Die morphologischen Studien in den Ostalpen haben auch noch ergeben, daß von der Gipfelflur abwärts über die alte Gebirgsoberfläche, deren untermiozänes Alter doch recht sicher gestellt ist, zu den tieferen, schon deutliche Talgebiete zeigenden Flächensystemen lauter Abtragungsniveaus vorliegen, die mit dem geologischen Bau keinerlei Beziehungen haben. Ein weiteres Ergebnis ostalpiner morphologischer Forschung liegt in der Erkennung der Tatsache, daß die Erhebung der Alpen mit der Erwerbung der Hauptzüge des inneren Baues nichts zu tun hat, sondern daß es sich um spätere hebende Vorgänge — in dem Sinne, daß eine lebhaftere Höherschaltung des Gebirges eintrat — handelt.

Eine große Schwierigkeit liegt in der Zeit der Ausbildung der alten Oberflächensysteme, denn in der mittleren Tertiärzeit drängen sich die Faltung, Erhebung und Abtragung der Alpen.

Für die großen, während des Jungtertiärs anzunehmenden Abtragungen fehlen die Schuttmengen im nördlichen Alpenvorlande und es fragt sich, wo der Schutt von dem Einschneiden der Täler unterhalb der altmiozänen Landoberfläche ist. Es läßt sich (173) diese Frage nur durch die Annahme erledigen, daß die Alpen als fertiges Hochgebirge dem Vorland angefügt wurden und daß so der Grottschutt ihrer Hochgebirgsmeißelung von ihnen überfahren, unter ihnen begraben ist. Nur am Ostrande der Alpen steht das Gebirge mit dem Tertiär noch in normalem Verbande.

Die vorstehenden Auseinandersetzungen haben gezeigt, daß zwar große Meinungsverschiedenheiten über den Bau und die Entstehung der Alpen bestehen, daß aber doch eine gewisse Annäherung der gegensätzlichen Standpunkte nicht zu übersehen ist. Es ist auch klar, daß in den letzten Jahren ein großer Aufschwung in der Erkenntnis des Gebirgsbaues eingetreten ist — der Weg führt aufwärts!

V. Literaturnachweise

Die im folgenden angegebene Literatur umfaßt nur die wichtigsten Arbeiten. Hauptsächlich wurde ostalpine Literatur angeführt, da ja die Deckentheorie in den Ostalpen noch fraglich ist und überdies für die Schweiz HEIMS Geologie der Schweiz zur Verfügung steht.

Folgende Abkürzungen wurden verwendet:

Jb. und V. = Jahrbuch und Verhandlungen der geolog. Reichsanstalt bezw. Bundesanstalt in Wien. — M. W. G. = Mitteilungen der Wiener geolog. Gesellschaft. — C. M. G. P. = Centralblatt f. Min., Geol. u. Pal. — N. Jb. = Neues Jahrbuch f. Min., Geol. u. Pal. — N. Jb. M. G. P. BB. = Beilagebände zum Neuen Jahrbuch f. Min., Geol. u. Pal. — S. B. = Sitzungsberichte der Wiener Akademie d. Wissenschaften. — D. = Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften. — G. R. = Geol. Rundschau. — Z. D. G. = Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft. — C. R. = Comptes rendus. — M. N. V. = Mitteilungen des naturw. Vereins für Steiermark.

1. JENNY, Die alpine Faltung, Berlin 1924. JENNY meint, daß die Gegnerschaft gegen die Deckentheorie nur mehr den Prestigerücksichten der ostalpinen Geologen entspricht. „Schnell fertig ist die Jugend mit dem Wort.“ — 2. E. SUESS, Die Entstehung der Alpen, 1875. — 3. ALBERT HEIM, Der Mechanismus der Gebirgsbildung, 1878. — 4. ROTHPLETZ, Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen, 1894. — 5. ALBERT HEIM, Geologie der Schweiz. — 6. RICHTHOFEN, Jb. 1859, 1860. — 7. ROTHPLETZ, Das geotektonische Problem der Glarner Alpen, 1898; Geotektonische Probleme, 1894. — 8. MYLIUS, Ein Profil vom Säntis zu den Bergamasker Alpen, N. Jb. BB. 41. — 9. ROTZPLETZ, Geolog. Alpenforschungen, I—III, 1900—1908. — 10. BERTRAND, Bull. Soc. géol. France, 1884. — 11. GÜMBEL, Geologie von Bayern, 1894. — 12. SCHARDT, Livret guide, 1894. — 13. STEINMANN, Berichte d. naturforsch. Gesellsch. Freiburg, 1897. — 14. STEINMANN, Berichte d. naturforsch. Gesellsch. Freiburg, 1905. — 15. E. SUESS, Antlitz der Erde, I—III. — 16. UHLIG, M. W. G. 1909. — 17. LUGEON, Bull. Soc. géol. France, 1901. — 18. LUGEON, Bulletin de laboratoire de géologie, géogr. phys. de l'univers. de Lausanne, 4, 1903. — 19. DIENER, Bau der Westalpen, 1891. — 20. AMPFERER, V. 1918. — 21. KOSSMAT, C. M. G. P. 1925. — 22. AMPFERER-HAMMER, Jb. 1911. — 23. HERITSCH, Grundlagen der alpinen Tektonik, Berlin 1923. — 24. HEIM, Säntiswerk, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, N. F. 16. — 25. HAMMER, Jb. 1914. — 26. STAUB-CADISCH, Ecolgae, 16. — 27. R. STAUB, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz N. F. 52, 1924. — 28. TERMIER, C. R. 1904; Bull. Soc. géol. France, 1905. — 29. E. SUESS, S. B. 1905. — 30. ARN. HEIM, Vierteljahrsschrift d. Züricher Naturforsch. Ges. 61. Bd., 1916. — 31. SPENGLER, M. W. G. 1918. — 32. DEECKE, N. Jb. BB. 36. — 33. WILCKENS, Tekt. Geologie. — 34. C. SCHMIDT, Ecl. 9. Bd. — 35. SCHWINNER, G. R. 6. Bd. — 36. LEBLING, Z. D. G. 1925. — 37. ARN. HEIM, Vierteljahrsschrift der Züricher Naturforsch. Ges. 1906. — 38. AMPFERER, V. 1908. — 39. CORNELIUS, V. 1920. — 40. BODEN, Mitteil. d. München. geograph. Ges. 18. Bd., 1925. — 41. GÖTZINGER-VETTERS, Jb. 1923. — 42. KOCKEL, M. W. G. 14. Bd. — 43. AMPFERER-SANDER, V. 1920. — 44. LEBLING, G. R. 1912. — 45. M. RICHTER, Jb. 1924. — 46. SCHAAD, Dissertation, Zürich 1925. — 47. WEPFER, N. Jb. BB. 27, 1909. — 48. M. RICHTER, Jb. 1922. — 49. M. RICHTER, M. W. G. 1924. — 50. KOBER, G. R. 5. Bd. — 51. TRAUTH, M. W. G. 14. Bd. —

52. GEYER, Jb. 1909. — 53. BODEN, Geognost. Jahreshefte, 33., 35., 38. Bd. — 54. KOBER, M. W. G. 1912. — 55. HERITSCH, N. Jb. 1915, I. — 56. LEBLING, Z. D. G. 1925. — 57. HAHN, Z. D. G. 1912, 1914. — 58. HAHN, M. W. G. 1913. — 59. BODEN, C. M. G. P. 1922. — 60. SANDER, Jb. 1921. — 61. SANDER, Tschermaks Min. Petr. Mitteil. 1911. — 62. STAUB, Schweizer min. petrogr. Mitteil. — 63. SANDER, Jb. 1920. — 64. CORNELIUS, C. M. G. P. 1923. — 65. CORNELIUS, G. R. XI. — 66. CORNELIUS, M. W. G. 1923. — 67. HERITSCH, C. M. G. P. 1923. — 68. PREISWERK, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, N. F. — 69. KOSSMAT, Abhandlungen d. math.-nat. Klasse d. sächsich. Akad. d. Wiss. 38. Bd. — 70. CORNELIUS, G. R. 16. Bd. — 71. ARGAND, Ecl. geol. Helvet. 16. Bd. — 72. R. STAUB, Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz, N. F. 46. — 73. BUBNOFF, Grundlagen der Deckentheorie, Stuttgart 1921. — 74. SPITZ, V. 1913. — 75. SPITZ-DYHRENFURT, Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz, N. F. 44. — 76. Zusammenstellung in 23. — 77. SPITZ-DYHRENFURT, Ecl. geol. Helvet. XII. — 78. SPITZ-DYHRENFURT, V. 1913. — 79. SPITZ, V. 1917. — 80. STAUB, Ecl. geol. Helvet. XV. — 81. STAUB, Heimfestschrift, 1919. — 82. ARBENZ, Vierteljahrschrift d. Züricher Nat. Ges. 1913. — 83. HAMMER, Jb. 1908. — 84. KOBER, Bau und Entstehung der Alpen, Berlin 1923. — 85. HAMMER, V. 1925. — 86. HAMMER, S. B. 132. Bd. — 87. HAMMER, Jb. 1906. — 88. SANDER, Carta geologica della tre Venezie, Bl. Brixen und Bl. Meran, 1925. — 89. POSEPNY, Archiv f. prakt. Geologie, 1880. — 90. STEINMANN, M. W. G. 1910. — 91. HERITSCH, V. 1919. — 92. HERITSCH, S. B. 1912. — 93. KOBER, Bau der Erde, Berlin 1921. — 94. KÖLBL, S. B. 133. Bd. — 95. KOBER, S. B. 1912. — 96. WINKLER, V. 1923; G. R. XVI. — 97. HERITSCH-ANGEL, M. N. V. 1926. — 98. UHLIG, S. B. 1909. — 99. SANDER, D. 82. Bd., 1911. — 100. SANDER, G. R. 1913. — 101. FRECH, Wissenschaftl. Ergänzungshefte zur Zeitschrift d. D. Ö. A. V. IV, 1905. — 102. SANDER, V. 1911. — 103. FRECH, Kokens geol. pal. Abhandlungen, 5. Bd., 1900. — 104. BECKE-UHLIG, S. B. 1906. — 105. TERMIER, C. R. Pariser Akademie, 1912; G. R. IV. — 106. SPITZ, Jb. 1918. — 107. W. SCHMIDT, D. 99. Bd. 1924. — 108. HERITSCH-SCHWINNER, Mitteilungen der Nat. Verein. für Steiermark, 1924. — 109. SCHWINNER, C. M. G. P. 1925. — 110. MOHR, D. 88. Bd., 1912. — 111. W. SCHMIDT, Jb. 1921. — 112. SANDER, V. 1916. — 113. KOSSMAT, M. W. G. 1913. — 114. MOHR, V. 1925. — 115. AMPFERER, V. 1916. — 116. W. SCHMIDT, V. 1922. — 117. HERITSCH, Geologie von Steiermark, Graz 1921. — 118. HERITSCH, G. R. 1925. — 119. SCHWINNER, Z. D. G. 1923. — 120. SCHWINNER, C. M. G. P. 1915. — 121. MOHR, Z. D. G. 1923. — 122. HERITSCH, C. M. G. P. 1911. — 123. MOHR, Ist das Wechselfenster ostalpin? Graz 1919. — 124. MOHR, D. 98. Bd. — 125. HERITSCH, N. Jb. BB. 51. — 126. AMPFERER, D. 96. Bd. — 127. TRÜMPY, Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz, N. F. 46. — 128. HAUG, Bull. Soc. géol. France, 1906. — 129. SPITZ, M. W. G. 1910. — 130. SPENGLER, Jb. 1919. — 131. SPENGLER, M. W. G. 1918. — 132. KOBER, D. 1912, 88. Bd. — 133. AMPFERER, Jb. 1921. — 134. SPENGLER, Jb. 1922. — 135. SPENGLER, Jb. 1925. — 136. HERITSCH, G. R. 5. Bd. — 137. AMPFERER, Jb. 1925. — 138. NOWAK, Bull. Acad. Sc. de Cracovie, 1911. — 139. SPENGLER, Jb. 1918. — 140. AMPFERER, Jb. 1924. — 141. SPITZ, V. 1919. — 142. Näheres in 23, S. 182. — 143. WILCKENS, G. R. 2. Bd. — 144. DIENER, C. M. G. P. 1904. — 145. DIENER, Bau und Bild der Ostalpen, 1903. — 146. FURLANI, D. 97. Bd. — 147. WINKLER, Jb. 1920. — 148. WINKLER, M. W. G. 1923. — 149. KOSSMAT, G. R. 15. Bd. — 150. HERITSCH-SEIDL, Mitteil. d. Erdbekomm. d. Wien. Akad. d. Wissensch. N. F. 55. — 151. SANDER, V. 1916. —

152. TERMIER, C. R. Pariser Akad. 1922. — 153. GORTANI, Atti d. R. Accad. d. Scienze di Torino, 58. Bd., 1923. — 154. SPITZ, M. W. G. 15. Bd. — 155. SALOMON, Über Alter, Lagerung und Entstehung der granitisch-körnigen periadriatischen Massen, Wien 1897. — 156. WOLFF, Sitz-Ber. d. Preuß. Akademie 1902, 1905. — 157. SANDER, Jb. 1906. — 158. KRAFT, V. 1898. — 159. TRENER, V. 1901. — 160. Übersicht in HERITSCH, G. R. 5. Bd. — 161. HERITSCH, Mitteil. d. Naturwiss. Verein. f. Steiermark, 1911. — 162. SCHWINNER, C. M. G. P. 1915. — 163. KOBER, M. W. G. 1911. — 164. STILLE, Grundfragen der vergleichenden Tektonik, Berlin 1924. — 165. CORNELIUS, Jb. 1924. — 166. TORNQUIST, N. Jb. M. G. P. BB. 41. — 167. STAUB, Ecl. geol. Helvet. 19. Bd., 1926. — 168. HERITSCH, G. R. 3. Bd. — 169. SANDEB, V. 1913. — 170. ANGEL, Gesteine der Steiermark, Graz 1924. — 171. M. RICHTER, Z. D. G. 1923. — 172. M. RICHTER, G. R. 15. Bd. — 173. AMPFERER, Jb. 1923. — 174. HAMMER, G. R. 16. Bd. — 175. TROLL, Z. D. G. 1926. — 176. KLEBELSBERG, Z. D. G. 1925. — 177. Die wichtigsten Arbeiten sind folgende: GORTANI, Boll. Soc. geol. ital. 1905, 1906, 1911, 1924; Paleontogr. italica XII, XIII, XVII, XXI, XXVI; Boll. R. Com. geol. ital. 41, 43, 44; VINASSA DE REGNY, Boll. Soc. geol. ital. 1906, 1908, 1913; Paleontogr. ital. XIV, XXI, XXIII, XXIV; Boll. R. Com. geol. d'Ital. 41, 43, 44; GORTANI und VINASSA DE REGNY, C. R. Geologenkongreß in Stockholm, Boll. Soc. geol. ital. 1911. — 178. FRECH, Die Karnischen Alpen, Halle 1894. — 179. GEYER, Jb. 1896. — 180. KOBER, Tschermaks mineral. petrogr. Mitteil. 38. Bd. (BECKE-Festband), 1925. — 181. UHLIG, S. B. 1906. — 182. M. RICHTER, C. M. G. P. 1926. — 183. TRAUTH, D. 100. Bd., 1925. — 184. SCHWINNER, S. B. 1925. — 185. HERITSCH, D. 92. Bd., 1915; 94. Bd., 1917. — 186. SCHWINNER, G. R. XIV. Bd.
-

VI. Sachregister

- Aarmassiv** 100, 106
Abgleiten von höheren Schubdecken 86
Abscherung der Wurzeln 84, 106
Abschürfnng der Decken 191
Abschürfnngsdecke der Helvetiden 106
Abwicklung der Profile 96
Adelsberger Überschiebung 179
adriatische Außenzone 183
Adria — ein Senknngsfeld 185
Aduladecke 116
Aflenzer Fazies 155, 156, 164, 167
Aiguilles rouges-Massiv 100
Aktives Wandern der Decken 84
Albitisation im Murauer Gebiete 114
Albula-Bogen 122
— -Decke 119
Allgäuer Decke 120, 158, 165, 166, 167
— Flyschzone 109
Alpenknickung 124, 125, 141, 170
Alpen und Dinariden 175, 176
Alpenvorland 102
alpiner Quarzphyllit 175, 176
alpinodinarische Grenze 127, 175, 176, 181, 184, 185
— — Verlauf 175
— — als Narbe 182
— Knickung 178, 179
— Narbe 163, 165, 176, 182, 183, 184
Althase in den Zentralalpen 141
alte Bewegungen in den östlichen Zentralalpen 173
alte Gebirgsbewegungen und ihr Einfluß auf junge Faltungen 173
Alter der Alpenknickung 125
— — Bewegungen der penninischen Decken 109, 114
— — Deckenbewegungen in der Schweiz 188
Alter des Flysches 108, 109
Alte Gebirgsoberfläche 193
Alter der Ophiolithe 112
— — Phyllite der Grauwackenzone 143
— — Schieferhülle 128
— — Stauung der Molasse 102
— — Tektonik in den Hohen Tauern 128
— — Überschiebung des Ostalpinen über die Tauern 140
Altes und junges Streichen bei Graz 145
— — — — im Wechsel 145
Altkrystallin der Ötzmase 131
— — östlichen Zentralalpen 143
Andesite des Drauzuges 186
Angertalmarmor 128
Ansturm der penninischen Decken 106
Anthauptenserie 133
Arollaserie 92
Arosa-Schuppenzone 92, 151, 153
Arpilles-Massiv 100
Art der penninischen Tektonik 115
Aufbränden einer Decke 85
Aufbruchzone des Rhätikons 92, 101, 152, 153
Ausdünnung einer Decke 85
aufgehängter Überschiebungsbogen 156
Auf- und Absteigen der Deckenachsen 91
Austriden 101
austride Zone als Kontinentalsockel 192
austrische Gebirgsbildung 189
Außenrand der Gebirge und Vorland 94
Außenzone der Dinariden 177
Autochthon 84
Autochthone Massive 102
Autochthon der Schweiz 100
autochthone Faltung 85
autochthoner Flysch in den Ostalpen 109
autochthone Zentralmassive der Schweiz 104

- Autochthonie der östlichen Zentralalpen 149,
170, 172, 173
— des Wechsel—Semmering 172
Axialgefälle der Decken 91, 116
— in Graubünden 123
- B**achergebirge 186
bajuvarische Decke 120, 155, 156
bayrische Decke 120, 154, 155, 157
Bedenken gegen die Faltennatur der Decken
87
Basalt von St. Paul 126
Berninadecke 117, 119
Berninagranit 103
Bernkogelserie 133
Beweise für die Deckentheorie 95, 96, 97
Bimstein von Brixen 126
— — Köfels 126
Blätter 87
Blocktektonik der östlichen Zentralalpen
146
Bogenfalten von Weyer 145
Bogen von Graubünden 122
Bogentektonik des Altkristallins der öst-
lichen Zentralalpen 125
böhmische Masse 103, 144, 148, 163, 164,
171, 183
— — und oberostalpine Geantiklinale 171,
172
böhmischer Serpentin von Waidhofen 110
Bösensteinmasse 143
bosnische Hornsteinformation 177
Bozener Porphyr 187
Brekziendecke 151, 152
Brekzienfazies der Deckenstirnen 114
Brenner-Mesozoikum 131
Brettsteinzüge 144, 160, 162
Brixener Granit 136, 169, 170, 175, 181,
185, 186
— Phyllit 141, 142, 169, 176, 178
Brüche in den Decken 86
Bündener Aufbruchszone 101
— Kalkgebirge 80
Bündner Schiefer 80, 82, 91, 92, 100, 101,
111, 112, 121, 132, 140, 151
— — Alter derselben 111
— — als Schmiermittel 89
Bundschuhmasse 135, 144
- C**ampodecke 119, 120, 122, 123, 125, 126,
127, 134, 136, 144, 151, 162
Carapace 84
Casannaschiefer 111
Catena orobica 162
Charakteristik der Ostalpen 102
— — Westalpen 102
Comagenischer Rücken 104
- D**achsteindecke 120, 148, 154, 155, 157,
167, 183
Dachziegelartiger Bau der Nördlichen Kalk-
alpen 88
Dazite des Bachergebirges 186
Decke 84
Deckenbau unter Belastung 88, 89
Deckenbewegungen an der Oberfläche 86
Decken in der böhmischen Masse 90
Deckendepressionen 91
Deckengliederung der Helvetiden in der
Schweiz 105
— — Nördlichen Kalkalpen 153
Deckengebirge 85, 100
— unter Ungarn 91
Deckenbau in den Dolomiten 177
Decken der julischen und Steiner Alpen 193
Deckenkulminationen 91
— in Graubünden 123
Deckenland 91
Deckenrücken 84
Deckenscheitel 84
Deckscholle 84
Deckschollen der Ötzmasse 126
Deckenstirn 114
Decke der Taschenschiefer 147
Deckentheorie, Geltungsbereich 75
Deckentektonik der Schweiz 99, 100
Deckfalte 84
Dent blanche-Decke 91, 92, 116, 117, 152
Diableretsdecke 152
Digitation einer Decke 84
Dinariden 136, 160, 163, 167, 169, 175,
180, 183, 185, 192
— im engeren Sinne 179
— Bewegung gegen Süden 175
— Deckenbau 177, 178
— Alter der Gebirgsbewegungen 181
— Gliederung 177, 178

- Dinariden und Südalpen, Trennung 179
 — als Teil der oberostalpinen Decke 185
 — — trainean éraseur 169, 177, 180, 181
 — — treibende Kraft beim alpinen Bau 180
 dinarische Bewegungen 189
 — Einflüsse in den Tauern 139
 — Narbe 182
 dinarischer Quarzphyllit 175, 176
 dinarische Spannungen, Einlanken in die Südalpen 179
 dinarisches Streichen in den Zentralalpen 139
 Dommassive 81
 Drauzug 132, 139, 164, 166, 167, 169, 178, 183
 — Definition 174
 — keine Wurzel 184
 — tektonische Stellung 167
 — als Wurzel für die Kalkalpen 166
 Druckwalzendecke 85
 Drusbergdecke 90, 105
 Ducanbogen 122
 Durchverfolgung der Decken 90
 Dürnbachbrekzien 110

E
 Edoloschiefer 162, 169
 Einfallen der Dinariden unter die Alpen 181
 Einheitlichkeit des Faltenmechanismus 82
 — der Faltungszeit 82
 — — Faltungsrichtung 82
 Einseitiger Bau der Gebirge 94
 Einsenkung der Adria 177
 Einwicklung von Decken 86
 — — Lepontin und Ostalpin 135
 — der Radstädter Tauern 133
 — von Wechsel und Semmeringdecken 148
 — der Wildhorndecke 152
 Ellisoidi 174
 embryonale Decken 114, 188
 Engadiner Kulmination 123
 Ennstaler Phyllite 143
 Entstehung der Decken aus liegenden Falten 86, 87
 — einer höheren Decke 84
 — — liegenden Falte 83
 Eozän von Konradsheim 110
 epiadriatische Bewegungen 139
 Ergänzung der Profile in große Tiefen 94
 Erhebung der Alpen 193
 Errdecke 119, 151
 Ersatz der Riesendeckfalten durch kleine Bewegungselemente 88
 Erzeugung des Deckenschubes 190
 Etschbuchtgebirge 177
 exotische Blöcke 79
 Exotika der Gosau 158

F
 Falknisdecke 92, 119, 121, 151, 152, 153
 faltenartige Einrollung von Schubmassen 87
 Faltenbogen 93
 Faltung und Schubrichtung 93
 Fazies in den Nördlichen Kalkalpen 154
 — — — Südlichen Kalkalpen 99
 Faziesabwicklung 97
 Faziesbeziehungen übereinander liegender Decken zueinander 97
 Fazies und Decken 90, 99
 Faziesgrenzen und Dislokationen 98
 Fazies in Helvetiden, Penniniden und Austriden 101
 faziestektonisches Profilschema 98
 Faziesübergänge im Salzkammergut 155
 Faziesverhältnisse als Gründe gegen die Deckentheorie 164
 Fazieswechsel quer auf die Alpenkette 97
 Fenster 84
 — von Fischbach 149
 — der Hohen Tauern 82, 128, 135, 140, 163
 — — — — Frage desselben 138
 — — — — Fortsetzung gegen Osten 135
 — — — — und Granwackenzone 138
 — von Rojen 126
 — des Semmering 148, 149
 — — Unterengadin 82, 92, 93, 112, 122, 125, 140, 141, 159
 Fließformung der helvetischen Decken 105, 191
 Flysch 80, 163, 183, 148
 — des Briançonnais 115
 — im Bregenzer Wald 108
 — von Friaul 179
 — helvetischer 153
 — des Oberhalbstein 117
 — — Prättigau 80
 — im Tarntal 132
 Flyschfaltung 190

- Flysch-Kalkalpengrenze als großtektonische Linie 109, 110
- Flysch als Schmiermittel 89
- als orogenes Sediment 108
- und vorgosauische Gebirgsbildung 108
- Flyschzone der Ostalpen 109, 172
- Fortsetzung des Flysches unter die Molasse 110
- Frankenfelder Decke 120, 155, 158, 164
- frattura periadriatica 177
- G**ailtaler Alpen 139, 142, 159, 163, 184
- — als Wurzel 163
- Gallinalinie 185
- Gamsfelddecke 155, 157
- Geantiklinalen und Deckenstirnen 114
- Gebirge im Norden der Tauern 142
- — Süden der Tauern 142
- Gebirgsbildungen in den östlichen Zentralalpen 144
- Gebirgsbildungszeiten der autochthonen Zentralmassive 104
- Gegenüberstellung von West- und Ostalpen 101
- — karbonischen und jugendlichen Alpen 187
- gemischte Areale 88
- Gerölle der Nagelfluh und ihre Herkunft 102
- Geröllführung der Molasse in Bayern 103
- Gesteinsmaterial und Stil der Tektonik 106
- Glanzschiefer 111
- Glarnerdecke 105, 107
- Glarner Doppelfalte 77, 79, 80, 82
- Gleitende Vorgänge in den Decken 86
- Gleitung der helvetischen Decken 105
- Gleitbretterbau 115, 118
- am Westrande der Ostalpen 80
- Gliederung der Dinariden 177, 178
- — Schieferhülle der Hohen Tauern 129
- — östlichen Zentralalpen 143
- Gneiswalzfalten der Tauern 191
- Gosau der Kainach 189
- Gotthardmassiv 100
- als Kern der unteren helvetischen Decken 106
- Granit des Bachergebirges 186
- — L. v. Buchdenkmales im Pechgraben 110, 144, 158, 170, 171, 172
- Grauwackenzone 102, 134, 138, 139, 142, 143, 144, 147, 148, 150, 155, 163, 164, 166, 187
- als Verschluckungszone 159, 168
- Greiner Zunge 131
- Grisoniden 119, 120, 150, 167, 184, 192
- grisonide Decken des Unterengadin 92
- Gebirgsbildung 190
- Wurzel südlich der Hohen Tauern 169
- Grobgneis 143, 148
- und Zentralgneis 138
- Grobgneisserie 143
- Größe der Decken 89
- des Zusammenschubes in den Alpen 96
- große Höhe der Deckenhaufen 192, 193
- Großzügigkeit der Tektonik im Penninikum 115
- Grünzzone 108, 109
- H**allstätterdecke 120, 148, 150, 154, 155, 156, 157, 166, 167, 183
- Stellung derselben 165
- Hallstätter Entwicklung, Fazies 157, 166
- Haselgebirge als Schmiermittel 89
- Hauptdolomit von Musso 127
- Helvetiden, helvetisch 100, 101, 137, 192
- helvetisch-beskidischer Raum 172
- helvetische Decken 105, 106, 190
- — Paroxysmus 188
- — der Schweiz 100
- — als Teil des europäischen Vorlandes 107
- Fazies 100
- helvetisches Becken 171
- Gebirge 80, 151
- Mesozoikum 163
- helvetische Tektonik 96
- Zone 71, 86, 104, 101
- — als Kontinentalsockel 192
- — von Vorarlberg 105
- Herkunft der exotischen Blöcke 107
- — Gosangerölle 110
- — Klippen 98
- herzynische Diskordanz 100, 118, 119
- hochalpine Decke 120, 155, 156
- Wurzel 182
- hochdinarische Decke 164, 177, 180
- Hochkarstserie 180

- Hochkastendecke 90
 Hochkugeldecke 108, 109
 hochostalpine Decke 150, 156, 164
 hochtirolische Decke 155, 165, 156, 157, 167
 Hochstegenkalk 128, 188
 Hohe Tauern 111, 113, 115, 127, 138,
 139, 166, 170, 183, 187, 189, 191
 — — Gebirgsbewegung und Intrusion 140
 — — Phasenfolge 140, 141
 Höferschaltung der Alpen 193
 horizontale Verfrachtungen gegen den Rand
 der Alpen 82
- M**ffingermasse 185
 Innsbrucker Quarzphyllit 137, 141
 Inntaldecke 120, 164, 166, 167
 Insubrisches Gebiet 100, 162
 — Gebirge 119
 insubrischer Schub 100, 181, 188
 Ischl-Ausseer Schuppen der Hallstätter Ent-
 wicklung 165
 Internzone 161
- J**udikarielinie 125, 175
 Jungphase in den Zentralalpen 141
 juvavische Decke 120, 156, 157
 — — Herkunft 165
 — Gebirgsbildung 169, 189
- K**aledonische Faltung 186
 Kalkalpen der Ostalpen-Fazies 101
 — der Ostalpen eine Abscherungsdecke 159
 — — — eine wurzellose Masse 159
 Kalksteiner Trias 142
 Kalkstein als Radstädter Wurzel 169
 Karawanken 125, 162, 174, 182, 184
 — als Wurzel 163
 Karbon des Nößlacher Joches 132
 — der Stangalpe 135, 146
 — des Steinacher Joches 131
 Karnische Alpen 102, 139, 142, 146, 147,
 163, 164, 174, 177, 184, 187
 — — Tektonik 174
 Karpathischer Charakter des Wechsel-
 Semmering-Gebietes 149
 Karpathen, Deckenbau 172
 karpathisches Streichen 145
- Karpathen, Kleine 173
 Karstsystem 180
 Katschberglinie 144, 145
 Kernserie 148
 Klammdecke 134
 Klammkalk 134, 143
 Klippen 80, 84, 100, 101, 121, 151
 Klippenblöcke 107
 Klippendecke 119, 134, 138, 151, 152,
 153, 161
 Klippenfazies 78
 Klippen, Herkunft 79
 Klippenproblem 78
 Klippen des Allgäu 158
 — von Lainz 158
 — der Schweiz 78
 Klippenzone 170, 172
 — des Ennstales 158
 — am Nordrande der Nördlichen Kalk-
 alpen 157
 — der Karpathen 158
 — des Ybbstales 158
 Knötchenschiefer 112
 Königstuhl-Trias 167
 Kontinentalverschiebungen 192
 Kontraktionshypothese 106, 190
 Krahbachjochdecke 120
 Kreide des Bregrenzer Waldes 108
 Kristallin östlich des Katschberges 170
 Kristallisationen und Intrusionen der Ötz-
 masse und der östlichen Zentralalpen 126
 kristalline Zone der Schweiz 81
- L**aaser Marmor 126
 — Schichten 127, 136, 170
 — Serie 136, 144
 Längzerreißung der Alpen 123
 Lambeau de recouvrement 84
 Laminierung einer Decke 85
 Lechtaler Decke 120, 164, 165, 166, 167
 — Kreide 112
 lepontin 101, 150, 151
 lepontinischer Außensaum der Alpen 158
 lepontinische Decke 92, 121, 152
 lepontinisch, Definition 137
 lepontinisches Kristallin 148
 Lepontin und Ostalpin 135
 liegende Falte und Decke 88

- liegende Riesenfallen 88
 Lochseietenkalk 77, 78
 lombardische Fazies 178
 Lunzer Decke 120, 155, 164
 — Fazies 164
- Malenco** 117
 Mandlingzug 183
 Margnadecke 116, 117
 Marmore der penninischen Decken 112
 — — Texelgruppe 126
 Marschfront der Alpen 104
 Maulser Gneis 131, 136, 169
 — Schiefer 136
 — Trias 130, 136, 137
 — Wurzel 137
 Matreier Zone 131, 132, 136, 162
 — — tektonische Stellung 132, 133
 Metamorphose der penninischen Decken 113, 114
 — und Gebirgsbildung in der Ötzmasse und den östlichen Zentralalpen 149
 — Zunahme derselben gegen Süden 113
 mittelostalpine Decken 119, 120, 171
 Molasse 102, 110, 140, 148, 151, 163, 183, 190
 Molasse-Flyschgrenze 102
 Molasse, südalpine 177
 Mont blanc-Massiv 100
 Monte Rosa-Decke 90, 91
 moravische Zone der böhmischen Masse 149
 Morbegnoschiefer 162
 morphologische Entwicklung der Ostalpen 102
 Morphologie und Gebirgserhebung 190, 193
 Muralpen 138, 139, 142, 143, 147, 149, 165, 166, 167, 168, 170, 186
 — Autochtonie 141
 — tektonische Stellung 146
 Murauer Kalk 137, 146
 — Mulde 146
 Mürtshendecke 105
 Mürtztaler Grobgneis 144
 — Kristallin 124
 Mythenklippe 151
- Naiflinie** 185
 nappe 84
 nappe de Diablerets 105
 — de Morcles 105
 — de recouvrement 80, 84
 Narbe 85, 106
 Niederösterreichische Kalkvoralpen 79
 Niesendecke 107, 152, 161
 Niesenflysch 109, 117, 151
 Nordbewegung der Dinariden 181
 norddinarische Einheit 180
 Nordufer des Flyschmeeres 102
 Nördliche Kalkalpen der Ostalpen 106, 152, 187
 — — als Schubdecke 167
 norische Linie 140, 150
 Nöblacher Decke 135, 146, 168
- Öberostalpine Decke** 119, 120, 155, 180, 185
 — Geantiklinale 171
 — Geosynklinale 111, 170, 171
 — Hauptphase 189
 Ober- und Unterostalpin in den Nördlichen Kalkalpen 155
 — — — im Sinne von KOBER 150
 oberostalpine Wurzel 178, 185
 oberdinarische Decke 177, 182, 183
 — Wurzel 178
 Ophiolithe 91, 112, 151, 153
 — Art und Auftreten 112
 — und Radiolarit 113
 orobischer Granit 186
 orobische Linie 186
 Orogen 91, 175, 176
 Ortlerdecke 119
 Ortlertrias 123
 Ostalpen der Schweiz 100
 ostalpine Decke 80, 163, 183
 — Deckenbewegungen 188
 — Decken von Graubünden 117
 — — der Schweiz 100
 ostalpiuer Deckenschub 189
 Ostalpin, Definition 137
 ostalpiner Flysch 102, 109
 ostalpines Kristallin 148
 Ostalpin und Lepontin 234, 137
 ostalpine und penninische Tektonik 118
 ostalpines System 151
 ostalpine Tektonik 117, 118, 119

Fortschritte der Geologie und Palaeontologie,

herausgegeben von Professor **Dr. W. Soergel**-Bresláu

- Band I Heft 1: **Das Batholithenproblem** von Professor **Dr. Hans Cloos**, Direktor des Geologischen Instituts der Universität Breslau. Mit 24 Figuren im Text. (III u. 80 S.) 1923 Geheftet 3.—
- „ 2: **Die Stämme der Reptilien von Dr. Baron Nopcsa**. Mit 6 Tafeln (III u. 210 S.) 1923 Geheftet 15.—
- „ 3: **Die Gliederung der Erdrinde von Dr. S. v. Bubnoff**, Privatdozenten für Geologie und Paläontologie an der Universität Breslau. Mit 20 Figuren im Text. (III u. 84 S.) 1923 Geheftet 5.40
- „ 4: **Angewandte Palaeontologie und Geologie der Flachseegesteine und das Erzlager von Salzgitter** von **Dr. J. Weigelt**, Privatdozenten für Geologie und Paläontologie an der Universität Halle a. S. Mit 74 Figuren und 14 Tafeln. (III u. 128 S.) 1923 Geheftet 6.75
- Band II 5: **Diluviale Flußverlegungen und Krustenbewegungen von Dr. W. Soergel**, Professor an der Universität Tübingen. Mit 10 Tafeln und 28 Figuren im Text. (VIII u. 388 S.) 1923 Geheftet 18.—
- „ 6: **Die tertiären Landoberflächen in Thüringen** von **Dr. Br. v. Freyberg**, Privatdozenten für Geologie und Paläontologie an der Universität Halle a. d. S. Mit 1 Tafel und 19 Figuren im Text. (III u. 77 S.) 1923 Geheftet 4.50
- „ 7: **Das Devon in Schlesien und das Alter der Sudetenfaltung** von **Dr. E. Bederke**, Privatdozenten an der Universität Breslau. Mit 1 geolog. Karte, 1 Textabbildung und 5 Abbildungen auf 2 Tafeln. (V u. 50 S.) 1924 Geheftet 3.—
- Band III 8: **Palaeobiologische Betrachtungen über die fossile Pflanzenwelt** von Professor **Dr. W. Gothan**, Berlin. Mit einem Titelbild und 26 Figuren im Text. (III u. 178 S.) 1924 Geheftet 8.70
- „ 9: **Die Schollen der norddeutschen Moränen in ihrer Bedeutung für die diluvialen Krustenbewegungen** von **Dr. Georg Petersen**, Kiel. Mit 1 Figur und 1 Karte. (IV u. 96 S.) 1924 Geheftet 6.30
- „ 10: **Ammonitenstudien** von Professor **Dr. Martin Schmidt**. Mit 35 Textabbildungen und 1 Tafel. (364 S.) 1925 Geheftet 6.75
- „ 11: **Über die Natur und Bildungsweise der marinen Eisensilikate, insbesondere der chamositischen Substanzen. Ein Beitrag zur Frage der Entstehung marin-sedimentärer Eisenerzlagerstätten.** Von **Dr. K. Berz**. Mit 6 Textfiguren und 6 Tafeln. (156 S.) 1926 Geheftet 12.—
- Band IV 12: **Die südafrikanische Karoo-Formation als geologisches und faunistisches Lebensbild** von **Dr. Fr. von Huene** in Tübingen. Mit 50 Textabbildungen und 1 Karte. (124 S.) 1925 Geheftet 13.50
- „ 13: **Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters** von **Dr. W. Soergel**. Mit 3 Tafeln und 7 Abbild. (128 S.) 1925 Geheftet 8.25
- „ 14: **Laterit. Material und Versuch erdgeschichtlicher Auswertung** von **Dr. Hermann Harrassowitz** in Gießen. Geheftet 24.—
- Band V 15: **Geologie von Sibirien** von **W. A. Obrutschew**. Mit 1 Karte, 10 Taf. und 60 Fig. im Text. (XII u. 572 S.) 1926 Geheftet 37.50
- Band VI 16: **Der Zusammenhang von Flußlauf und Tektonik, dargestellt an den Flüssen SW-Deutschlands** von Professor **Dr. W. Deecke**. Mit 10 Textabbild. und 2 Tafeln. (IV u. 74 S.) 1926 Geheftet 5.25
- „ 18: **Diluvialstratigraphie und Diluvialtektonik, Beiträge und Ergebnisse aus Norddeutschland** von **Dr. K. Beurlen** in Königsberg. Unter der Presse

Intrusionstektonik und Wandertektonik im variszischen Grundgebirge von Professor **Dr. Franz Ed. Suess**. Mit 28 Textbildern und 2 Tafeln. (VIII u. 268 S.) 1926 Gebunden 23.—

I n h a l t

Vorwort

- I. **Allgemeine Gliederung der variszischen Horste**
- II. **Die Zone der Intrusionstektonik**
- III. **Tektonische Gesteinsfazies und tektonischer Bau**
- IV. **Die moldanubische Scholle:** 1. Die Kataschiefer und ihre Herkunft; 2. Die Lagerungsverhältnisse und die Beziehungen zu den Batholithen; 3. Die Stellung des mittelböhmischen Faltengebirges; 4. Schiefer-Inseln im Granit; 5. Vermutliches Alter der moldanubischen Schiefer; 6. Verschiebungszonen in der moldanubischen Scholle; 7. Übersicht
- V. **Die oberrheinischen Horste:** 1. Merkmale der Intrusionstektonik; 2. Nördliche und südliche Randzonen; Überschiebungen und Mylonite; 4. Hauptgliederung des Baues
- VI. **Der erzgebirgische Bau:** 1. Grenzen; 2. Die Gneiskuppeln im Osten; 3. Der Westen und das Tepler Hochland, Anschluß an die moldanubische Scholle; 4. Vorgelagerte Deckschollen; 5. Das Granulitgebirge und seine tektonische Stellung; 6. Anschluß an das Elbtalschiefergebirge und die mittelsächsische Überschiebung; 7. Übersicht
- VII. **Odenwald und Spessart**
- VIII. **Das französische Zentralplateau**
- IX. **Die Sudeten:** Die Umgrenzung und Gegensätze, der lugische Bau; 2. Die innersudetische Leistenscholle; 3. Die mittelsudetische Leistenscholle; 4. Die vorsudetische Leistenscholle; Übersicht über den lugischen Bau
- X. **Der moravo-silesische Bau:** 1. Die moravischen Fenster; 2. Die moldanubische Fernüberschiebung; 3. Das silesische Gebirge; Beziehungen zwischen dem moravischen und dem silesischen Bau; Vergleich mit dem Erzgebirge; 6. Beziehung zu den sudetischen Brüchen und die Bedeutung der Boskowitzter Furche; 7. Weitere Fragen
- XI. **Die Wandertektonik:** 1. Das alpin-dinarische Bewegungsbild im variszischen Bau; 2. Intrusionen und Orogenese; 3. Der Anschluß des lugischen Baues und seine Deckschollen; 4. Die regionale Bedeutung der Intrusionstektonik; 5. Anzeichen der passiven Bewegung in den Intrusionsschollen; 6. Die Frage der Fernverfrachtung der moldanubischen Scholle; 7. Faziesgebiete und Transgressionen; 8. Die Verbreitung der permischen Ergüsse; 9. Die Hauptbewegung der variszischen Grundsollen und die Zergliederung nach der asiatischen Richtung; 10. Die Sonderstellung des moravo-silesischen Baues; 11. Das Tiefenbild der Wandertektonik

Wichtigste benutzte Literatur

Handbuch der Geologie und Bodenschätze Deutschlands. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter herausgegeben von **Dr. Erich Krenkel**, a. o. Professor für Geologie und Paläontologie an der Universität Leipzig.

Bisher wurden ausgeben:

- Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern** von Prof. **Dr. Edwin Hennig**. Mit 9 Tafeln und 61 Textabbild. (VI u. 383 S.) Gebunden 20.25
Die Braunkohlen Deutschlands von Prof. **Dr. Kurt Pietzsch**. Mit 105 Abbildungen und 20 Tafeln. (XII u. 488 S.) 1925 Gebunden 30.—
Geologie von Bayern von **Dr. Adolf Wurm**, Regierungsgeologen am Bayerischen Oberbergamt und Privatdozenten an der Technischen Hochschule in München. I. Teil: **Nordbayern, Fichtelgebirge, Frankenwald**. Mit 8 Tafeln und 109 Textabbildungen. (XIV u. 374 S.) 1925 Geb. 28.50
Die bayerischen Alpen von Prof. **Dr. Leuchs** in München. Unter der Presse

Weiter folgen:

- Westfalen** von Bergrat Prof. **Dr. Baertling**, Landesgeologen Bergrat **Dr. Schmidt**, Landesgeologen **Dr. Paeckelmann** in Berlin;
Nordwestdeutsches Tiefland von Geh. Bergrat **Dr. Gagel** und Landesgeologen Bergrat **Dr. Stoller** in Berlin.

Geologie der Erde. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter herausgegeben von **Dr. Erich Krenkel**, a. o. Professor für Geologie und Paläontologie an der Universität Leipzig.

- Geologie Afrikas** von Professor **Dr. Erich Krenkel**. 1. Teil. Mit 22 Tafeln und 105 Textfiguren. (X u. 461 S.) 1925 Gebunden 38.—
Geologie von Europa. I. Teil von Professor **Dr. S. von Bubnoff**, Privatdozenten für Geologie und Paläontologie an der Universität Breslau. Band I. Mit 86 Abbildungen und 8 Tafeln. (VIII u. 322 S.) 1926 Gebunden 25.—

Monographien zur Geologie und Palaeontologie herausgegeben von Professor **Dr. W. Soergel**, Breslau.

- Serie I, Heft 1: **Die Ichthyosaurier des Lias und ihre Zusammenhänge** von **Dr. Frhr. von Huene**. Mit 22 Tafeln. In Quartformat. Geh. 36.—
„ 2: **Die Kieselpongien der oberen Kreide von Nordwestdeutschland** von **Dr. A. Schrammen**. Geheftet 48.—
„ II, Heft 1: **Der Buntsandstein des badischen Schwarzwaldes und seine Labyrinthodonten** von Professor **Dr. E. Wepfer**. Geheftet 24.—
2: **Der mittlere Jura im Hinterlande von Daressalam (Deutsch-Ost-Afrika)** von **Edwin Hennig**. Geheftet 30.—
„ 3: **Die Plutone des Passauer Waldes, ihr Bau und Werdegang und ihre innere Tektonik** von Professor **Dr. Hans Cloos**. (IV u. 184 S.) 1926 Geheftet 48.—

Die Grundlagen der alpinen Tektonik von Professor Dr. F. Heritsch. Mit
33 Textabbildungen. (VIII u. 259 S.) 1923 Gebunden 16.50

**Geologischer Führer durch die Zentralalpen östlich von Katsch-
berg und Radstädter Tauern** von Dr. F. Heritsch. (Sammlung geolog.
Führer Band XXXII.) Mit 12 Textabbildungen. (VIII u. 156 S.) 1926
In Halbleinen 7.50

Wirkungen der Bauwerke auf Erdbeben von Professor Dr. F. Heritsch.
(Geologische Charakterbilder Heft 34.) 1927 Geheftet 10.50

Bau und Entstehung der Alpen von Prof. Dr. Leopold Kober. Mit 102 Text-
abbildungen und 8 Tafeln. (IV u. 283 S.) 1923 Gebunden 20.25

Die alpine Faltung, ihre Anordnung in Raum und Zeit von Dr. Hans
Jenny. Mit 25 Textabbildungen, 1 Tabelle und 3 Tafeln. (VIII u. 176 S.) 1924
Geheftet 12.—

**Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Er-
scheinungen (Granittektonik)** von Dr. Hans Cloos, o. Professor der
Geologie an der Universität Breslau.

I. Spezieller Teil: **Das Riesengebirgsmassiv in Schlesien.** Bau, Bildung
und Oberflächengestaltung. 1925. 194 S. Mit 2 Kartentafeln und 2 Profil-
tafeln, einem Titelbild und 75 Abbildungen im Text Gebunden 16.50

Das Buch bringt eine nach den tektonischen Methoden und Gesichtspunkten des Verfassers gearbeitete Monographie des Riesengebirgsmassivs in Schlesien. Es bildet zugleich die Grundlage einer systematischen Durcharbeitung der „Granittektonik“. Die ersten Abschnitte sind beschreibenden, die späteren allgemeinen Inhalts, darunter eine Untersuchung über die Morphologie des Granitgebietes in Beziehung zu seinem Bau.

Grundfragen der vergleichenden Tektonik von Professor Dr. H. Stille,
Göttingen. (443 S.) Mit 14 Textabbildungen. 1925 Gebunden 25.50

Ein ungemein fruchtbarer Forschungsweg der tektonischen Geologie liegt in der vergleichenden Behandlung der Probleme unter Heranziehung recht vieler und gut erforschter Einzelfälle. Dabei muß neben dem fertigen tektonischen Gebilde insbesondere auch sein Werdegang mit allen seinen Phasen vergleichend ausgewertet werden, und das setzt die genaue zeitliche Analyse der Vorgänge voraus. So steht diese auch in den „Grundfragen der vergleichenden Tektonik“ im Vordergrund, indem versucht wird, die tektonischen Vorgänge der Vorzeit unter Zugrundelegung der weitesten Erdgebiete in ihre Einzelphasen auszulösen. Damit wird eine sehr verbreiterte Basis für die Behandlung bedeutsamer Grundfragen der Tektonik gewonnen.

Das Buch ist in erster Linie für den Fachgeologen bestimmt. Aber die Materie an sich, ihre Behandlungsart und die Ergebnisse sichern ihm die Beachtung weiter naturwissenschaftlich interessierter Kreise, die an den Problemen der Geodynamik nicht vorbeigehen wollen.

- Salzkammergut 76, 88, 106, 154, 155,
 156, 157, 164, 165
 Sassalbo 119
 Save 179
 Schlanders 126
 Schlinig 141, 170
 Schneeberg 156
 Schobergruppe 132
 Schwarzwald 116
 Seckauer Tauern 142, 143, 149
 Seeberg 183
 Seetaler Alpen 145
 Semmering 143, 145, 148, 149, 167, 172
 Sengsengebirge 156
 Sexrouge 106
 Simplon 81, 161, 191
 Silvretta 82, 92, 121, 124, 125, 141, 159
 Sonnblick 128, 129
 Sonnwendgebirge 116
 Speer 96
 Spittal an der Drau 139, 141, 170
 Sprechenstein 136
 Stangalpe 135, 144, 146, 150, 166, 169
 Steinacher Joch 131
 Steiner Alpen 164, 177, 182, 183
 Steinernes Meer 156
 Stubalpe 125
 Südalpen 100, 174, 179, 180
 Südtiroler Dolomiten 125, 141, 176, 177,
 178, 184
Tamsweg 135
 Tarntaler Köpfe 131, 132, 133, 135, 136,
 137, 138, 169
 Tatra 80, 172
 Tegernsee 110
 Telfer Weißen 126, 127, 135, 136
 Tessin 111, 115
 Texelgruppe 126
 Thunersee 91, 152
 Tilisuna 153
 Tonale 127, 162, 181, 184
 Trattenbach 145
 Traversella 186
 Tribulaun 127, 131, 132, 135, 137, 138,
 146
 Triest 182, 183
 Tux 112, 130, 131
Untentaler Berge 169
 ungarische Ebene 91, 180, 184
 Unterengadin 82, 92, 93, 112, 119, 121,
 122, 123, 125, 126, 132, 133, 140,
 141, 159, 170
 Untersberg 157
 Unterinntal 102
 Uskokengebirge 180
Valluga 78
 Val Sugana 79, 176, 178
 Veitlehen 128, 134
 Velebit 177
 Villgraten 142
 Vizentin 186
 Voralberg 109
 Vöstenhof 149
Wallis 91, 115, 116, 117
 Warscheneckgruppe 154
 Wechsel 86, 137, 145, 148, 149, 172,
 173
 Weiße Spitze 130
 Wertach 110
 Weyer 110, 125, 145, 170
 Wien 182
 Wildenkogel 142
 Wilder Kaiser 165
 Wildhaus 107
 Wildhorn 106
 Wolfendorn 130
 Wösterspitze 78
Ybbstal 158
Zillertal 131
 Zinseler 169

- Laasergruppe** 136
Laibach 179
Lainz 158
Laschadurella 124
Lattengebirge 157
Lavanttal 145
Lechtaler Alpen 78, 87, 106, 122
Lenzerhorn 121
Leoben 149
Lichtensteinklamm 134
Lienzer Dolomiten 142, 167, 174, 178
Lischanna 138
Locarno 184
- Malenco** 117
Mals 126
Mandling 183
Mattstock 96
Mauls 130, 131, 133, 136, 138, 142, 162,
 163, 169, 176, 184
Mauterndorf 133
Meran 175
Mittersill 128
Mölltal 139
Montblanc 100
Morcles 105
Mürztal 145, 148
Muran 114, 137, 146
Musso 127
Mythen 78, 151
- Naif** 185
Neumarkter Sattel 146
Niedere Tauern 145
Nördliche Kalkalpen 138, 139, 163
Nöflacher Joch 132
- Obdach** 145
Oberengadin 92, 117, 122
Oberhalbstein 117, 123
Ötztal 82, 126, 128, 127, 131, 150, 169
Ortler 123, 124, 127, 138
Osterhorngruppe 155
- Pal** 147
St. Pankraz in Ulten 169
Passo Jorio 161, 162, 184
 — d'Uer 162
- Patscherkofel** 132
St. Paul 126, 166
Pechgraben bei Weyer 110, 111, 144, 158,
 170, 171, 172
Peggau 145
Pens 162
Penser Joch 169
Pfitscher Joch 126, 130
Pfunderer Gebirge 131
Piemont 184
Piz Plavna a dadaint 124
Plassen 157, 165
Plateau central 187
Poebene 100
Pölland 183
Polinik 132
Prättigan 80, 92, 111, 112, 117, 132,
 152, 153
Praevali 186
Préalpes romandes 80, 100, 121, 150
Predazzo 186
Puschlav 117
- Radmannsdorf** 179
Radstädter Tauern 86, 128, 131, 132, 133,
 134, 135, 138, 139, 143, 144, 148,
 149, 150, 153, 163, 173, 183
Ratschinges 126
Rax 125, 156
Reiteralm 157
Rennfeld 149
Rettenege 145
Rettenchwangertal 111
Rettenstein 128, 135
Rhätikon 80, 92, 101, 121, 122, 125,
 151, 152, 153, 159, 189
Rhonetal 106, 151, 152, 161
Rieserferner 186
Roggenstock 78
Rojen 126
Roßkopf 126, 136, 137
Roveredo 116
- Saalach** 143, 157
Säntis 108
Salla 145
Salzachtal 133, 134, 142, 143
Salzburg 108, 154

Dent du Midi 86
 — de Morcles 86
 Diablerets 105, 106, 152
 Dinarische Alpen 179
 Drauzug 132, 139, 164, 166, 167, 169,
 174, 178, 183, 184, 186
 Dubino 161, 162, 169, 184
 Ducan 122

Edlitz 145
 Eisenkappel 182
 Eisenerz 145
 Ennstal 110, 143, 158
 Euganeen 186

Feltre 178
 Fläscherberg 108
 Fischbach 145, 149
 Fiume 178
 Friaul 179

Gaaltaler Alpen 139, 142, 159, 163, 167,
 168, 174, 175, 188, 184
 Gardasee 178
 Gasteiner Klamm 134
 Genfer See 80
 Gesäuse 155, 156
 Gilfenklamm 126
 Giswiler Stock 78
 Glarner Alpen 76, 78, 122
 Gleinalpe 144, 145
 Göll 157
 Gotthardmassiv 100, 106
 Granatspitzgruppe 129
 Graubünden 92, 94, 111, 117, 122, 123,
 125, 161, 167
 Graz 144, 145, 146, 147, 148, 165, 166,
 169, 186, 187
 Gresten 148
 Grünten 108, 109
 Gschleierwand 127
 Gsteig 106

Habkern 107
 Hallein 157
 Hegau 187
 Hochlantsch 148

Hochnarr 128
 Hochschwab 88, 148, 155, 156, 164
 Hochkugel 108, 109
 Hohe Tauern 82, 111, 113, 115, 119, 126,
 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134,
 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141,
 149, 163, 166, 170, 183, 187, 189, 191
 Höllengebirge 88
 Höllenkragen 130

Idria 183
 Iffinger 169, 185, 186
 insubrisches Gebirge 100, 119
 Isonzo 179
 Ivrea 184

Jaggl 141, 170
 Jaufen 169
 Judikarien 124
 Julische Alpen 177, 178, 183

Kainach 189
 Kalkkögel 131, 135
 Kalkstein 142, 169
 Kammerkargruppe 154
 Kapfenberg 148
 Karawanken 125, 162, 163, 174, 175, 181,
 182, 184
 Karfreit 178
 Karlstadt 177
 Karnische Alpen 102, 139, 142, 146, 147,
 163, 164, 174, 177, 184, 187
 Karpathen 101, 149, 158, 172, 173
 Karst 177, 178, 180, 183
 Katschberg 144, 145
 Kellerwand 147
 Kilb 110
 Kitzbühler Alpen 128, 142, 165
 Klöntal 90
 Köfels 126
 Königstuhl 167
 Konradsheim 110
 Koralpe 144, 145
 Krabbachjoch 78
 Krappfeld 144, 166, 167, 189
 Kreuzberg 186
 Krimml 131
 Kufstein 156

- Wurzeln der alpinen Decken 159
 — in der alpinodinarischen Narbe 182
 Wurzelstiele der helvetischen Decken 106
- Zeiten der Gebirgsbildung** 186
 Zentralalpen östlich vom Katschberg 144
 — als motorisches Gebiet bei der Gebirgs-
 bildung 191
 zentralalpine Insel 164
 — Scholle 171
 zentralalpines Mesozoikum 148, 150
 Zentralgneis 127, 130, 131, 187
 — und Schieferhülle der Hohen Tauern
 129
 Zentralmassive 96, 188
- Zerlegung der großen liegenden Falten in
 Teildecken 190
 Zillertaler Kern 131
 zona delle pietri verdi 111
 — del Piemonte 111
 zone des cols 106, 152
 — externe 107
 — interne 107
 Zone von Ivrea 127, 142, 161
 Zunahme der Diapbthorese gegen die Katsch-
 berglinie 145
 Zurückbleiben der Kerne bei den Decken
 86, 87
 Zweigdecken 85
 Zwischengebirge 91

VII. Ortsregister

- A**ar 151
 Aarmassiv 100, 106
 Adamello 125, 162, 185, 186
 Adelsberg 179
 Adria 176, 177, 183, 185
 Aflenz 155, 156, 166, 164, 167
 Aiguilles rouges 100
 Albulas 119, 122
 Allgäuer Alpen 78, 87, 109, 120, 122,
 158, 165, 166, 167
 Ankogel 129
 Arosler Dolomiten 92, 119, 121, 123, 151,
 153
 Arpilles 100
 Arve 151
 Aspang 145
 Axenstraße 86
- B**achergebirge 145, 160, 175, 186
 Baveno 103, 107, 186
 Belluno 178
 Berchtesgaden 154, 156, 157
 Bergamasker Alpen 185
 Bergell 186
 Bergüner Dolomiten 119, 121, 123
 Bernina 103, 117, 119, 151
- Biella 186
 Birnbaumer Wald 177
 Böhmisches Masse 82, 90, 103, 110, 144,
 148, 163, 164, 171, 183
 Bösenstein 143, 144
 Bolgen 107
 Bozner Porphy 187
 Bregenzer Wald 108
 Brenner 86, 131, 132, 136, 170
 Brenta 177
 Brixen 126, 136, 141, 142, 169, 170, 175,
 176, 178, 181, 185, 186
 Briançonnais 115, 161
 Bruck 148, 172
 Bruneck 163, 169, 184
 Bundschuhgebiet 135, 144, 146
- C**alanda 106
 Catena orobica 162, 169
 Chablais 80
 Churfürsten 80, 96
 Cima d'Asta 79, 179, 186
 Claro 116
- D**achstein 157, 166, 183
 Dent blanche 91, 112, 116, 117, 152, 161

- unterostalpinen Inselkranzgebirge 111, 170, 171
 unterostalpin-penninische Gebirgsbildung 190, 192
 Unterschied der Anschauungen vor und nach dem Auftreten der Deckentheorie 94
 — — Tektonik der Nördlichen Kalkalpen und der helvetischen Zone 191
 — von zentralalpiner und kalkalpiner Tektonik 152
 Unterströmungstheorie 106
 Untertauchen der Tauern am Brenner 132
 Valpellineserie 92
 Val Sugana-Linie 176, 178
 variszische Alpen in den östlichen Zentralalpen 145
 — Diskordanz 128, 149, 187
 — Faltung in den Alpen 173, 187
 Veltliner Zone 162
 venetianische Einheit 178
 Verbindung von Kalkalpen und Flysch 109, 110, 140
 — — — Zentralalpen 158, 191
 Verfrachtung der helvetischen Decke gegen Norden 106
 Vergleich der Alpen mit dem böhmischen Kristallin 145
 — — Tauern und des Unterengadiner Fensters 140
 — von Ost- und Westalpen 121
 Verquetschte Mittelschenkel bei Decken 88
 Verschluckungszone und Orogen 176
 verschürfte Flyschmassen 107, 108
 Versteinerungen aus der Schieferhülle der Tauern 128
 Verwischung des Unterschiedes von Ostalpin und Lepontin 111
 Vindelizisches Gebirge und Fazies 79, 111, 152
 voralpine Decke 120, 150, 155, 156, 157, 183
 Vorarlberger Flyschzone 109
 — Kalkalpen 79
 vorcenomane Gebirgsbildung 189
 vorgosauische — 82, 156, 187, 189
 Vorläufer der Deckenbewegungen 188
 Vormarsch der afrikanischen Scholle 192
 voralpälzoische Gebirgsbildung 186
 Vorstoß der Dinariden 124, 125, 136, 141, 170, 177, 180
 Vulkane des Hegau 187
 Wachsen des alpinen Baues gegen Norden 104
 Walzfalten des Sonnwendgebirges 116
 Wandern der Geosynklinale vor den Alpen 103
 — von großen Schollen 192
 Wechseldecke, Wechselserie 148
 Wechsel—Semmering als alpin-karpathisches Element 172, 173, 149
 — Stil der Tektonik 173
 Wegeners Vorstellungen 192
 Wettersteindecke 120, 165, 166, 167
 Weyerer Bogen 125
 Wiggisdecke 90
 Wildflysch 107, 108, 188
 Wildhauser Mulde 108
 Wildhorndecke 105, 107, 152
 Wurzel von Brunneck 163, 169
 — der Dachsteindecke 166
 — — Diablerets 106
 — — Hallstätterdecke 166
 — — helvetischen Decke 160
 — — juvavischen Masse 166
 — — Nördlichen Kalkalpen 159, 162, 166
 — — Klippen 98, 101
 — — Matreier Zone 136
 — von Mauls 163
 — und Metamorphose 99
 — der mittel- und unterostalpinen Decke 119
 — — oberostalpinen Decke 119, 136, 163
 — — penninischen Decke 163
 — — Radstädter Decke 132, 162
 — — Rhonetal 161
 — — Silvretadecke 161, 162
 — im Tessin 161
 — — Veltlin 169
 — der verschürften Flyschmassen 107
 — — voralpinen Decke 101
 — — der Wildhorndecke 106
 — Wurzelbegriff 84, 159, 160, 192
 wurzellose Masse 80
 Wurzellosigkeit der Ötzmasse 126

- Tambodecke** 116
Tarntaler Brekzie 132
 — Köpfe 132
 — Mesozoikum 132, 135, 136
 — Serie 132
Tasnagranit 92
Tauchdecke 85
Tauernkristallisation 113, 114
Tauern als Nische 139
Tauernostende 129
Tauerntektonik 119, 138, 130
Tauernwestende 128, 129, 138, 139
 — tektonische Analyse 131
taurisches Gebirge 145
Teilbewegung im Penninikum 115
Teildecken 85
 — an Stelle der großen Decken 88
tektonische Ablagerung 89
 — Stellung des romanischen Deckengebirges 150, 151
Tektonik der Hohen Tauern 129, 130
 — östlich der Katschberglinie 144
Ternowaner Einheit 180
Tertiär des Alpenvorlandes 102
Tertiärflysch des Allgäu 109
 — von Vorarlberg 109
tertiäre Gebirgsbildung 188, 190
Tertiär des Val Sugana 79
Tessiner Decken 116, 122
Thuner See 91
Tiefentektonik der Tauern 138
tirolische Einheit 155
Tilisunabrekzie 132
Tiroliden 120, 159, 184, 190, 192
tirolide Gebirgsbildung 190
tirolischer Bogen 156
tirolische Decke 120, 156
 — Einheit 155
Tonalelinie 127, 175, 184
Tonale Marmor 127
 — Schiefer 127
 — Serie 162
 — Zone 169
Tonalit des Adamello 185
 — von Eisenkappel 182, 186
Tonalite 184, 185, 187
tonalitischer Intrusionen an der alpinodinarischen Grenze 181
Torsion in den Dolomiten 177
Traineau écraseur 89
Transport der gesamten Alpen über das Alpenvorland 193
Transversalbrüche 87
Tribulaunmesozoikum 135
Trias des Bundschuhgebietes 146
 — von Passo Jorio 161
 — am Krappfeld 144
 — des Tribulaun 132
 — von Villgratten 142
Tüfelschiefer 112
Tuxer Gebiet 112
 — Grauwacke 187
 — Karbon 111
 — Kern (Masse) 130, 131
 — Marmor 128
Überfalte 83
Überfaltungsschicht 83, 84
Überfaltungsschichten in der Schweiz 80
Überkipfung der Wurzeln 181
Überschiebungen 87
Überschiebungssapophysen 112
Überschiebung der Alpen auf die Dinariden 181
 — — Cima d'Asta 79
 — der ostalpinen Decke 80
 — — Muralpen über die Grauwackenzone 165
 — des Rhätikon 80, 121
 — — Unterengadin 82
 — der Vorarlberger Kalkalpen 79
Überschiebungsdecke 84
 — gefaltet 88
Überschiebungsschicht 84
Ultradecke 150
Ultrahelvetische Decke 105, 161, 156
ultrahelvetischer Flysch im Bregenzer Wald 108
Umbraildecke 119, 123, 124
ungarische Ebene 91
unterdinarische Decke 177, 183
Unterengadiner Dolomiten 119, 121, 122, 123, 125, 126, 170
untermiozäne Gebirgsfläche 102
unterostalpine Decke 120
Unterostalpin der Schweiz 119

- s-Flächen 86
 Säntisdecke 88, 90, 105, 107
 Säntis-Drusbergdecke 105
 Salzdecke 154
 St. Bernharddecke 91
 Sattelzone 106
 Saamtiefe am Nordrande der Alpen 104
 Schamserdecken 117, 132
 Scherenfenster 141
 schichtenparallele Querverschiebung 87
 Schieferhülle der Hohen Tauern 111, 119,
 126, 130, 131, 132, 134, 136, 137,
 149, 163, 183
 — — — — Gliederung und Alter 128
 Schistes lustres 111
 Schladminger Masse 133, 134, 135, 143,
 144, 170
 Schmiermittel bei der Deckenbewegung 89
 Schneeberger Zug 126, 127, 136, 137
 Schöckelkalkdecke 147
 Schub aus Südosten in Graubünden 123
 Schubdecke 84
 Schubdeckentheorie 82
 Schubfetzen 84, 89
 Schubflächen in Schubmassen 86
 Schubmassen in der böhmischen Masse 82
 — am Simplon 81
 Schubrichtungen 93
 Schubspäne 89
 Schiebungstektonik der kristallinen Schiefer
 88
 Schubweite des Flysch 110, 172
 — der Dinariden 177
 Schuttfuhr in das Alpenvorland im Ober-
 miozän 103
 Schwarzer Augengneis 131, 142
 Schweizer Zentralmassive 187
 Seebergdecken 183
 Seckauer Masse 143, 144, 170
 Selladecke 116, 117
 Semmeringdecken 143, 148
 Semmeringfenster 148
 Semmeringgesteine 138
 Semmeringmesozoikum 148
 — und Radstädter Mesozoikum 149
 Semmeringzone, Tektonik 148, 149
 Semriacher Schiefer 147
 Senkung der Adria 176
 Serpentin von Kilb 110
 Sesiazone 92
 Silbersberggrauwacke 143, 150
 Silur-Devon von Eisenerz 145
 Silvretta-Ötztal als traineau écraseur 92
 Silvretta-Decke 92, 93, 91, 119, 120, 123,
 132, 134, 136, 142, 143, 144, 147,
 151, 153, 162, 166, 167, 168, 170
 Simmendecke 151
 Simplonprofil 161
 Simplontektonik 81
 Speiereck 133
 Springdecke 85
 Stammdecke 85
 Stangalpen-Mesozoikum 164
 Steinacher Decke 182
 Steirische Decke 146, 168, 180
 Stellung der Alpen zum Vorland 102
 — — Dinariden 100
 — des Westendes der Nördlichen Kalk-
 alpen 92
 stetige Deformation im Penninikum 115
 Stil der Tauerntektonik 129
 Stirn einer Decke 85
 Stirnfalte 84, 89
 Stockhornzone 80, 100
 stratigraphische Charakteristik des helveti-
 schen Deckengebirges 104
 Streichen im ostalpinen Gebirge von Grau-
 bünden 118
 — in den Ötztaler Alpen 126
 — im Wechsel 149
 — in den östlichen Zentralalpen 145
 subalpiner Flysch 107
 subalpine Zone 158
 subpieninsische Klippenzone 158
 Südalpen, Bauplan 176
 — als Deckenland 182
 — Faltenbau 176
 — und Dinariden 180
 Südgrenze der Molasse 102
 Südliche Kalkalpen 139, 187
 Süd-Nord-Schub 84, 93
 — in Graubünden 116
 Südtiroler Dolomiten 125, 141
 Salzfluhkalk 134, 138
 Salzfluhdecke 92, 119, 121, 151, 152, 153
 Surettadecke 116, 162

- Ostgrenze des penninischen Meeresgebietes 171
- Ost—West-Bewegungen 93, 94, 116, 121, 122, 124, 125, 145, 159, 193
- östliche Zentralalpen und böhmische Masse 144
- Ötscherdecke 154, 155, 164
- Ötzmase 92, 93, 122, 125, 126, 132, 135, 140, 141, 143, 144, 170
- Drehung derselben 141, 169
- Ötztaler Kristallin am Brenner 132
- Ötzmase—Muralpen 166, 167
- Paläozoikum von Graz** 145, 146, 148, 165, 169, 186, 187
- — — seine tektonische Stellung 147
- der Karnischen Alpen 174, 187
- von Kitzbühel 165
- pannonisches Massiv 91
- Parallele von Helvetiden und Nördlichen Kalkalpen 106
- — Unterengadin, Prättigau und Tauern 132
- parautochthon 85
- parautochthone und autochthone Falten 90
- Decken der Schweiz 105
- passive Wanderung einer Decke 84
- Passo Jorio 161, 162
- Pejoserie 127
- Penniniden 100, 101, 111, 184, 192
- als zentrales Becken der Tethys 192
- Penninikum, Geschichte desselben 114
- penninisch 101
- penninische Decke 101, 106, 109, 121, 131, 151, 183, 188
- Decken der Schweiz 100
- — des Unterengadins 92
- Geosynklinale 171
- Gesteine am Nordrand der Muralpen 170
- Tektonik 88, 129, 138
- Zone 187
- periadriatische Eruptiva 185, 186
- permische Porphyre 100
- Pfunderer Phyllite 131, 136
- pieninischer Flysch in den Ostalpen 109
- pieninische Klippenzone 101, 158
- Pilzfalte 95
- Pinzgauer Phyllit 142, 143
- Plateau central 187
- Plattadecke 117, 132, 151
- Plessurbogen 122
- Porphyrite 186
- Prättigauflysch 111, 112, 132, 152, 153
- Prättigauer Serie 132
- Prealpes romandes 80, 100, 121, 150
- Pretuldecke 149
- Pustertaler Phyllit 176
- Pyritschiefer 133
- Quarzphyllit, ostalpiner** 131
- Querfalten in Graubünden 122
- Radiolarit** 113
- Radstädter Decken 131, 132, 133, 134, 135, 138, 153, 163, 183
- Mesozoikum 134, 143, 148, 150
- Quarzit-Quarzphyllitgruppe 134, 143
- Tauern 133, 139, 173, 183
- — Rauchwacke 133
- — Stratigraphie 133
- — Tektonik 133
- — Vertretung von Malm u. Kreide 134
- Rädertendecke 90, 105
- Randgebirge von Graz 144
- Randsenken am Nordrande der Alpen 103
- Rannachdecke 147
- Reibungsspuren auf der Deckenbahn 89
- Reihentröge 99
- Reiteraldecke 120, 157, 165, 166, 167
- Rensenzone 131, 136
- Reyersche Experimente 105
- rhätische Bögen 125
- Decke 113, 121, 151, 152
- Rheinlinie Churfürsten—Bodensee 91, 121
- Rheinfurche 161
- Riesenfalten von penninischem Stil in den Hohen Tauern 130
- Riffazies 155
- romantisches Deckengebirge 150
- romanische Voralpen 81, 101, 119
- Rückenschild einer Decke 84
- Rückfaltung 93, 123, 124, 176
- der Dinariden 177, 185
- rumunischer Rücken 103, 104, 110, 111, 153, 171
- Rutschstreifen und Schubrichtung 93