

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

Jahrgang 1943

München 1944

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung



Zum Problem der Inntaldecke.

Von Karl Beurlen.

Vorgelegt am 10. Dezember 1943

Während die Einheiten der Allgäu- und Lechtaldecke heute im allgemeinen als autochthone Einheiten in der Tektonik der nördlichen Kalkalpen betrachtet werden mit mehr oder weniger ausgeprägten und mehr oder weniger weiträumig entwickelten Randüberschiebungen an ihrem Nordrand und internen Verschuppungen und dementsprechend korrekterweise eigentlich gar nicht als „Decken“ im engeren Sinn dieses Wortes bezeichnet werden dürften, wird ziemlich einhellig die Inntaldecke als eine allseitig wurzellos schwimmende, von außerhalb überschobene Decke betrachtet, also als eine Decke im eigentlichen und engeren Sinn – ebenso wie auch die eigenartigen, über die Inntaldecke sich lagernden Restschollen, welche zur Krabachjochdecke zusammenkombiniert werden. Ob dabei die im Allgäu sich relativ deutlich sondernden Allgäu- und Lechtaleinheiten im Sinn der üblichen Konstruktionen sich in der sehr schmalen Störungszone am Kalkalpennordrand als tatsächlich einheitlich durchstreichende tektonische Einheiten durchverfolgen lassen, bleibe hier unerörtert. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf das Problem der Inntaldecke.

Wenn wir von einem Problem der Inntaldecke sprechen, so ist damit nicht nur die auch heute noch umstrittene Frage der Umgrenzung der Inntaldecke gemeint, sondern es soll vor allem auch die Frage geprüft werden, ob in der Tat die Inntaldecke eine allseitig wurzellos schwimmende Deckscholle großen Ausmaßes ist. Denn sowohl Nachprüfung der Literatur wie auch Begehungen in den verschiedensten Teilen der Inntaldecke führten mich zu der Erkenntnis, daß dies wohl allgemein herrschende Meinung, aber keineswegs eindeutig begründet ist.

Hinsichtlich der fraglichen Herkunft der Inntaldecke besteht Einigkeit darüber, daß ihr ursprünglicher Ablagerungsraum zum mindesten unmittelbar an den der Lechtaleinheit anschließen

mußte. Denn die Gesteinsfolge und ihre Faziesentwicklung in der Lechtaleinheit und der Inntaldecke stimmen vollständig überein, so daß die Annahme der Herkunft aus einem einheitlichen Sedimentationsraum unabweisbar ist. Da die Schubbewegungen, welche die heutige Struktur der nördlichen Kalkalpen bestimmt haben und durch welche unbestreitbar ein erheblicher Zusammenschub und eine starke Raumverengung bewirkt worden ist – abgesehen von den heute von keiner Seite mehr bestrittenen Ost-West-Bewegungen –, in der Hauptkomponente von Süd nach Nord gerichtet waren, müßte die als wurzellos über der Lechtaleinheit lagernde Inntaldecke von einem Gebiet herkommen, das unmittelbar südlich anschließt. Das Vorhandensein der zentralalpinen Trias in den Kalkkögeln der Stubaier Alpen schließt dabei die Abschuppung einer Triasdecke von dem zentralalpinen Kristallin aus. Eine Herkunft aus dem Raum südlich der Zentralalpen wird mit Recht heute allgemein abgelehnt – abgesehen von anderen Gründen würden dagegen schon die Faziesverhältnisse sprechen. Den benötigten Raum, von dem die Inntaldecke stammen soll, sucht man daher in der von einer Triasdecke freien Grauwackenzone von Landeck und südlich Innsbruck, die allerdings im Raum der Ötztaler Alpen, mit denen das Zentralalpenkristallin unmittelbar an das Inntal und den Kalkalpensüdrand heranrückt, aussetzt, aber dies nur sekundär, da sie hier vom Ötztaler Kristallin überschoben sein soll.

Theoretisch bestünde somit die Möglichkeit, die Inntaldecke als eine wurzellos schwimmende, von Süden hergekommene Decke zu verstehen. Offen bleibt die mechanische Frage, ob ein geschlossenes Abgleiten einer so großen einheitlichen Scholle im Verband nach Norden auf die Kalkalpen überhaupt möglich und denkbar ist. Ein einfaches Abgleiten infolge der Schwerkraft müßte eine zeitenweise recht große absolute Höhendifferenz zwischen der Grauwackenzone und den nördlich vorgelagerten Kalkalpen als Hilfhypothese heranziehen, wofür unmittelbare Beweise nicht vorhanden sind. Mit einer Abschiebung vor dem vordringenden Zentralalpenkristallin könnte man nur im Gebiet der Ötztaler Alpen und allenfalls der Silvretta, nicht aber im Gebiet östlich des Brenner rechnen, wo ja dem Zentralzug der Tauern eine breite, frei entwickelte Grauwackenzone vorgelagert

ist. Der zweite Fall wäre daher von vornherein schon auszuschließen. Aber auch der erste Fall führt in Schwierigkeiten: Könnte bei einem so großzügigen Abgleiten eine so ausgedehnte und aus so verschiedenartigen Gesteinen aufgebaute Einheit in ihrem Verband erhalten bleiben, ohne in ein mehr oder weniger regelloses Trümmerwerk von einzelnen Schollen sich zu zerlegen? Die von Ampferer an der Karwendelüberschiebung festgestellten Reliefüberschiebungen geben hier ein eindrucksvolles Bild.

E. Kraus lehnt auf Grund dieser Schwierigkeiten die Herkunft der Inntaldecke als wurzellos schwimmende Scholle von Süden her ab, glaubt vielmehr, daß auch die Inntaleinheit autochthon liege, aber infolge Massenschwundes im tieferen Untergrund (Unterströmung) ihre Unterlage verloren habe und sowohl vom Süden wie vom Norden Pakete der Lechtaleinheit unter die Inntaleinheit heruntergezogen seien, daß also die Inntaldecke von allen Seiten her unterschoben worden sei und daher nur scheinbar eine wurzellose Deckscholle darstelle. Die zweifellos vorhandene Raumverengung wäre hier also nicht die Folge eines Zusammenschubs der höheren Krustenteile, sondern die Folge eines Massenschwundes in der Tiefe.

Im Karwendel wird die Inntaleinheit gebildet durch die drei ungefähr ost-westlich streichenden Wettersteinkalkantiklinalen der Solsteinkette, der Gleiersch-Halltal-Kette und der die höchsten Karwendelgipfel tragenden Hinterautaler Kette. Alle drei Antiklinalen sind nach Norden überkippt. Am stärksten die nördliche (Hinterautaler) Kette, die mit den klassischen Reliefüberschiebungen beträchtlich auf das Vorland, die Mulde der jungen Schichten, ja sogar noch auf die nördlich anschließende vierte Wettersteinkalkantiklinale überschoben ist. Diese Überschiebung, die Karwendelüberschiebung, wird von Ampferer als die Nordgrenze der Inntaldecke aufgefaßt, und dies mit Recht denn die nördlich anschließende Wettersteinkalkantiklinale, die von Süden her durch die Karwendelüberschiebung überfahren ist, setzt im normal stratigraphischen Verband in die breite Karwendelmulde fort.

In der streichenden Fortsetzung der Karwendelhauptkette (Hinterautaler Kette) nach Westen über die Mittenwald-Seefeldler

Senkenzone hinaus schließt das Massiv der Arnspitzen an und weiterhin die sog. Vorbergzone (Gehrenspitzen usf.), die sich als mächtig herausgehobene Wettersteinkalkzone nördlich der Mulde des Leutascher Tales heraushebt und durch die Zone der jungen Schichten (Lias bis Neokom) des Puittales vom Wettersteingebirge getrennt ist. Diese Zone der jungen Schichten (Puittal) liegt somit im Streichen der teilweise überfahrenen Mulde vor der Karwendelhauptkette, in welcher ebenfalls in größerer Verbreitung junge Schichten (Lias bis Neokom) auftreten. Südlich der Vorbergzone folgt die Muldenzone des Leutascher Tales (Raibler Sch. und Hauptdolomit) als streichende Fortsetzung des Muldenaltes zwischen Karwendelhauptkette und Gleierschkeite (Oberes Isartal), das im Muldenkern gleichfalls Raibler Schichten und Hauptdolomit enthält. Die Gleiersch-Halltal-Kette setzt sich über die weite Seefelder Quereinmuldung hinweg im Streichen in die mit der Hohen Munde wieder sich stark heraushebende Wettersteinkalkantiklinale der Mieminger fort. Die Solstein-Antiklinale verschwindet gegen die Seefelder Einmuldung endgültig ohne Fortsetzung nach Westen zu.

Diese im einzelnen, wie auch im großen Rahmen eindeutige Verfolgung der Strukturelemente von Osten nach Westen über die Mittenwald-Seefelder Einsenkungszone hinweg läßt den Nordrand der Vorbergzone gegen die Zone der jungen Schichten im Puittal als das Äquivalent der Karwendelüberschiebung und damit als den Nordrand der Inntaleinheit erscheinen. Das entspricht auch der Vorstellung von Ampferer, dem wohl besten Kenner der nördlichen Kalkalpen, von Leuchs u. a., denen sich auch Spengler in seiner neuen zusammenfassenden Darstellung anschloß. Demgegenüber haben M. Richter und andere – und in dieser Hinsicht hat sich auch E. Kraus an M. Richter angeschlossen – die Puittalzone der jungen Schichten als Fenster betrachten und das Wettersteingebirge im Norden davon als Fortsetzung der Inntaleinheit auffassen wollen. Gegen diese Vorstellung und für die Deutung Ampferers der Zusammenhänge spricht nicht nur der eindeutige Zusammenhang im Streichen, der auch nördlich der Puittalzone vorhanden ist, insofern als die nördlichste Wettersteinkalkantiklinale des Karwendel, die

von der Karwendelüberschiebung z. T. überfahren ist, sich nach Westen in die Antiklinale des Wettersteingebirges fortsetzt und die Karwendelmulde nach Westen ihre Fortsetzung in der großen Mulde des Wettersteingebirges findet. In der gleichen Richtung sprechen auch die von Leuchs gemachten Beobachtungen an der Südrandstörung des Wettersteingebirges, die Feststellungen Ampferers über den Bau der Zone der jungen Schichten, die Tatsache, daß nördlich des Wetterstein-Zugspitzmassivs keine irgendwie geartete oder auch nur angedeutete Überschiebungsgrenze oder Deckenstirn festgestellt werden kann und ebenso wenig noch weiter nördlich im Vorland des Zugspitzmassivs. Das Wetterstein-Zugspitzmassiv steht nach Norden hin bis an den Kalkalpennordrand – abgesehen von kleineren Störungszonen im normalen stratigraphischen Verband, ebenso wie auch die nördliche Karwendelkette und die Karwendelmulde. Das Wettersteingebirge ist nach Westen auf die Ehrwalder Mulde schwach aufgeschoben, aber nicht nach Norden überschoben. Wenn die Inntaldecke tatsächlich als Decke, als tektonische Einheit umgrenzt werden kann, so nur derart, daß ihre Nordgrenze in der streichenden Fortsetzung der Karwendelüberschiebung, am Nordrand der Vorbergzone südlich des Puittales gesucht wird.

Die Hemmungen, welche gegen diese im einfachen Kartenbild und auch in der Natur unmittelbar einzig mögliche Verbindung von Ost nach West zweifellos bestehen und zu abweichenden Deutungen geführt haben, liegen wohl in der ganz andersartigen Entwicklung des „Inntaldeckenstirnrandes“ am Puittal gegenüber der östlichen Ausbildung im Karwendel (Karwendelüberschiebung). Während bei dieser eine eindeutige Überschiebung von relativ großem Ausmaß vorhanden ist, mit den ziemlich weit ins Vorland hinausreichenden Restschollen der Reliefüberschiebung, ist an dem Puittal irgend etwas Analoges nicht vorhanden. Die gegenüber der nach Norden überschobenen Wettersteinkalkantiklinale der Karwendelhauptkette stark reduzierte Entwicklung der Wettersteinkalkantiklinale der Vorbergzone ist nicht nach Norden überkippt und überschoben, sondern ist einfach gegen das nördliche Vorland angepreßt, z. T. – so z. B. am Westende der Gehrenspitzen – eindeutig als normale Anti-

klinale entwickelt, an deren Nordflügel Raibler Sch. und Hauptdolomit mit Nordfallen im Hangenden des Wettersteinkalkkernes auftreten, so daß also die Zone der jungen Schichten hier als Muldenkern einer stark gequetschten Mulde erscheinen würde. Diese Verschiedenheit des Nord- bzw. Stirnrandes der Inntaldecke zwischen der Karwendelüberschiebung einerseits und dem Nordrand an der Puittalzone andererseits ist in der Tat vorhanden; dieser Verschiedenheit muß natürlich auch bei jeder Deutung Rechnung getragen werden. Diese Verschiedenheit kann aber nicht – entgegen den eindeutigen Befunden über die streichende Fortsetzung der einzelnen Strukturelemente – für eine Einbeziehung des Wettersteingebirges in die Inntaleinheit herangezogen werden, zumal da nördlich des Wettersteingebirges der Karwendelüberschiebung analoge Erscheinungen ebenfalls völlig fehlen; sondern sie zeigt zunächst eben nur, daß der Inntaldeckenstirnrand im Streichen verschieden entwickelt sein kann, was für die theoretische Deutung der Inntaldecke von Bedeutung sein dürfte.

In der streichenden Fortsetzung nach Westen verschwindet die schon in der Vorbergzone stark reduzierte nördliche Wettersteinkalkantiklinale. Die Mieminger-Antiklinale setzt sich nach Westen in der Heiterwand noch fort, die sich aber nach Westen zu ebenfalls reduziert und als Wettersteinkalkzug schließlich ganz verliert. Sie ist mit ihrem Nordrand, der nun hier nach dem Verschwinden der nördlichen Antiklinale den Inntaldeckenstirnrand bildet, auf eine Muldenzone von jurassischen Schichten schwach überschoben. Ihre weitere westliche Fortsetzung findet diese Zone in dem ausgedehnten Hauptdolomitgebiet, das sich bis in das Massiv der Ruitel- und Torspitze erstreckt und nach Westen, Süden (Madau) und Norden auf Cenomanschiefer der weiten Cenomanmulde der Lechtaleinheit legt.

Die Randüberschiebung dieser Hauptdolomitmasse an ihrem Westende (Ruitelspitze) auf Cenoman ist nach Norden eindeutig am Fuß der Ruitelspitze zu verfolgen, stößt nach Westen ganz wenig über das Madautal vor und biegt dann scharf in östliche Richtung zurück, nördlich von Madau verlaufend und am Fuß der Torspitze südlich derselben in südliche Richtung abbiegend. Die Hauptdolomitmasse bildet also eine nach Westen in die Ceno-

manmulde hineinreichende Halbinsel, die nördlich, westlich und südlich von einer allerdings recht steil stehenden Überschiebungsgrenze gegen Cenoman begrenzt wird. Von der Torspitze aus läßt sich diese Überschiebungsgrenze – ebenfalls sehr steil stehend – wie das sowohl aus der Karte von Ampferer hervorgeht wie auch im Gelände eindrucksvoll deutlich ist, in vorwiegend südlicher Richtung verfolgen. Cenoman und schließlich auch Jura verschwinden hier freilich und gegen Hauptdolomit setzen unmittelbar Kössener Schichten ab, gelegentlich noch mit Schubfetzen von Lias. Die überschobene Hauptdolomitmasse läßt sich in einem Bogen als einheitliche Masse von der Torspitze über die Leiterspitze bis zu dem auf dem Gipfel der Oberlahmsspitze überschobenen Hauptdolomit verfolgen. Von der Oberlahmsspitze nach Westen zu verschwindet diese Hauptdolomitmasse rasch bei der Memminger Hütte unter jüngeren (jurassischen) Schichten und damit verliert sich auch die an der Oberlahmsspitze selber noch ganz deutlich ausgeprägte Überschiebungsgrenze. Nach Osten zu steht der Hauptdolomit dagegen in breitem Verband mit dem großen einheitlichen Dolomitmassiv der Leiterspitze, Spießbrutenspitze usw. der Inntaldeckeneinheit. Ebenso läßt er sich in einem schmäleren Zug über Seescharte, Wegscharte und das Parseiertal hinweg nach Süden und dann nach Westen in das wieder mächtiger entwickelte Hauptdolomitmassiv der Grießlspitze verfolgen, das sich in wiederum breiterer Entwicklung über Stierkopf, Samspitze und Vorderseespitze zum Kaisertal erstreckt und nach Süden an einer steil, vielfach sogar saiger stehenden Überschiebung bzw. Störung gegen das Cenoman der Südflanke der großen Cenomanmulde der Lechtaleinheit absetzt.

Damit zeigt sich das eigenartige Phänomen, daß in der gleichen Hauptdolomitmasse der Inntaldeckeneinheit die nördliche Überschiebungsgrenze (Stirnrand), die im Gebiet der Ruitel-, Tor- und Oberlahmsspitze noch deutlich entwickelt ist, sich vollkommen verliert, während die südliche Deckengrenze sich noch weit nach Westen erstreckt. Noch bemerkenswerter wird dieser Befund dadurch, daß nördlich dieses südlichen Dolomitzugs der Grießl-, Vorderseespitze die mächtig entwickelte Mulde jurassischer Schichten der Freispitzgruppe anschließt, die bei der

Memminger Hütte einsetzt und sich hier aus den vom Hauptdolomit der Oberlahmsspitze überfahrenen jurassischen Schichten vom Nordabfall der Oberlahmsspitze entwickelt, und daß der Nordflügel der großen Juramulde der Freispitzgruppe von dem im normalen Schichtverband stehenden Hauptdolomit der Saxerspitze gebildet wird, der seinerseits auf das Cenoman der Lechtaleinheit nach Norden (am Nordfuß der Saxer Spitze) an einer sehr steil stehenden Überschiebung aufgeschoben ist. Diese Hauptdolomitmasse läßt sich nach Osten an den Fuß der Oberlahmsspitze verfolgen, allmählich einfallend und schließlich unter der höheren Dolomitmasse der Oberlahms- und Torspitze vollkommen verschwindend. Dabei verliert sich die Überschiebungsgrenze Hauptdolomit/Cenoman, die an der Saxerspitze und am Fuß der Oberlahmsspitze noch deutlich ausgeprägt ist vor dem Einsinken und Verschwinden dieser Hauptdolomitmasse vollständig; denn nördlich vom Röttal am Kögele, wo wir diesen Hauptdolomit zum letztenmal vor seinem Verschwinden feststellen können, steht er im normalen stratigraphischen Verband mit Kössener Schichten, Lias, Radiolaritzone, Aptychenschichten, Cenoman, wobei dieses hier im normalen stratigraphischen Verband auftretende Cenoman die eindeutige streichende Fortsetzung des unmittelbar im Südwesten und Westen vom Hauptdolomit der Saxer Spitze überschobenen Cenomans ist.

Daraus kann eigentlich nur der Schluß gezogen werden, daß die Überschiebung des Hauptdolomits auf Cenoman am Fuß der Saxer Spitze höchstens eine Überschiebung geringen Ausmaßes sein kann, eine Störungszone, in welcher lokal die Jura serie ausgequetscht oder überfahren ist, während schon in kurzer Entfernung in der streichenden Fortsetzung die Störung zu einem normalen stratigraphischen Verband ausgeglichen ist. Diese Vorstellung verstärkt sich noch, wenn man die Überschiebungsgrenze Hauptdolomit/Cenoman von der Saxer Spitze nach Westen zur Wetterspitze verfolgt: Hier verschwindet der an der Saxer Spitze so stark herausgeschobene Hauptdolomit und die Juraschichten der Freispitzmulde sind unmittelbar, teils mit Lias, teils mit Radiolarit, teils sogar mit Aptychenschichten auf das Cenoman überschoben, so daß auch hier ein ausgeprägter Deckenstirrand verschwindet und nur noch durch mehr oder weniger

ausgeprägte Störungszonen innerhalb der Jura-Kreideserie vertreten ist.

Dieser gedrängte und zusammenfassende Überblick über die Entwicklung dessen, was man als Inntaldecke zusammenfaßt und deren sogenannten nördlichen Stirnrand, zeigt zunächst:

1. Der sog. Deckenstirnrand der Inntaldecke ist im Gebiet des Karwendel, zwischen Wetterstein- und Mieminger Gebirge, an der Heiterwand und im westlichen Endgebiet der Inntaldecke ganz verschieden entwickelt, einmal als eindeutige ausgeprägte Überschiebung mit den Erscheinungen der Reliefüberschiebung, einmal als eine einfache Störungszone ohne eigentliche Überschiebungsercheinungen und schließlich als eine Folge von verschiedenen, sich verlierenden und gegenseitig sich vertretenden offenbar kleineren Überschiebungen.

2. Die Inntaldecke kann als Einheit nur im Sinn von Ampferer umgrenzt werden, d. h. unter Ausschluß des Wettersteingebirges.

3. Die Inntaldecke ist in ihrer östlichen Hälfte durch mächtige Antiklinalen von Wettersteinkalk entwickelt, neben denen jüngere Schichten eine ganz untergeordnete Rolle spielen und hier ist auch im Vorland der Inntaleinheit, sowohl im Karwendel wie auch im Wettersteingebirge, noch eine recht erhebliche Entwicklung des Wettersteinkalks zu verzeichnen.

4. Die westliche Hälfte der Inntaleinheit ist gekennzeichnet durch das Verschwinden der Wettersteinkalkantiklinalen. Wie in ihrem Vorland, so wird auch in ihr selber hier der Hauptdolomit das beherrschende Gestein mit einer außerordentlich und auffällig mächtigen Entwicklung der jüngeren nachtriasischen Schichten. Dabei ist vor allem bemerkenswert die im Vergleich zum Osten erhebliche Entwicklung des Cenoman in der großen Cenomanmulde der Lechtaleinheit. Es scheint, daß ein derart mächtiges nachtriassisches Deckgebirge im Osten nicht entwickelt gewesen sei, daß also das nachtriassische Deckgebirge nach Westen zu schon eine primäre Mächtigkeitszunahme erkennen läßt, während umgekehrt der Wetterstein- bzw. Arlbergkalk nach Westen zu, wo er ja nur noch am Südrand der Lechtaleinheit auftritt, an Mächtigkeit stark reduziert ist im Vergleich zu der mehr östlichen Entwicklung.

Bemerkenswert an diesen Befunden ist zunächst die Tatsache, daß im Streichen von Ost nach West die Gesteinszusammensetzung der Inntaleinheit in der gleichen Weise sich ändert wie in der unterlagernden Lechtaleinheit. Der Gesteinsaufbau der beiden tektonischen Einheiten entspricht sich stratigraphisch und faziell an allen Stellen genau. Schon diese Tatsache macht es wahrscheinlich, daß die beiden tektonischen Einheiten nicht erst durch einen nachträglichen Aufschub der einen auf die andere in ihre heutige Lagebeziehung zueinander gekommen sind, sondern trotz aller Störungen und lokaler Überschiebungen und Verschiebungen von Anfang an in einerähnlichen Lagebeziehung zueinander waren.

Dazu kommt die verschiedenartige Entwicklung des Stirnrandes. Zwar liegt im Karwendel eine Überschiebung vor, welche die Annahme eines nachträglichen Aufschubs der Inntaldecke auf die Lechtaleinheit erlauben würde, wengleich einschränkend auch hierzu schon E. Kraus bemerkt, daß „die Unmöglichkeit einer durchgehenden, scharfen und übergangsfreien Abtrennung an manchen Stirnrandteilen, namentlich im Osten bei Schwaz – Jenbach, sowie der Mangel eindeutiger fazieller Verschiedenheit zwischen Inntal- und Lechtaldecke gegen größeren Fernschub sprechen“. Der Komplex der Mieminger-Vorbergzone aber erscheint nur gegen Norden angepreßt, nicht eigentlich überschoben. Das hat auch Ampferer schon zum Ausdruck gebracht. Die Störung gegen die jungen Schichten ist ja ganz steil gestellt und die Zone der jungen Schichten zwischen Vorbergzone und Wettersteingebirge erscheint als stark zusammengequetscht und als stark in sich verstauchte Mulde. Ebenso ist der Stirnrand an der Heiterwand sehr steil gestellt, so daß weniger der Eindruck einer eigentlichen Überschiebung als vielmehr der eines Heraufschiebens und Anpressens der Heiterwandmasse an eine gequetschte Mulde entsteht.

Besonders eindrucksvoll aber sind die Verhältnisse am Westende der Inntaldecke. Zwar erscheint der Hauptdolomit der Ruitel-Torspitze auf die Cenomanmulde der Lechtaleinheit wenigstens randlich aufgeschoben, aber diese Überschiebungsgrenze verliert sich zwischen Oberlahmsspitze und Memminger Hütte; sie wird weiter westlich durch die Überschiebungsgrenze am Fuß

der Oberlahmsspitze und Saxer Spitze vertreten, die sich hier aus einem normalen stratigraphischen Verband heraus entwickelt durch Ausquetschen der Schichtfolge zwischen Hauptdolomit und Cenoman. Ampferer will zwar die Überschiebung auf der Oberlahmsspitze über den Südhang des Seeschartenkopfs und der Spießbrutenspitze zum Südrand der Inntaldecke verlaufen lassen, aber die Südrandüberschiebung der Inntaldecke setzt sich über die Schafscharte nördlich der Parseier Spitze vom Seeschartenkopf aus nach Westen fort. (M. Richter hat sich über die eindeutigen Befunde an der Oberlahmsspitze einfach hinweggesetzt und verfolgt die Überschiebung vom Gipfel der Oberlahmsspitze zur Überschiebung an der Saxer Spitze!). Hier ist also offensichtlich überhaupt keine einheitliche Schubmasse vorhanden, sondern es handelt sich um größere Einzelschuppen, die sich gegenseitig ablösen und die in einzelnen Teilen ortständig verwurzelt sind.

Man kann aus alledem nur den Schluß ziehen, daß auch die Inntaldecke, wie die Lechtaleinheit, keine einheitlich, allseitig wurzellos schwimmende Deckenscholle ist. Man muß also E. Kraus beipflichten, daß die Inntaldecke als ursprünglicher Mittelstreifen der Lechtaleinheit anzusehen und ortständig ist, also nicht im Süden an die Lechtaleinheit angestückelt werden darf und nicht eine nachträglich erst darüber geschobene Einheit darstellt. Damit steht dann auch in Übereinstimmung, daß diese ganze Einheit in sich so verhältnismäßig wenig zerbrochen und zerstückelt ist; jedenfalls nicht in dem Ausmaß aus dem ursprünglichen Verband gekommen ist, wie es bei einem nachträglichen Einschub von Süden her erwartet werden müßte.

Das ist zunächst ein negativer Befund, eine Aussage, was die Inntaldecke nicht ist. Es ist notwendig, sich klar zu machen, wie nun die bemerkenswerte Struktur der Inntaldecke tatsächlich entstanden ist. Denn offensichtlich ist ja der Befund so, daß er als ganzer mit der Vorstellung der wurzellosen Deckscholle recht klar erfaßt werden kann. Ist ja doch sogar Ampferer auf Grund seiner umfangreichen und gründlichen Kartierungen entgegen ursprünglichen Hemmungen schließlich zu dieser Vorstellung als der relativ besten gekommen. Unter solchen Umständen können Einwände gegen die Deckenvorstellung bei der Inntaldecke nur

dann wirklich überzeugen, wenn es möglich ist, aus den widersprechenden Befunden eine noch bessere Gesamtdeutung zu gewinnen. Ist das nicht möglich, müßte trotz gewisser Schwierigkeiten die Vorstellung der Inntaldecke als wurzelloser Schubmasse als dem Gesamtphänomen am ehesten gerecht werdend betrachtet werden und man müßte versuchen, die im vorhergehenden aufgezeigten Schwierigkeiten im Rahmen dieser Vorstellung irgendwie zu bereinigen.

Grundlage jeder Deutung der Befunde muß die Feststellung sein, daß der Raum der Kalkalpen eine Raumverengung beträchtlichen Ausmaßes erfahren hat. Die kennzeichnenden Strukturen, Überschiebungen, Zusammenschiebungen, Verfaltungen weicherer faltbarer Gesteine sprechen eine eindeutige Sprache. Dabei steht die Frage der Ursache dieser Raumverengung zunächst nicht zur Diskussion, sondern einfach die Tatsache der Raumverengung als solcher und die Frage der möglichen mechanischen Auswirkungen einer solchen Raumverengung.

Gehen wir von der im vorhergehenden gewonnenen Ausgangsstellung aus, daß die Inntaldeckeneinheit ursprünglich in den Raum der Lechtaleinheit schon hineingehörte, der Raum aber ursprünglich eine wesentlich größere Breite gehabt habe, so daß die heute vorhandenen Überschiebungen, Zusammenschiebungen, Faltungen alle ausgeglichen gewesen seien, um die Frage zu prüfen, ob von hier aus tatsächlich nicht nur eine befriedigende Deutung des Gesamtphänomens gewonnen werden kann, sondern eine Deutung, bei welcher die Schwierigkeiten der Deckenvorstellung der Inntaldecke nicht mehr vorhanden sind. Es muß dann der ursprüngliche Zustand ein Bild einer breiten, flach gelagerten Wanne geboten haben, die mit einer mächtigen Sedimentfolge von Trias-Jura-Kreide-Sedimenten erfüllt war, wobei die heute den Kalkalpensüdrand bildenden Gesteinsserien auch damals den Südrand dieser Sedimentwanne gebildet haben müßten, die Sedimentfolgen aber, welche heute die Inntaldecke bilden, so wie heute zwischen dem Südrand der Lechtaleinheit (Kalkalpensüdrand) und dem Nordrand der Lechtaleinheit sich befunden haben müßten, nur eben nicht in der Form überschobener Schollen, sondern im normalen Schichtverband.

Die Gesteinsfolge in dieser Sedimentwanne war nun hinsichtlich ihrer mechanischen Reaktionsfähigkeit inhomogen; denn sie war von einer Wechselfolge starrer und plastischerer Gesteine aufgebaut, und zwar in großen Zügen ungefähr in folgender Weise: In der östlichen Hälfte (Karwendel-Mieminger-Wettersteingebirgs-Komplex) war eine außerordentlich mächtig entwickelte Platte von Wettersteinkalk vorhanden, über die sich, durch die weicheren Raibler Schichten getrennt, eine ebenfalls recht gut entwickelte Platte von Hauptdolomit legte. Das jurassisch-kretazische Deckgebirge besteht zur Gänze aus weicheren, plastischeren Schichten, die aber offensichtlich nicht in besonders großer Mächtigkeit vorhanden waren. In der westlichen Hälfte (Lechtaler Alpen) war der Gesteinsaufbau etwas abweichend: Die Wettersteinkalkplatte spielte eine wesentlich geringere Rolle, war weniger mächtig und z. T. in Form des Arlbergkalkes entwickelt, d. h. also weniger homogen und starr. Darüber legte sich auch hier, durch Raibler Schichten getrennt, ein sehr mächtig und gleichmäßig entwickelter Hauptdolomit. Die plastischere Schichtenfolge des jurassisch-kretazischen Deckgebirges war aber hier sehr mächtig und spielte daher eine recht erhebliche Rolle. Örtlich spielten hier auch starre Liaskalke noch eine gewisse Rolle.

Ein horizontaler-Zusammenschub in einer solchen inhomogenen Sedimentmasse muß sich rein mechanisch so auswirken, daß die starren Gesteinsplatten in sich in mehr oder weniger große Schollen zerbrechen, die dann, da sie durch plastischere und beweglichere Schichten voneinander getrennt sind, sich differenziell gegeneinander bewegen können. Die Schollen der starren Gesteinsplatten müssen daher bei einem Zusammenschub sich schuppenförmig übereinanderschieben und die dazwischen oder darüber liegenden plastischeren, faltbaren Gesteinsserien müssen hierbei teils ausgequetscht, teils zusammengeschoben und gefaltet und aufgestaut werden. Dabei müssen die Schollen der starren Gesteinsplatten z. T. auch nach oben herausgeschoben, d. h. teilweise über die jüngeren faltbaren Gesteine des jurassisch-kretazischen Deckgebirges überschoben werden, teilweise auch diese faltbaren Gesteine vor ihrer vorwärtsdrängenden Stirn zusammenschieben und auftauchen.

Abschnitt nicht mehr die geschlossene Einheitlichkeit hat, wie in ihrem östlichen durch den Wettersteinkalk bedingten Abschnitt

Noch auf eine weitere Tatsache darf in diesem Zusammenhang hingewiesen werden. Die Schubflächen, durch welche die Inntaleinheit gegen die Lechtaleinheit abgegrenzt wird, stehen meist sehr steil, vielfach sogar ausgesprochen saiger. Darauf ist im Vorhergehenden im einzelnen immer wieder hingewiesen worden. Diese Steilstellung verlangt bei der Annahme eines Deckenschubs, daß nachträglich Inntaldecke und unterlagernde Lechtaldecke noch einmal intensiv gemeinsam durchgefaltet worden sind. Bei der hier gegebenen mechanischen Deutung wird die Annahme einer solchen zweiten Bewegungsphase überflüssig; denn im vorliegenden Fall von diskordant durch den Mantel des jüngeren Deckgebirges durchspießenden und herausgeschobenen Schollenkomplexen müssen die Bewegungsbahnen von vornherein mehr oder weniger steil gewesen sein, um sich erst gegen oben hin mehr zu verflachen. Das entspricht nun in der Tat auch den Beobachtungen, wo sich solche Überschiebungsbahnen aus größeren Höhen einmal mehr in die Tiefe verfolgen lassen, daß diese nach oben hin sich vielfach ausflachen, wie das z. B. auch die Oberlahmsspitze zeigt, aber nach der Tiefe zu versteilen, und entspricht auch der Tatsache, daß vor allem auch in dem sehr mächtigen Deckgebirge die Überschiebungsbahnen besonders häufig steil stehen. Solche Profile wie z. B. das von der Grießspitze mit ihrem steil stehenden Hauptdolomit und der steilen Störungsgrenze gegen das Cenoman im Süden über die Freispitzgruppe mit ihrem steil und mächtig zusammengefalteten Jura zu der Saxer Spitze im Norden mit ihrem ebenfalls wieder steil gestellten Hauptdolomit, der nach Norden an sehr steiler Störungsfläche wiederum gegen Cenoman absetzt, erklären sich von der hier gegebenen mechanischen Deutung sehr zwanglos und einfach ohne die Notwendigkeit zur Annahme zusätzlicher Hilfshypothesen.

E. Kraus ist, worauf im vorhergehenden mehrfach hingewiesen worden ist, hinsichtlich der tektonischen Situation – Beziehung von Inntal- und Lechtaleinheit – zu einer ganz ähnlichen Vorstellung gekommen (abgesehen von der anderen Einordnung des Wettersteingebirges). Diese Situation deutet Kraus derart, daß

er die Inntaldecke als aus der Lechtaleinheit dadurch herausgequetscht betrachtet, daß infolge Massenverlust durch Unterströmung im tieferen Untergrund die südlichen und nördlichen Randzonen der Lechtaleinheit nach der Mitte zu und in die Tiefe gezogen wurden; dem mittleren Abschnitt ist dadurch gewissermaßen seine Unterlage weggezogen worden, bzw. es sind von Norden und Süden her höhere Krustenteile hereingezogen worden, so daß die Inntaldecke zu einer nach oben herausgehobenen scheinbar frei schwimmenden Deckeneinheit wurde, weil Krustenteile der Lechtaleinheit von Norden und Süden sich daruntergeschoben haben. In der Tat läßt sich mit solcher Vorstellung ein Großteil der Strukturen der Inntaldecke durchaus erklären. Vor allem wird diese Erklärung der Tatsache gerecht, daß die Inntaldecke ortständig schon von Anfang an in der gleichen Lagebeziehung zur Lechtaleinheit gestanden hat wie sie es heute tut, ebenso der Tatsache, daß die Bewegungsbahnen durchweg sehr steil verlaufen. Auch die Tatsache, daß die Strukturformen von Ost nach West mit dem Gesteinswechsel ihrerseits sich etwas wandeln, läßt sich mit dieser Vorstellung ohne weiteres in Einklang bringen. Die Gleichsinnigkeit des Gesteinswechsels in Lechtal- und Inntaleinheit müßte bei dieser Vorstellung ebenfalls erwartet werden. Es ist dies also ein Erklärungsversuch, der viele von den Schwierigkeiten, welche aus der Deckenvorstellung erwachsen sind, überwindet.

Nachdem wir uns im vorhergehenden nur mit der Frage der mechanischen Strukturen als solcher beschäftigt haben, ohne uns schon die Frage vorzulegen, welche Ursachen diese Strukturen bewirkt haben, abgesehen von der zunächst nur formalen Feststellung, daß eben Strukturen einer Raumverengung vorliegen, bleibt uns nunmehr noch die Frage zu prüfen, wodurch diese Raumverengung bewirkt war und ob die von Kraus gegebene Erklärung in der Tat befriedigt. Spengler hat gegen die Vorstellung von Kraus den Einwand erhoben, daß in der östlichen und westlichen Fortsetzung der Inntaldecke im Gebiet der Lechtaldecke keine Narbenzone vorhanden sei. Dieser Einwand ist natürlich nicht stichhaltig, da ja das narbenbildende, die Unterschiebungen bewirkende Phänomen der Massenabfuhr im tieferen Untergrund auf das Gebiet der Inntaldecke beschränkt sein

konnte und nach Westen und Osten ausklang. Man könnte sogar das Westende der Inntaldecke mit ihrer Auflösung in größere Teilschuppen gerade als Ausdruck eines solchen Ausklingens der magmatischen Unterströmungen nach Westen hin ausdeuten.

Das aber sind ohnedies nur ganz theoretische Gesichtspunkte, die zur Prüfung eines rein theoretischen Gedankengangs nicht herangezogen werden können. Man muß vielmehr versuchen, die Frage, ob die Raumverengung die Folge eines Massendefizits im tieferen Untergrund und daher durch Ein- und Unterschiebungen in einer Narbe bewirkt, oder die Folge eines horizontalen Zusammenschubs der höheren Krustenteile – das ist die meist übliche Vorstellung, die auch zu der Deutung als Decke geführt hat – ist, auf die möglichen verschiedenen mechanischen Auswirkungen zurückzuführen. Dabei tritt gleich die Schwierigkeit auf, daß Überschiebung und Unterschiebung sich in ihrem tatsächlichen Bewegungssinn zwar absolut unterscheiden, das Bewegungsergebnis als einer relativen Verschiebung zweier Schollen gegeneinander aber das gleiche ist, so daß der heute vorliegende Endzustand einer Überschiebung nicht ohne weiteres, vielfach überhaupt nicht zu entscheiden gestattet, in welchem Sinn die ursprüngliche Bewegung als Unter- oder als Überschiebung sich abgespielt hat. Die übliche Deutung als Überschiebung ist dadurch ja nahegelegt, daß es sich durchweg um Bewegungen in oberflächennahen Krustenteilen handelt, die am leichtesten nach oben ausweichen können, sich daher normalerweise überschieben müssen. Nur im Zusammenhang mit einem Abströmen von Magmamassen in der Tiefe kann eine Unterschiebung zustandekommen. Es wird daher in den höheren Krustenteilen die Überschiebung zunächst das wahrscheinlichere sein. Unterschiebungen werden eher in den tieferen, plastisch reagierenden Krustenteilen erwartet werden können, wo sie sich in Form von Scherbewegungen abspielen können.

Im Bereich des Karwendel besteht die Inntaleinheit aus drei Wettersteinkalkantiklinalen, die sämtlich nach Norden überkippt und schwach überschoben sind, die nördlichste ist am stärksten überschoben in Form der klassischen Reliefüberschiebungen. Im ganzen hat also die Inntaleinheit einen schwach aus-

geprägten einsinnig nordgerichteten Schuppenbau. Eine Unterschiebung von Norden und Süden unter die Inntaleinheit würde nicht zur Bildung eines solchen Schuppenbaues führen können, sondern würde zu einem mehr symmetrischen Gebilde führen müssen, derart, daß eine Wettersteinkalkplatte nach Süden und nach Norden herausgequetscht ist, während in einer mehr oder weniger stark zerbrochenen Mittelzone die jüngeren Schichten in einer mehr oder weniger stark gequetschten Muldenzone vorhanden wären. Der antiklinale Schuppenbau des Karwendel spricht also mehr für einen horizontalen Zusammenschub der höheren Krustenteile, wobei offenbar ein von Süden her wirksamer Schub in Frage käme. In der gleichen Richtung sprechen die Befunde der als Reliefüberschiebung entwickelten Karwendelüberschiebung. Die Entwicklung als Reliefüberschiebung beweist zunächst, daß der Überschiebungsvorgang sich an der Erdoberfläche als Aufschiebung der Wettersteinkalkplatte auf ein Vorland mit Reliefgliederung vollzogen hat, wobei an der Stirn losbrechende Schollen die Reliefunregelmäßigkeiten ausglich, über die dann die geschlossene Platte sich weiterschieben konnte (die heute allerdings größtenteils durch Abtragung wieder zerstört ist, die Reliefüberschiebung dadurch wieder freigebend). Als Unterschiebung ist dieser Vorgang in der Tat nicht denkbar. Denn gesetzt den Fall, daß tatsächlich bei einer Magmatrifu des tieferen Untergrundes ein Krustenteil bis zur Erdoberfläche mitgesogen wird, so könnte dieser, da er ja nicht in einen Hohlraum hineingesogen wird, sondern unter eine schwere und ausgedehnte, infolge ihrer Schwere ihrem Untergrund stets voll aufliegende Gesteinsplatte hinuntergezogen wird, nicht ungestört und unzerbrochen hinuntergezogen werden, so daß seine Reliefunebenheiten alle erhalten bleiben und aus der gewissermaßen von ihrer Unterlage emporgehobenen Gesteinsplatte Brocken abbrechen können, welche in diese Reliefunebenheiten hineinfallen. Ist überhaupt in oberflächennahen Krustenteilen eine Unterschiebung möglich? Daß sich die fraglichen Vorgänge in Oberflächennähe abgespielt haben, geht daraus hervor, daß die ganzen Gesteine nicht metamorph sind. Da die Voraussetzung für eine solche Unterschiebung (auch wo sie nicht als Reliefunterschiebung ausgebildet ist), wenn die Unterschiebungsbahn – wie im Fall der Karwendel-

überschiebung flach gelagert ist, immer ist, daß das „unterscho-bene“ Gesteinspaket irgendwie von seiner Unterlage abgehoben wird, ist eine Unterschiebung mechanisch überhaupt nur als Scherbewegung in tieferen plastisch reagierenden Erdkrustenteilen möglich. Ein Hineinsaugen über tieferen abströmenden Magmamassen könnte höchstens in steil gestellten Bewegungsbahnen allenfalls möglich sein; immer aber müßten dabei die oberflächennahen Krustenteile in sich mehr oder weniger vollständig zertrümmert werden, da ja nirgends in der Erdrinde Hohlräume vorhanden sind, in welche Krustenteile frei hineingesogen werden könnten.

Für den Bereich des Karwendel ist somit die Vorstellung der Unterschiebung durch Abtriftung in tieferen Krustenteilen eindeutig auszuschließen. Hier handelt es sich eindeutig um Strukturen, die an der Erdoberfläche entstanden sind, dadurch, daß ein horizontaler Schub von Süden her die Wettersteinkalkplatte herausgebrochen und nach Norden herausgeschoben hat, wobei infolge der Starrheit dieser Platte diese in sich nochmals zerbrach und unter Bildung von überkippten Antiklinalen schwach in sich verschuppte.

Stellen wir dem einen Extrem, dem Karwendel vom Ostende, gleich das andere und ganz anders gebaute Extrem, das Gebiet der Grießlspitze-Freispißgruppe-Saxer Spitze vom Westende, gegenüber, so haben wir hier in der Tat einen ganz anderen Bau, derart, daß im Norden (Saxer Sp.) und im Süden (Grießl-Sp.) je eine Hauptdolomitplatte steil herausgeschoben und gegen steil einschließendes Cenoman abgesetzt ist und daß zwischen beiden Hauptdolomitmassiven eine stark verfaltete und zusammengedrängte und massierte Juramasse (Freispißgruppe) liegt. Das ist nun in der Tat eine Struktur von ähnlicher Form, wie wir sie erwarten müßten, wenn sie durch Unterschiebungen im Sinn von Kraus zustande gekommen wäre. Jedenfalls eine Struktur ganz anderer Art als im Karwendel. Aber da diese andersartige Struktur auch im Sinn eines Horizontalschubs ebenso eindeutig und klar erklärbar ist wie im Sinn der Krausschen Unterschiebung und da im Karwendel die Situation vollkommen eindeutig gegen die Unterschiebung spricht, ist die Entscheidung zwischen den beiden Alternativen – Unterschiebung durch Magmatrifuß oder

Überschiebung durch Horizontalschub – eindeutig zugunsten der Überschiebung durch Horizontalschub zu treffen.

Das wird unterstrichen durch die Verhältnisse im Mieminger und Wettersteingebirge. Hier ist das Gebiet der gewaltigsten Entwicklung von Wettersteinkalk, der sich in mächtiger Entwicklung aus der Südzone weit nach Norden ausdehnt (Zugspitzmassiv). Bei einer Unterschiebung von Norden nach Süden müßte auch hier ein Herausschieben der Wettersteinkalkplatte nach Norden und Süden erfolgt sein. Eine solche nimmt jedoch auch Kraus in diesem Fall nicht an, da die Inntaldecke hier im Gegensatz zum Osten (Karwendel) und Westen (Heiterwand und Lechtaler Alpen) keinen Nordrand hat, sondern mit dem Wetterstein-Zugspitzgebirge fest im Norden verankert ist. Es soll also nur eine Unterschiebung von Süden her erfolgt sein, während die Inntaleinheit im Norden noch im ursprünglichen Verband aufgehängt ist. Die Unterschiebung vom Süden her muß aber nach Kraus als flache Unterschiebungsbahn eine recht große Ausdehnung haben, da ja im Puittal in den jungen Schichten die untergeschobene Lechtaldecke in einem Fenster zutage treten soll und die Lechtaleinheit auch unter das Wettersteingebirge sich noch nach Norden fortsetzt (Ausstreichen in der Ehrwalder Mulde im Westen der Zugspitze). Nach dem über die Unterschiebungen ganz allgemein Ausgeführten ist eine so weitgreifende Unterschiebung in einer doch recht flachen Unterschiebungsbahn, durch welche eine so ausgedehnte Wettersteinkalkplatte von ihrem Untergrund abgehoben wird, nicht wohl möglich. Setzt man aber diesen Vorgang einmal als möglich, so müßte man annehmen, daß die über der unterschobenen Einheit liegende Wettersteinkalkplatte bei der Unterschiebung mitgeschleppt und mit ihrer südlichen Hälfte unter die an ihrem Nordrand verankerte Wettersteinkalkplatte des Wettersteingebirges teilweise mit heruntergezogen ist.

Der tatsächliche Befund ist demgegenüber der, daß die Inntaleinheit ihre Nordgrenze an der Vorbergzone hat und daß die Wettersteinkalkplatte des Mieminger Komplexes gegen die Puittalzone der jungen Schichten herausgeschoben und herausgehoben und nach Norden gegen die stark zusammengepreßten jungen Schichten und das Wettersteingebirge gepreßt ist. Dieses

konnte entsprechend seiner Verankerung nach Osten (Nordhälfte des Karwendel) und nach Norden seinerseits nicht nach Norden ausweichen und ist daher nach der einzigen Seite, nach der Ausweichmöglichkeit bestand, nämlich nach Westen etwas herausgepreßt worden.

Es ergibt sich aus dieser Analyse, daß das Phänomen der Inntaldecke durch das Prinzip der Unterschiebungen als Folge eines Massenverlustes der Tiefe nicht erklärt werden kann, daß Unterschiebungen mit weitreichenden flachen Unterschiebungsbahnen in den höheren Krustenteilen mechanisch überhaupt nicht möglich sind. Auch ein Zusammenschub infolge von Unterströmungen muß in den höheren Krustenteilen immer zur Überschiebung führen, da einzelne Schollen auch bei einem passiven Zusammenschub über einer aktiv triftenden Unterlage immer nur nach oben Ausweichmöglichkeit haben und sich daher übereinanderschieben müssen. Es wäre ja auch nicht einzusehen, weshalb bei einem Abströmen von Magmamassen im Untergrund der eine Krustenteil mit seinem magmatischen Untergrund fest verwachsen mitgezogen würde, während der andere Krustenteil ohne weiteres von seinem Untergrund abgehoben würde. Man darf sich ja die Grenze einer starren Oberkruste gegen einen flüssigen magmatischen Untergrund doch sicher nicht als eine scharfe Grenze fest gegen flüssig vorstellen.

Die Inntaleinheit wäre somit durch Herausschiebung und Überschiebung der starren Kalkplatten im Zug eines horizontalen Zusammenschubs zu erklären. Der Vorgang wäre im Sinn der oben gemachten Ausführungen zu denken, daß ein von Süden nach Norden erfolgender Zusammenschub ein Zerbrechen der starren Kalkplatten (Wettersteinkalk, Hauptdolomit) in einzelne größere Schollenkomplexe bewirkte und daß diese Schollenkomplexe durch den Mantel jüngerer Schichten heraus- und überschoben worden sind und auch in sich unter Umständen wieder zerbrachen und mehr oder weniger stark verschuppten.

Gegen diese Vorstellung wäre der Einwand zu erheben, daß durch einen solchen mechanischen Vorgang wohl einzelne Schuppen hätten entstehen können, nicht aber eine große in sich geschlossene Einheit wie die Inntaldecke. Gerade diese Einheit, trotz des im einzelnen verschiedenen Gesteins- und Struktur-

baues, müßte doch einen einheitlichen Vorgang in Form einer großen einheitlichen Schubmasse voraussetzen lassen.

Aber ist diese Einheit der geschlossenen Masse in der Tat vorhanden? Ist sie nicht nur die Folge einer verallgemeinernden Abstraktion?

Die nördliche, der Lechtaleinheit angehörige Karwendelkette, setzt südlich Mittenwald in die Wettersteinkalkantiklinale des Wettersteingebirges fort. Das ist in der Tat wohl ein einheitlicher durchlaufender Wettersteinkalkzug. Die drei südlichen Karwendelketten aber, die als Inntaleinheit zusammengefaßt und nach Norden durch die Karwendelüberschiebung begrenzt sind, bilden eine für sich geschlossene einheitliche, in sich schwach verschuppte Wettersteinkalkplatte, die nach Norden oder Nordosten herausgeschoben ist, aber nach Westen hin einsinkt in der großen Seefelder Quereinmuldung. Nur die Hauptkette steht über Scharnitz mit dem Arnspitzmassiv noch in ziemlich unmittelbarer Verbindung; hier aber klingt die Überschiebung aus. Westlich der großen Seefelder Quereinmuldung hebt sich die Wettersteinkalkschuppe der Mieminger heraus, die mit der Vorbergzone gegen das Wettersteingebirge gepreßt ist. Diese Mieminger-Vorbergschubmasse bricht bei Ehrwald ab. Als wesentlich kleinere und weniger ausgedehnte Schuppe setzt westlich die Wettersteinkalkschuppe des Wannig und der Heiterwand an, deren Nordrand viel südlicher liegt. Hier liegen in der Tat offenbar große Einzelschuppen vor, die deshalb sich mit Recht zu einer größeren Einheit zusammenfassen lassen, weil hier ein mächtiger Wettersteinkalk, der durch ein relativ wenig mächtiges plastisches Deckgebirge eingehüllt war, einen einheitlichen und gleichartigen Schuppen- und Überschiebungsmechanismus entstehen ließ.

Analoge Verhältnisse liegen auch weiter nach Westen vor, wo unter einem mächtigeren Deckgebirge sich vorwiegend große Hauptdolomitschuppen herauschieben, die sich infolge der stark ausgleichenden Wirkung des mächtigen beweglichen Deckgebirges relativ flächig entwickeln konnten; und schließlich noch weiter nach Westen (Parseier Spitze, Freispitze, Wetterspitze), wo ein überstark entwickeltes junges Hüll- und Deckgebirge die Bildung größerer Überschiebungen und weiter aushaltender durchspießender Schollen verhindert. Der großräumige Schuppen-

bau der Triaskalkmassen ertrinkt hier gewissermaßen in dem mächtigen und leicht beweglichen Deckgebirge, das die Trias einhüllt.

Die Einheit der Inntaldecke ist somit eine Einheit gleichartiger mechanischer Reaktion als Folge des jeweils typischen Gesteinsaufbaues; sie gliedert sich, so wie auch in ihrem Gesteinsaufbau auch in ihrer tektonischen Struktur durchaus in die Lechtaldecke ein. Diese Analogien bewirkten die Differenzen über die Zuordnung des Wettersteingebirges. Und auch im Gebiet z. B. der Parseierspitze, der Torspitze usf. – d. h. also in der westlichen Hälfte – kann man fast überall zweifeln, an welche Störungs- oder Überschiebungsgrenze im einzelnen man zweckmäßig die eigentliche Grenze der Inntaldecke legen soll.

Die Inntaldecke stellt sich somit dar als ein großzügiges Verschuppungs- und Überschiebungssystem im Rahmen der Lechtaleinheit als Folge eines horizontalen Zusammenschubs.

Die Frage nach den Ursachen eines solchen horizontalen Zusammenschubs in den höheren Krustenteilen ist im Rahmen einer solchen regionaltektonischen Analyse nicht zu beantworten; diese Frage führt in geotektonische Probleme hinein und verlangt einen weiteren Rahmen. Immerhin darf vielleicht auf folgendes hingewiesen werden. Daß die überschobenen und zusammengesobenen höheren Krustenteile, die „Decken“ nicht selber das „aktiv überschiebende Element“ sind – etwa nach Art Münchhausens, der sich am eigenen Haarschopf aus dem Sumpf zieht –, sondern die Folgeerscheinung einer Schubbewegung, deren Ursachen anderwärts zu suchen sind, worauf Kraus so nachdrücklichen Wert legt, das ist wohl überall, wo man sich den Mechanismus des Geschehens klar zu machen gesucht hat, selbstverständlich gewesen, ob man die treibende Ursache nun in der Erdkontraktion gesucht hat oder in Magmaströmungen oder in Abgleitungen im Sinn Reyers usf. Hier scheint es mir, als ob Kraus offene Türen einrennt.

Da nun nach allen Erfahrungen in der modernen Geotektonik die Erdkontraktion als Ursache der Gebirgsbildung wohl auszuschließen ist, die Ursache also wohl in Magmaströmungen gesucht werden muß, über denen die höheren Krustenteile mitgeschleppt werden, da außerdem die vorhergehende Analyse ergibt,

daß die Zusammen- und Überschiebung im kalkalpinen Raum ein Vorgang der Oberflächennähe war, ja ausweislich der Reliefüberschiebungen sich sogar unmittelbar an der Erdoberfläche abgespielt hat, muß angenommen werden, daß eine Süd-nordströmung der Tiefe die Zentralalpen gegen Norden mitschleppte und dadurch eine Raumverengung und den entsprechenden Zusammenschub des kalkalpinen Raumes bewirkte. Dem müßte nun südlich der Zentralalpen ein entstehendes Massendefizit, d. h. ein Einsinken und eventuell ein Aufreißen von Spalten entsprechen.

Da nach den Lagerungsverhältnissen der Gosau der Zusammenschub der nördlichen Kalkalpen sich weitgehend schon in der Zeit der kretazischen Gebirgsbildungen abgespielt hat, müßte in dieser Zeit in den Südalpen mächtige Sedimentation erwartet werden. Das ist in der Tat weitgehend auch der Fall.

Wenn wir mit einem Ausblick über den Rahmen dieser kleinen Analyse hinaus noch darauf hinweisen, daß in der Folgezeit, in den laramischen und in den tertiären Gebirgsbildungen der Zusammenschub des gesamtalpinen Gebirgskörpers im wesentlichen erfolgt (die vorlaramischen Gebirgsbildungen in den Alpen sind immer nur Teilerscheinungen gewesen, die nie den gesamtalpinen Raum erfaßt haben) und daß in der gleichen Zeit des Tertiär sich im Mittelmeer weitgreifende junge Einbrüche abspielen und ein verstärkter Vulkanismus einsetzt, so gewinnt man den Eindruck, als ob in dieser Richtung doch eine speziellere Analyse des Mechanismus der alpinen Gebirgsbildung möglich wäre.

Schrifttumshinweise.

- Ampferer, O.: Über den Bau der westlichen Lechtaler Alpen. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. **64**, Wien 1915.
- Ampferer, O.: Die Reliefüberschiebung des Karwendelgebirges. Jahrb. Geol. Bundesanst. **78**, Wien 1928.
- Ampferer, O.: Zur neuen Umgrenzung der Inntaldecke. Jahrb. Geol. Bundesanst. **81**, Wien 1931.
- Ampferer, O.: Geologische Karten der Lechtaler Alpen und Erläuterung dazu. Geol. Bundesanst. Wien 1932.
- Boden, K.: Geologisches Wanderbuch für die Bayerischen Alpen. Verl. Enke, Stuttgart 1930.
- Kraus, E.: Der Abbau der Gebirge, Bd. 1. Der alpine Bauplan. Verl. Bornträger, Berlin 1936.
- Leuchs, K.: Der Bau der Südrandstörung des Wettersteingebirges. Geol. Rundschau **21**, 1930.
- Richter, M.: Die Struktur der nördlichen Kalkalpen zwischen Rhein und Inn. N. Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. **63**, Abt. B 1930.
- Spengler, E.: Die Nördlichen Kalkalpen. In Geologie der Ostmark, her. v. F. X. Schaffer, Verl. F. Deuticke, Wien 1943.