

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 130	Heft 2	S. 113-131	Wien, August 1987
-----------------	----------------	----------	--------	------------	-------------------

Die Stellung der Nördlichen Kalkalpen in einem Unterschiebungsbau der Alpen

Von FRANZ K. BAUER*)

Mit 4 Abbildungen

*Ostalpen
Westalpen
Deckenbau
Paläogeographie
Tektonogenese
Geomechanik
Plattentektonik
Akkretionstektonik*

Inhalt

Zusammenfassung	113
Abstract	114
1. Einleitung	114
2. Die Stellung der Nördlichen Kalkalpen	115
3. Die Anordnung und Entwicklung der Sedimentationsräume	118
4. Die Stellung des Randcenomans und der Arosazone	121
5. Die Geodynamik der Gebirgsbildung	121
6. Diskussion verschiedener Strukturen	125
6.1. Molasse, Flysch/Helvetikum	125
6.2. Südvergenzen in den Nördlichen Kalkalpen	125
6.3. Die Grauwackenzone	125
6.4. Das Mittelpennin	126
6.5. Das Zentralalpine Kristallin	126
7. Schlußbemerkung und Ausblick	127
Literatur	127

Zusammenfassung

In der Diskussion um die alpidische Gebirgsbildung dominierte die Vorstellung von einem großen Deckenbau mit weiten Schubweiten der ostalpinen Decken. Doch es gab auch Meinungen, welche die als oberostalpin angesehenen Nördlichen Kalkalpen als nicht fernüberschoben, sondern als primär nördlich des Tauernpennins beheimatet ansahen.

Von diesem Grundgedanken ausgehend wurde versucht, auf dem Prinzip der Plattentektonik ein neues Modell zu erstellen. Ausgangspunkt waren kritische Überlegungen zum Mechanismus von Deckenschüben und zur Frage der Auswirkung von tektonischen Bewegungen in den Oberkreidesedimenten. Große Transportweiten der ostalpinen Decken sind mechanisch nicht erklärbar, und zusammenhängende Schichtfolgen von Oberkreidesedimenten sprechen gegen große Verlagerungen der Nördlichen Kalkalpen. Eine kontinuierliche Gebirgsbildung, in welcher es zu keiner Schichtunterbrechung kommt, wird abgelehnt.

Dem Modell liegt die Vorstellung zugrunde, daß bereits die variszischen Ablagerungsräume symmetrisch zum kristallinen Grundgebirge angelegt wurden. Auf vorgegebener Symmetrie entwickelten sich die neuen mesozoischen Sedimentationsräume.

In der Paläogeographie der Trias wird von einer großen Schwellenzone ausgegangen, in der die Tauern die eigentliche

Scheitelzone bildeten. Südlich davon werden das Unterostalpin von Err und Bernina und der Matreier Zone und weiter südlich das zentralalpine Mesozoikum angeordnet, das mit dem Drauzug zusammenhing. Im Norden wird an die Trias der Tauernschwelle das Mesozoikum vom Semmering, jenes der Radstädter Tauern und Tarntaler Berge angeschlossen, welches gegen Norden mit dem Ablagerungsraum der Nördlichen Kalkalpen verbunden war.

Die Entwicklung führte über die Trias zum Jura, als bei gewaltiger Zerrung, zusammenhängend mit der Öffnung des mittleren Atlantik, die zentralalpine Schwelle mit der geringmächtigen Trias einbrach. Die Folge war die Öffnung des südpenninischen Ozeans. Synchron bzw. als Folge der Subduktion in diesem öffnete sich der nordpenninische Ozean.

Damit wurde eine breite Mittelschwelle, das Briançonnais, angelegt, welches als mittelpenninische Platte von bedeutender Längserstreckung und Breite angesehen wird. Davon spaltete sich noch der Ultrapienidische Rücken ab, ein Zwischengebirge zwischen Flyschtrog und Randcenomantrug, das große Schuttmengen nach Norden und Süden lieferte.

Es wird davon ausgegangen, daß die Plattenbewegung mit der vorgosauischen Subduktion im Südpennintrog einsetzte. Die Folge war eine platteninterne Tektonik in der Adriatischen Platte, wodurch ein eigener Gebirgsstamm angelegt wurde. Gleichzeitig begann mit dem Abtauchen des Ultrapienidischen Rückens die Abscherung der Nördlichen Kalkalpen, die zur Anlage der tiefbajuvarischen Decken führte.

Weitere bedeutende Bewegungsimpulse folgten im mittleren und späten Eozän, entsprechend dem Sedimentationsab-

*) Anschrift des Verfassers: Dr. FRANZ K. BAUER, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

schluß im Rhenodanubischen Flyschtrog bzw. Piemont-Tauern-trog. Die Kalkalpen wurden von ihrer ursprünglichen Unterlage, die südwärts in die Subduktionszone verschwand, abgeschert und liegen nun wurzellos da. Als tiefere Einheit spaltete sich das südliche Mittelpennin mit dem Tarntaler, Radstädter und Semmering-Mesozoikum ab. Da eine Lage der Nördlichen Kalkalpen auf der Briançonnaisplatte angenommen wird, kommt die große unterschiebende Reibungsfläche direkt unter diesen Einheiten zu liegen. Die mächtigen Flyschserien wurden bei diesen Unterschiebungsphasen abgeschert und weit unter die Nördlichen Kalkalpen, in denen sie teilweise als Fenster zutage treten, gezerrt. Es entstand so ein zweiter Gebirgsstamm, der mit dem vorgosauisch angelegten verschweißt wurde.

In der letzten, der jungalpidischen Unterschiebungsphase wird auch der Inhalt des Molassetroges erfaßt und beträchtlich weit gegen Süden untergeschoben. Die Europäische Platte schiebt sich in den Phasen immer weiter gegen Süden vor, schneidet die Südpenninischen Serien unten ab und dringt schließlich bis zur Alpensüdseite vor, wo der Plattenrand zur Afrikanischen Platte liegt.

Die Tauernüberschiebung wird zu einer Tauernunterschiebung. An der Stellung von Tauern-, Engadiner- und Rechnitzer Fenster ändert sich nichts.

Von geodynamischer Bedeutung war die Existenz von zwei Ozeanen, durch deren Schließung zwei Gebirgsstämme angelegt und zu einem Gebirge vereinigt wurden.

Abstract

In the discussion concerning the Alpidic Orogeny the concept of enormous nappes transported over great distances from south to north has been predominant. Aside from this view the opinion has also existed that the Northern Calcareous Alps, belonging to the Upper Austroalpine nappe system, had a relatively fixed position to the north of the Tauern Mountains and that they had never overridden the Penninic trough.

On these fundamental principles we have tried to establish a new concept of orogeny based on plate tectonics. The initial point concerns some criticism on the established Deckenlehre, respectively, the mechanism of nappe transportation and second, the connection between tectonic movements and facies of Upper Cretaceous sediments. Neither gliding nor transversal thrust are able to explain thrusting over great distances.

Regarding the facies, there are coherent sequences of Lower and Upper Cretaceous sediments showing no influence of tectonism which, for example, was demanded in the Upper Turonian. The concept of a continuous orogeny causing no breaks in sedimentation must be refused.

The paleogeography of the Paleozoic, as seen from the view of the Deckenlehre, requires that the Paleozoic of the Northern Grauwackenzone (the basement of the Northern Calcareous Alps) must be derived far from the south.

Contrary to the view above, it seems more probable that the Variscan Paleozoic troughs developed symmetrically north and south respectively on the crystalline basement formed in Caledonian time. This pre-existing symmetry after the Variscan Orogeny underlay the development of the Mesozoic troughs.

A palinspastic section illustrating the above tectonic concept has been included. It shows an arrangement of the Triassic troughs with several thousands of meters thick sequences of limestones and dolomites in the north (Northern Calcareous Alps) and in the south (Drauzug, Southern Alps). Between them was an updomed platform of large extent on which (from south to north) thinner Triassic sequences of the Central Alps, of Lower Eastalpine (Err, Bernina, Matrei Zone) and north of the proper Tauern rise the Units of the Semmering, Radstädter and Tarntaler Mountains were deposited.

The great event in the Jurassic was the opening of the Middle Atlantic Ocean which in turn resulted in large rift basins in the Alps. The rifting affected the Triassic crest of the Tauern Mountains and the foreland of the Northern Calcareous Alps. In this manner the two Penninic troughs were formed and the emplacement of the ophiolites (oceanic crust) took place. The northern trough can be attributed to the Rhenodanubian Flysch Zone, whereas the southern one is called Piemont-Tauern trough. Between the two troughs there was the Middle Penninic Plate, called Briançonnais.

It is thought that the Alpidic plate tectonics started in Pre-Gosauian time. The subduction of the southern Penninic ocean caused an intense folding in the Adriatic plate. Also the northern border of the Northern Calcareous Alps (called Randcenoman) and the lowermost nappes of them, where sedimentation had ended in the lower Turonian, had been affected.

In the Middle and Late Eocene/Oligocene further great impulses followed due to the subduction of the northern Penninic trough. Because the Northern Calcareous Alps were related to the underthrusting Briançonnais plate, there is a distinct relation between underthrusting and crustal shortening just under the Northern Calcareous Alps. The original basement vanished into the south Penninic subduction zone which was shortened considerably within a relatively short time. The Rhenodanubian Flysch Zone was underthrust which can be observed in windows within the Northern Calcareous Alps. In this manner two different units of the Alps due to the closing of two oceans were welded together.

During the young Alpidic phases in Oligocene and Miocene time the Molasse Zone, forming a final foredeep, was underthrust.

During the Alpidic orogeny the underthrusting European plate moved southward causing crustal shortening in areas just to the south of its advance. The south Penninic zone was undercut. Finally the plate moved forward to the present southern boundary of the Alps where its attachment to the African plate can be fixed.

In this tectonic concept the Engadin, the Tauern and the Rechnitz window can be documented and fully accounted for.

The geodynamics of orogeny can be expressed as a southward subduction of each of the individual Penninic troughs linked respectively to the general southward and underlying underthrusting of the entire European continent as shown on the palinspastic map. The African plate, in this model, is considered to be a continental massif moving relatively northward.

1. Einleitung

Vor TERMIER's großem Konzept von 1903 spannt sich ein weiter Bogen geologischer Forschung und Meinungen bis in die heutige Zeit. Die Deckenlehre dominierte klar über andere Vorstellungen. Die Ergebnisse der Plattentektonik wurden übernommen, die ein besseres Verständnis der Geodynamik der Gebirgsbildung brachten. Doch die Lösung offener Fragen bzw. Überwindung von Meinungsgegensätzen wurde nicht erreicht. Es bestehen zur Zeit verschiedene Spielarten der Deckenlehre, bei denen es u. a. um unterschiedliche Auffassungen in der Frage der primären Position der Nördlichen Kalkalpen und die zeitlich-räumliche Abfolge der Bewegungen geht.

Eine primäre Position der Kalkalpen nördlich des Tauernpennin wurde zwar immer wieder bis in die Gegenwart vertreten, doch fanden diese Überlegungen keine breite Anerkennung. Es war sicher ein Mangel, daß es zu keiner über das Konzept von E. KRAUS hinausgehenden Weiterentwicklung geomechanischer Überlegungen kam. Das neue Gedankengut der Plattentektonik z. B. wurde nicht aufgenommen.

Es soll gezeigt werden, daß auch bei einer anderen Paläogeographie Plattentektonik anwendbar ist. Der zur Diskussion stehende Gegensatz zwischen Autochthonie und Allochthonie kann aufgehoben werden. Gebundene Tektonik in den Nördlichen Kalkalpen, wie sie z. B. von C. W. KOCKEL propagiert wurde, ist als überholt anzusehen und Deckenbau anzuerkennen.

Es soll im folgenden gezeigt werden, daß bei einer nördlichen Anordnung der Kalkalpen ein geodynamisches Modell auf den Grundlagen der Plattentektonik möglich ist. Deckenbau und große Raumverkürzung

sind durchaus in Einklang zu bringen. Es wurde versucht, verschiedene geologische Aspekte zu berücksichtigen und aus der Kritik an der Deckenlehre heraus ein neues Unterschiebungsmodell zu begründen. Aus einer anderen differenzierten Paläogeographie als Ausgangspunkt ergab sich ein anderes Bewegungsbild für die alpine Gebirgsbildung.

Von Bedeutung ist die Frage, wieweit sich die tektonischen Vorgänge in der Fazies der Oberkreidesedimente widerspiegeln. Dieser Bezug wurde zwar vielfach gesucht und untersucht, doch waren die Ergebnisse nicht so eindeutig, sodaß Spielraum für verschiedene Deutungen blieb.

Innerhalb der TERMIER'schen Deckenlehre, deren Kernaussage die Tauernüberschiebung durch oberostalpine Decken ist, gibt es eine rege Diskussion über verschiedene Modellvorstellungen. Daß die Diskussion über diesen Rahmen hinaus geführt wird, ist ein Anliegen dieser Arbeit.

2. Die Stellung der Nördlichen Kalkalpen

Ein Begriff, der viele Jahre zur Diskussion stand, war jener der Wurzelzone. Der Gedanke einer Einwurzelung der Nördlichen Kalkalpen (im folgenden mit NKA abgekürzt) mußte aufgegeben werden, da sich im Drauzug in keiner Weise der Bau einer Wurzelzone nachweisen ließ.

Faziesvergleiche zwischen NKA und Drauzug spielten immer eine wichtige Rolle. Aus der Ähnlichkeit der Faziesabfolgen schloß man auf einen großen zusammenhängenden Sedimentationsraum. Doch nördlich des Drauzuges gibt es keine tektonische Linie, die bei diesem Modell als große Trennungsfuge klar in Erscheinung treten müßte. Auch der Mechanismus der Ablösung der NKA vom Drauzug blieb unklar. Vertreter eines großen, zusammenhängenden kalkalpinen Ablagerungsraumes sind u. a. A. TOLLMANN (1963, 1977), R. OBERHAUSER (1964, 1976) und S. PREY (1978).

Es wurde immer wieder versucht, eine andere primäre Position für die NKA zu finden. Für das zentralalpine Kristallin als Basis trat E. CLAR (1965) ein, dessen Modell in der Folgezeit von verschiedenen Autoren modifiziert wurde (H. BÖGEL, 1975b; F. FRANK, 1983).

Ausgehend von den Schüttungsrichtungen in den klastischen Carditaschichten kamen O. KRAUS & E. OTT (1968) zu der Vorstellung einer großen Schwellenzone zwischen NKA und Drauzug. Aufgrund weiterer fazieller Studien kamen auch R. BRANDNER (1983) und K. KRÄINER (1984) zu dieser Meinung. An Stelle einer Schwelle steht auch ein trennender Tiefwasserbereich (Ozean) zur Diskussion (S. KOVACS, 1982; R. LEIN, 1985).

Trotz intensiver Forschung in der kalkalpinen Trias konnten bisher keine eindeutigen Kriterien gefunden werden, die für eine bestimmte Anordnung der Triasfaziesräume sprechen würden. Die ursprüngliche Lage der Ablagerungsräume zueinander ist von großer Bedeutung, da diese ja zum Ausgangspunkt für tektonische Konzepte wird. Je weiter im Süden man die NKA beheimatet, umso größer mußte die Transportweite gewesen sein. Gegen den Ferntransport lassen sich verschieden Einwände erheben:

a) Mechanismus

VAN BEMMELEN (1961) übte mit seiner Theorie der Schweregleitung, der in einer Reihe von Modellen eine entscheidende Rolle zukommt, einen großen Einfluß aus. Völlig zu Recht kritisierte A. TOLLMANN (1963, S. 185ff.) die auf die NKA angewandte Schweregleitung, da man im Norden eine bedeutende Vortiefe und eine entsprechende Heraushebung jener zentralen Ostalpen, auf denen die Kalkalpen gelegen hätten, annehmen müßte. In neueren Stellungnahmen lehnte A. TOLLMANN (1971b, 1980) den Mechanismus der Gleitung für den Transport der NKA ab und führte diesen auf einen Transversalschub zurück.

Der Gedanke der Unterschiebung des nördlichen Vorlandes ist ein wesentlicher Teilaspekt im Modell von E. CLAR (1965), den man auch im Modell von H. BÖGEL (1975) wiederfindet. Doch sind in diesen Konzepten auch beträchtliche nordgerichtete Überschiebungen der oberostalpinen Decken notwendig, für deren Weiterbewegung E. CLAR Gleitung annahm.

Das Prinzip der Unterschiebung, das sich aus plattentektonischen Überlegungen ergab, wurde von verschiedenen Autoren aufgenommen. Der Aspekt der Gleitung, von der die NKA im Eozän betroffen worden wären, spielt weiter eine wichtige Rolle (z.B. W. FRISCH, 1979).

In konsequenter Weise erstellte W. FUCHS (1984) auf dem Prinzip der Unterschiebung ein Modell, in dem keine großen Deckenbewegungen und somit kein zusätzliches mechanisches Prinzip wie jenes der Gleitung mehr erforderlich sind.

Es kann davon ausgegangen werden, daß Deckentransporte, gleichgültig ob aufgrund von Unter- oder Überschiebung, deutliche Spuren in Form von Mylonitonen hinterlassen. Bei der Bewegung der enormen Masse des Oberostalpins (NKA + Grauwackenzone) über zentralalpine und unterostalpine Einheiten wäre in diesen Gebieten eine gewaltige Reibungszone zu erwarten. Solche Mylonitonen, die gefügekundlich als solche einwandfrei identifiziert werden könnten, gibt es in den von der Deckenlehre angenommenen Überschiebungsbahnen nicht.

Die vorliegende Arbeit ist in erster Linie eine Auseinandersetzung mit der Deckenlehre und den weiträumigen nordgerichteten Überschiebungen. Die Überlegungen basieren ebenfalls auf dem Prinzip der Unterschiebung des Vorlandes. Aufgrund einer eigenen paläogeographischen Vorstellung als Ausgangspunkt soll ein Bewegungsmechanismus aufgezeigt werden, bei dem bei großer möglicher Einengung weite Transportweiten erklärbar sind. Es wird die Meinung vertreten, daß ein Unterschiebungsmodell, entsprechend einer nach Süden abtauchenden Platte, eine andere Position des Oberostalpins verlangt.

Es besteht eine nicht zu übersehende Diskrepanz zwischen der großen tatsächlichen Einengung im Bereich der Pennintröge nördlich des zentralalpinen Grundgebirges und der Frage, wo und wie südlich davon die kristalline Basis der NKA zum Verschwinden gebracht werden kann. Das Problem bleibt dasselbe, gleichgültig, ob man die NKA an den Drauzug anhängt oder für sie eine Basis auf einem nördlichen zentralalpinen Kristallin sucht.

Im Profil I (Ausgangspunkt für die jungalpidische Gebirgsbildung [S. PREY, 1978]) zeigen die NKA eine eher stabile Lagerung auf kristallinem Untergrund. Der Mechanismus, aufgrund dessen die NKA mit der Grauwak-

kenzone an der Basis nach Norden vordringen, den nordpenninischen Flysch abscheren, vor sich her- und überschieben sollen, bleibt ungeklärt.

b) Transportierte Strukturen

Es stellt sich auch die Frage nach transportierten Strukturen. Entsprechend der Vorstellung eines in mehreren Phasen ablaufenden Gebirgsbildungsprozesses sind jeder Phase einengende, strukturprägende Bewegungen zuzuordnen. Die Anlage der kalkalpinen Decken wäre vorcenoman bzw. vorgosauisch südlich des Pennintrogos erfolgt. Nach einer Art Huckepackverfahren müßte man riesige Deckenstapel über ehemalige Ablagerungsräume hinweg weit nach Norden verfrachten. Auch H. KÜPPER (1968) wies darauf hin, daß ein Großteil der Strukturen in den NKA als transportiert zu betrachten wäre.

E. CLAR (1965) sah in den Weyerer Bögen eine transportierte Struktur. P. BECK-MANNAGETTA (1960) hingegen wies auf den Einfluß des voralpinen Untergrundes mit den NW- und NE-Geofrakturen (Donaubruch, Diendorfer Störung) auf die Bogenbildung hin, die beim Aufahren der kalkalpinen Decken angelegt worden wäre.

Das knickartige Umbiegen des Streichens von E-W auf SW-NE im Ostteil der NKA stellt ein ähnliches Problem dar. Die Böhmisches Masse wird gegen das Wiener Becken von Brüchen begrenzt, die zur Diendorfer Störung parallel verlaufen. Der Einfluß des Unterbaus könnte erst nach dem Fernschub im Zuge von jüngeren Nachbewegungen wirksam geworden sein (G. WACHTEL & G. WESSELY, 1981).

Es ist zu überlegen, welcher Einfluß dem kristallinen Grundgebirge mit seinem alten Bau zukommen kann. Bei der Unterschiebung des Europäischen Kontinentes kann sich auch das Grundgebirge an bereits vorgegebenen Brüchen und Bewegungsflächen verformen, so daß sich alte Strukturen im auflagernden Deckgebirge durchpausen. Bei einer Lage der NKA primär im Norden des Tauernpennins wären Beeinflussungen durch das Untergrundkristallin bei allen Phasen der Unterschiebung möglich. Es besteht aus dieser Sicht keine Notwendigkeit, die verschiedenen Strukturprägungen inklusive der Anlage der kalkalpinen Decken, weit im Süden anzunehmen und fertige Baueinheiten zu transportieren. Wenn auch nicht innerhalb der NKA gelegen, so ist doch der Kristallinblock des Leopold von Buch-Denkmal in der Grestener Klippenzone allgemein als Beweis für die Einbeziehung des außeralpinen kristallinen Grundgebirges zu werten.

c) Faziesabfolgen in der Kreide und tektonische Phasen

Der weite Transport des Oberostalpins (165 km nach A. TOLLMANN, 1980) erfolgte nach der Deckenlehre in verschiedenen tektonischen Phasen. Die Bewegungen sollten bereits massiv vorcenoman in der Austriischen Phase eingesetzt und sich in der Vorgosauischen Phase des Turon fortgesetzt haben. Die kritische Frage ist, ob diese gewaltigen orogenen Bewegungen aus der Fazies der Kreidesedimente ableitbar sind.

In den Weyerer Bögen stellte H. KOLLMANN (1968) eine konkordante Schichtfolge von den Aptychenschichten in das Untercentoman fest. Zwar wurde im Unterhalb ein neues Liefergebiet erschlossen, wie die auftretenden Gerölle zeigen, doch erfolgte keine Schichtunterbrechung.

Diese Ergebnisse wurden als Argumente gegen vorcenomane Deckenbewegungen angesehen.

Zu dem gleichen Schluß kam K. MÜLLER (1973) bei der Untersuchung des Randcenomans der NKA, das insgesamt eine Ruhigwasserfazies zeigt. Nach seiner Meinung könne man die Tauernüberschiebung nicht vor dem Unterturon ansetzen, die aber nach A. TOLLMANN (1963) schon vorcenoman erfolgt wäre.

Bereits W. ZEIL (1959) wies auf die engen Beziehungen zwischen den einzelnen Teiltrögen seit der Unterkreide hin, die als Argument gegen den Ferntransport der Kalkalpen aufgefaßt wurden.

Es stellt sich nun die Frage, welche Bedeutung der Vorgosauischen Phase zukommen kann. Im „Cenoman“ (Branderfleck-Schichten) der westlichen NKA, abgelagert auf der nördlichen Lechtal-Decke, gibt es eine lückenlose Sedimentation vom Untercentoman bis zum Untercampan (K. F. WEIDICH, 1984). Diese Oberkreide-Sedimente und jene der Gosau überlappen sich stratigraphisch.

Da es die Turonlücke, auf die vielfach tektonische Bewegungen bezogen wurden, nicht gibt, schlossen D. HERM (1983) und K. F. WEIDICH (1984) auf eine dynamisch-kontinuierlich fortschreitende Gebirgsbildung, bei der die Anlage der kalkalpinen Decken subaquatisch vor sich gegangen wäre.

Dagegen ist einzuwenden, daß gerade vorgosauisch ein großer Deckentransport bzw. die große Abscherung der NKA von der kristallinen Unterlage und die Überwältigung des südpenninischen Raumes angenommen werden. W. FRANK (1983) hält in dieser Zeit ein Abschürfen der kristallinen Basis über der penninischen Subduktionszone und ein Abführen in die Tiefe für möglich.

Große Positionsveränderungen in den NKA wären sicher gleichbedeutend mit einer Änderung des Ablagerungsraumes, welche sich in markanten Faziesdifferenzierungen zeigen müßte. Gerade die moderne Faziesforschung zeigte, wie die kleinsten Veränderungen im Ablagerungsmilieu sich im Sediment abbilden. Einsinkende Tröge mit kontinuierlicher Sedimentation sprechen für relative tektonische Ruhe.

Auch nach den Erfahrungen in den Westalpen (R. TRÜMPY, 1973, 1985) gehen kretazische (eo-alpine) Deformationen keineswegs allmählich in früh- bis mitteltertiäre (meso-alpine) über.

Außerdem ist eher eine mehrfach periodisch ausgelöste Bewegung der Platten zueinander anzunehmen als eine kontinuierliche. Es soll unterschieden werden zwischen in z.T. beträchtlichen Vertikalverstellungen sich äußernder synsedimentärer Tektonik und einengender tektonischer Bewegung. Geröllhorizonte sind Hinweise auf Erosion auf einem benachbarten Festland, jedoch keine zwingenden Argumente für orogene Vorgänge.

Es wird die Meinung vertreten, daß vorgosauisch bei der Unterschiebung erstmals, wie in den Abb. 1 und 3 schematisch dargestellt, die Abscherungsfläche unter den Kalkalpen in Bewegung kam, die korrelierbar ist mit einer ersten großen Subduktionsphase im Bereich des Südpenninikums. Die Bewegung setzte am Nordrand des Kalkalpentrogos an, sie erfaßte den Ablagerungsraum des Randcenomans und führte zur Anlage der tiefbajuvarischen Decken, wofür der Sedimentationsabschluß im unteren Turon in diesen Einheiten spricht. Es muß weiter zu einer Gliederung des kalkalpinen Raumes in Becken- und Schwellenbereiche gekommen

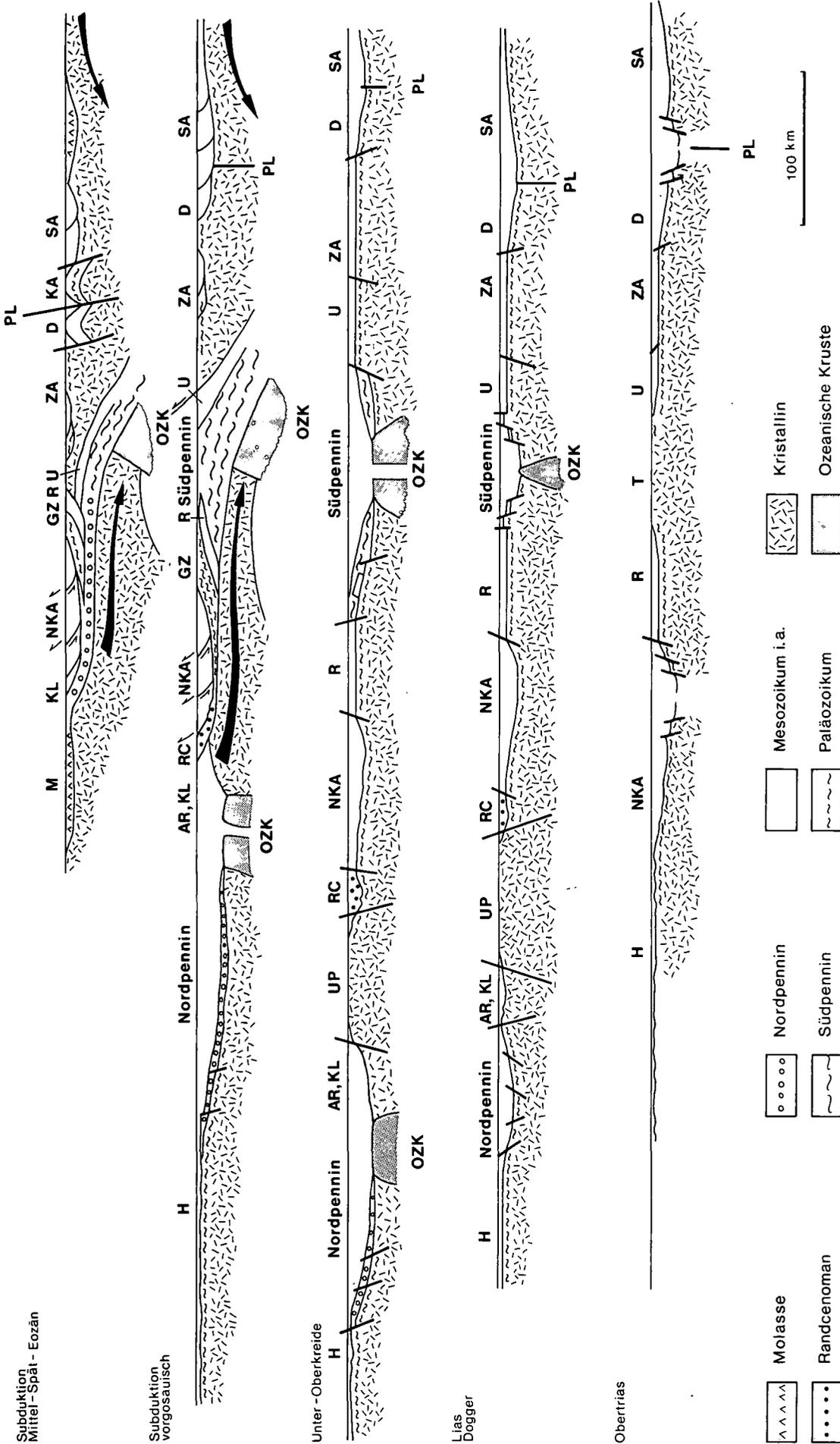


Abb. 1: Tektonisches Entwicklungsschema der Ostalpen.
 H = Helvetikum; M = Molasse; AR, KL = Klippenzone; UP = Ultrapenninischer Rücken; RC = Randcenoman; NKA = Nördliche Kalkalpen; GZ = Grauwackenzone;
 T = Tauernschwelle; ZA = Zentralalpines Mesozoikum; R = Radstädler Tauern, Semmering-Mesozoikum; U = Unterostalpin (Matreier Zone); D = Drauzug;
 KA = Karnische Alpen; SA = Südalpen; PL = Periadriatisches Lineament; OZK = Ozeanische Kruste.

sein. Die Oberaudorfer Schwelle (K. F. WEIDICH, 1984), welche die Gosau vom Sedimentationsraum der Branderfleck-Schichten trennt und im Coniac und Santon Schutt lieferte, ist ein Beispiel dafür.

Eine Folge der Unterschiebung ist die nachfolgende auftretende Hebung aufgrund des isostatischen Auftriebes. So ist zu verstehen, daß die höheren kalkalpinen Decken teilweise trocken gefallen sind. Über einem erodierten Relief transgredierte die Gosau im unteren Coniac. Doch wie die Branderfleck-Schichten zeigen, muß in bestimmten Becken auf höheren Decken kontinuierliche Sedimentation auch im ganzen Turon möglich gewesen sein.

Durch die Hebung wurden in den ganzen Alpen ähnliche Bedingungen für die Gosautransgression geschaffen; es bestehen jedoch fazielle und faunistische Unterschiede zwischen den Gosauvorkommen der NKA und der Zentralalpen (R. OBERHAUSER, 1968). Das Fehlen des Chromits in Kärnten deutet auf eine klare räumliche Trennung hin, welche nach dem Modell der Abb. 1 durch den südpenninischen Restozean gegeben war.

Nach R. OBERHAUSER (1978) herrschten vom Obercampan bis zum Paläozän isostatische Bedingungen, was durch die Altersdatierung an Glimmern (Abkühlung vor 80–70 Mio. J. unter 350–300°C) erwiesen scheint.

Zur Diskussion sei auch der Tauernzusub gestellt, der aufgrund der im Engadiner Fenster bis ins Untereozän andauernden Sedimentation nach R. OBERHAUSER (1964, 1978) erst nach dem mittleren Eozän erfolgt sein könnte. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die große Subduktion im Nordpennintrog, von der die jüngere Phase der Metamorphose ausgeht. Die Dauer der alpidischen Hauptmetamorphose wurde mit Obereozän–Rupel (38–32 Mio. J.) datiert (E. JÄGER, 1971; W. FUCHS, 1980).

Es stellt sich die Frage, ob die Überwältigung des Penninikums mit dessen Versenkung in Einklang zu bringen ist. Da eine Heraushebung der Tauern erst später und langsam erfolgte, ergibt sich im Obereozän keine Möglichkeit für ein Weiterbewegen der NKA. Erste Gerölle aus dem Tauernkristallin treten in den höheren Deutenhauser Schichten der Molassezone im unteren Oligozän (Unterrupel) auf, die Hauptanlieferung erfolgte im Untereger, was auf Hebung und bedeutenden Abtrag in dieser Zeit im Bereich der Zentralalpen schließen läßt.

Eine wichtige Zeitmarke ist der Beginn des Obereozäns, da zu diesem Zeitpunkt die NKA nach Überwältigung des Tauernpennins und der Flyschzone den unmittelbaren Südrand des auf helvetischem Untergrund einsinkenden Molassetroges erreicht haben (W. FUCHS, 1980). Das Molassemeer drang in einer tektonischen angelegten Furche buchtförmig gegen Süden in die NKA ein, wo auf hochbajuvarischer und tirolischer Unterlage im Unterinntal obereozäne und oligozäne Molassesedimente abgelagert wurden.

Nach der Darstellung der Ausgangssituation für die jungalpidische Gebirgsbildung von S. PREY (1978) liegen die NKA zu Beginn des Obereozäns weit im Süden hinter dem Pennintrog. Es gibt so gesehen auch keine große Zeitlücke für die Überschiebung in diesem Zeitraum.

Aus der Molasse des Unterinntales ist der Schluß zu ziehen, daß die NKA (bzw. das Oberostalpin) schon vor der damit zusammenhängenden Subduktionsphase, in dieser nördlichen Position lagen und in dieser Zeit kei-

nen auf den Tauern liegenden Deckenstapel gebildet haben können.

Für diese nahe Lage am Molassetrog sprechen auch die zahlreichen kalkalpinen Gerölle in der obereozänen Molasse (H. HAGN, 1978). Die Überwältigung der Flyschzone durch die NKA wird daher im Mitteleozän angenommen. Die Gerölle von weiter im Süden liegenden Einheiten folgen etwas später.

Im Niesenflysch des Valaistrogos endete die Sedimentation mit dem mittleren Eozän, im Gurnigel-Schlierenflysch, der aus dem Piemont-Trog bezogen wird, reicht die Abfolge ebenfalls ins Mitteleozän. Dementsprechend werden die Hauptdeckenbewegung in das späte Eozän und frühe Oligozän gestellt (R. TRÜMPY, 1985).

Im obersten Teil des Inntalertiäres, den Oberangerbergerschichten des Chatt, treten Grobklastika auf mit überwiegend ortsfremden Geröllen (Gesteine der Grauwackenzone, Gneise), die auf erste Auftauchbereiche im Süden schließen lassen. Die Lage des Beckens in südlicheren Einheiten könnte mit der am Nordrand ansetzenden Auffaltung und Südverkipfung zusammenhängen.

Vom Obereozän zum Unteroligozän setzte die jungalpidische Entwicklungsgeschichte der Molassezeit ein. In einer ganzen Reihe von tektonischen Phasen während des Oligozäns und besonders des Miozäns wurde die Molassezone in den Alpenbau einbezogen.

Auch die alpidische Metamorphose spielt in großtektonischen Überlegungen eine wichtige Rolle. W. FRANK (1983) sieht in der die Grenze Silvrettakristallin/Phyllitgneiszone und NKA schräg überprägenden kretazischen Metamorphose ein Argument für die nördliche Position der NKA, welche daher nicht selbst die Überlastung für die Metamorphose des Brenner-Mesozoikums gewesen sein konnten, was in gleicher Weise auch für das Stangalm-Mesozoikum gilt.

Auffallend ist die anchizonale Metamorphose, die am gesamten Südrand der NKA festgestellt wurde. J. M. SCHRAMM (1982) wies in Salzburg Übergänge in der Metamorphose vom Penninikum (Bündner Schiefer, Klammkalk) über die Grauwackenzone bis in die NKA nach.

Bei einer Anlage der NKA nördlich des Tauern-Pennintrogos läßt sich eine von dessen Subduktion ausgehende Metamorphose annehmen, welche nach Norden über das Unterostalpin bis in die Grauwackenzone und NKA ausstrahlte und in dieser Richtung an Intensität abnahm.

3. Die Anordnung und Entwicklung der Sedimentationsräume

Bei diesem Modell wird von einer Anordnung der Sedimentationsräume ausgegangen, wie sie in Abb. 1 und 2 dargestellt ist. Südalpen und Drauzug bildeten einen in sich differenzierten Geosynklinalraum mit ähnlicher Entwicklung der Trias. Es wird nach Norden die zentralalpine Trias (Brenner-, Stangalm-Mesozoikum) angeschlossen, die auf einem weniger mobilen Untergrund abgelagert wurde und daher in der Mächtigkeit geringer ist.

Nördlich anzuschließen ist der Raum des Unterostalpins, das in den Westalpen klar definiert ist. Ihm gehören Err und Bernina an, eine Verbindung mit der Matrei-

er Zone in den Tauern wird für wahrscheinlich gehalten.

Eine sehr deutliche Schwelle war in der Trias das Gebiet der Tauern. Es wird angenommen, daß diese zwischen dem Unterostalpin im Süden und den zum Mittelpennin zu stehenden Einheiten Semmering – Radstädter Tauern – Tarntaler Berge im Norden lag. Gegen Westen werden Zusammenhänge mit den Falknis-Sulzfluh-Tasna-Einheiten gesehen.

Gegen Norden wird der Ablagerungsraum der NKA angeschlossen. Es ergibt sich so in der Trias eine symmetrische Anordnung von NKA einerseits und Drauzug – Südalpen andererseits mit den größten Triasmächtigkeiten (ca. 5000 m) zu einem großen zentralalpinen Schwellenbereich, wobei die Tauernschwelle die eigentliche Scheitelzone bildete. Von dieser Schwelle wird angenommen, daß sie nur teilweise mit Triassedimenten bedeckt war; als bedeutend wird der erosive Abtrag angesehen.

O. THIELE (1970) und W. FRISCH (1974) sprachen in den Tauern von einem helvetischen Faziesbereich.

Auch R. BRANDNER (1983) zeichnete in einem schematischen Profil zur Anordnung der postvariszischen Sedimentationströge zwischen dem Austroalpinen und dem Südalpinen Becken eine große „Zentrale Schwellenzone“, für die zahlreiche fazielle Argumente sprechen.

An die nördlichen kalkalpinen Decken kann problemlos die germanische Trias angeschlossen werden. Erwähnt werden sollen die Ähnlichkeiten zwischen dem Lunzer Sandstein und den germanischen Keupersedimenten, besonders dem Schilfsandstein. Von M. BEHRENS (1973) wird eine klastische Sedimentzufuhr von einem nordeuropäischen Festland über den germanischen in den alpinen Ablagerungsraum wahrscheinlich gemacht. Eine Korrelation der mehrere 1000 m mächtigen germanischen Trias mit jener der Tauern hingegen ist faziell viel schwieriger.

Die Entwicklung der Trias war von zyklisch verlaufenden Meeresspiegelschwankungen beeinflusst. Bei der triadischen Zerrungstektonik zerbrachen die Karbonatplattformen. Beim Auseinanderbrechen von Platten entwickelt sich aus einer Naht ein Rift-Valley. In die Öffnung dringen basische Magmen ein, bei weiterer Drift kann sich ein ±breiter Ozean bilden.

Eine derartige Krustenausdünnung wird am Kalkalpensüdrand für möglich gehalten (R. LEIN, 1985), wo das Riffwachstum im Dachsteinkalk nach Süden gerichtet war; als südliche Flanke wird jedoch die Triasplattform der Radstädter Tauern angesehen (Abb. 2).

In einer Skizze stellte M. SARNTHEIN (1967) die Paläogeographie der Mitteltrias im Raum Innsbruck zur Diskussion. Primäre fazielle Zusammenhänge sollen zwischen den Tarntaler Bergen und den NKA gesehen werden, während das Brenner-Mesozoikum als weiter im Süden gelegen angesehen wird.

Mitteltriadische Beckensedimente und Vulkanite im Drauzug und in den Südalpen, sowie das Riffwachstum

nach Süden bzw. Norden geben analoge Hinweise auf einen Meeresbereich zwischen Drauzug und Südalpen.

Zu überlegen ist, ob durch die frühe Schließung dieser Triasozeane eine Beziehung zu der von G. SCHÄFFER (1976) aufgezeigten jurassischen Tektonik in den NKA, ausgelöst durch die Öffnung des südpenninischen Ozeans, herzustellen ist. In einem schematischen Profil wurde versucht, die Paläogeographie der Obertrias darzustellen (Abb. 2).

Die Art der plattentektonischen Geodynamik bleibt im Jura im Prinzip die gleiche. Doch werden später nicht die alten Bruchlinien wieder benützt, sondern es reißen neue Riftsysteme auf. Platten brechen etwa im Scheitelpunkt flach aufgewölbter Schilde oder großräumiger Schwellenbereiche auseinander (E. BLISSENBACH & R. FELLERER, 1973). Ein derartiger Bereich wird in der Tauernschwelle gesehen, welche im Jura von einer großen Zerrungstektonik erfaßt wurde. Der Einbruch der Schwelle ist im Zusammenhang mit der Öffnung des zentralen Atlantik zu sehen. Aufgrund von Lateralverschiebungen, die von der Ostbewegung Afrikas und den daraus resultierenden Scherspannungen zum Europäischen Kontinent ausgingen, reißt hier der südpenninische Ozean auf. Aufgrund erster Subduktionsvorgänge in der Unterkreide (vor 120–130 Mio. J.) soll sich der nordpenninische Trog geöffnet haben (W. FRISCH, 1979). Nach W. FUCHS (1985) sind die beiden Ozeane etwa an der Wende Lias/Dogger synchron entstanden.

Es ist zwar ein synchrones Rifting im Norden wahrscheinlich, doch die weitere Öffnung des Flyschtroges ist mit der späteren Subduktion im Südpennintrog zu verbinden.

Durch den Mechanismus des Beiseiteschiebens infolge eindringenden Mantelmaterials bzw. des Anbaues ozeanischer Kruste an beiden Seiten des sich öffnenden Systems entstanden die beiden Ozeane. Über die ursprüngliche Breite gibt es verschiedene Schätzungen; die Annahme einer zu großen, mehrere 100 km betragenden Auseinanderdrift scheint aber unberechtigt.

Unterschiede in der Weite der Öffnung werden für wahrscheinlich gehalten. Nach R. TRÜMPY (1985) war der nördliche Walliser Trog im Wallis schmal und keilte westwärts aus, während er ostwärts an Breite zunahm. In diesem Trog gehen in der Schweiz Oberkreide-Bündnerschiefer nach oben in den sandreicheren Flysch über, in dem die basaltischen Einschaltungen allmählich verschwinden. Seine östliche Fortsetzung war der Rhenodanubische Flyschtroge.

Der südliche Piemont-Tauerntrog hingegen war im Westen breiter und verschmälerte sich gegen Osten, was auch für die östliche Fortsetzung des Tauerntroges angenommen wird (W. FRISCH, 1979). S. KOVACS (1982) hält ein Auskeilen in den Westkarpaten für wahrscheinlich. Daß es sich um denselben Trog handelt, ergibt sich daraus, daß dieser von der vorgosauischen Subduktion erfaßt wurde.

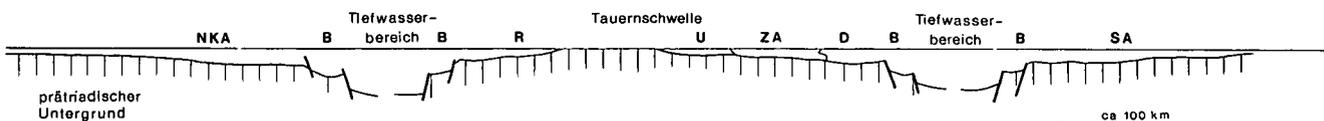


Abb. 2: Schematisches Profil zur Paläogeographie der Obertrias.

NKA = Nördliche Kalkalpen; R = Radstädter, Tarntaler, Semmering-Mesozoikum, U = Unterostalpin (Matreier Zone); ZA = Zentralalpine Trias; D = Drauzug; SA = Südalpen; B = Beckenbereiche.

An den steilen seitlichen Flanken sind große gravitative Massenbewegungen möglich. W. FRISCH (1984) zeigt in der Nordrahmen- bzw. Matreier Zone der Tauern, daß vom Trogrand große Triasschollen in das Penninbecken eingegleitet sind. Im Unterengadiner Fenster könnten in ähnlicher Weise die Schollen der Tasnadekke als große Gleitmasse aufgefaßt werden.

Ein auffallendes Merkmal im Unterostalpin bzw. Mittelpennin von Ost- und Westalpen ist die Bildung turbiditischer Breccien im Jura (P. FAUPL, 1978), deren Bildungen durch die Nähe zum Pennintrog beeinflusst wurden.

Im Zuge der großen Zerrungstektonik, die zur Öffnung der beiden penninischen Ozeane führte, bildete sich eine in den Westalpen mit 50–100 km Breite angenommene horstartige Schwellenzone heraus, das Briançonnais. Dieses läßt sich vom Mittelmeer an verfolgen und wird in eine nördliche und südliche Einheit gegliedert. Falknis-, Sulzfluh- und Tasna-Decken sowie die Schamser Decken hatten nach R. TRÜMPY (1980, 1985) ihre primäre Position auf diesem.

W. FRISCH (1978, 1979) zeichnete im Entwicklungsschema der Ostalpen eine ähnlich breite Schwelle. Diese kann als intra-ozeanische Platte von großer Breite und Längserstreckung aufgefaßt werden. Sie war ein Teil des europäischen Festlandes, von dem sie sich abspaltete.

Es wird vorgezogen, allgemein von einem Zwischenkontinent zu sprechen, der in einer ersten Akkretionsphase im Jura bereits eine komplexe Formung erfahren hat.

Die trennende Schwelle läßt sich nach R. TRÜMPY (1969, 1980) bis in den Westteil des Unterengadiner Fensters verfolgen. Es wurde überlegt, ob diese gegen Westen auskeite (R. OBERHAUSER, 1964; 1983) oder sich bis in die Tauern fortsetzte. Im ersten Fall hätte es in den Tauern nur einen vereinigten Pennintrog gegeben, aus dem auch der Rhenodanubische Trog herzu-leiten wäre. Im anderen Fall würden die Tauern nur das Südpennin vertreten, das Nordpennin müßte man sich bei einem ENE-achsialen Streichen ursprünglich nördlich vorbeiziehend vorstellen (A. TOLLMANN, 1977). Daraus ergeben sich die unterschiedlichen Auffassungen über den Zeitpunkt des Tauernzschubes.

Ein gewisser Widerspruch besteht auch darin, daß in den Westalpen das Briançonnais keine Oberkreidedeformation erfahren hat, da auf dieser Plattform eine bis ins Eozän reichende konkordante Schichtfolge abgelagert wurde, während in den Ostalpen eine Kollision mit diesem oder dessen Überwältigung schon vorgosauisch angesetzt wird (W. FRISCH, 1976, 1979; P. FAUPL, 1978; W. FRANK, 1983).

Die Annahme einer schräg übergreifenden Überschiebungsfrent, wonach das Penninikum der Tauern früher, jenes des Engadiner Fensters später zugeschoben wurde, ist widersprüchlich. Der frühe Sedimentationsabschluß im Tauernpennin ist in keiner Weise gesichert.

Studien der Orogenfrontverlagerung führten H. G. WUNDERLICH (1966) dazu, die NKA einerseits nördlich des Tauernpennins einzuordnen, andererseits aber das Pennin des Engadiner Fensters zum Rhenodanubischen Flyschtrog zu rechnen, sodaß die Kalkalpen ursprünglich zwischen Tauern- und Engadiner Fenster verlaufen wären.

Nach der Auffassung von A. TOLLMANN (1977) können im Engadiner Fenster nur randliche Teile des inneren

Rahmens dem Südpenninikum zugesprochen werden, während die Hauptmasse mit der bis ins Alttertiär reichenden Abfolge dem nördlichen zugeschrieben wird.

Mit der Trias endete in den NKA der Prozeß der großräumigen Karbonat-Plattform-Becken-Entwicklung. Es stellten sich im Jura wechselnde Faziesverhältnisse mit Becken und Schwellenbereichen ein. Große Mächtigkeit erreichten z.B. die Allgäuschichten mit etwa 1500 m. Eine markante Wende (Ruhpoldinger Wende, [W. SCHLAGER & W. SCHÖLLBERGER, 1974]) vollzog sich im Oberjura, es kam zu einer großen Meeresvertiefung, mit der die Bildung der Radiolarite zusammenhing.

Auch die Juraabfolge der NKA ist mit jener der Radstädter Tauern und Tarntaler Berge vergleichbar. Die Kieselschiefer der Tarntaler Berge z.B. wurden schon früh mit den Radiolariten der Kalkalpen verglichen. Die gleichen Radiolarite gibt es auch in den Nordkarawanken.

Die Bildung so tiefer Meeresbereiche in den kalkalpinen Trögen ist in einem gesamt-dynamischen Prozeß zu sehen. Sie geht parallel mit der großen Zerrung im Südpennin-Trog und dessen Einbruch.

Für die Breite der alpinen Geosynklinale wurden verschiedene Werte angenommen. Es ist sicher zu unterscheiden zwischen einer Anfangsbreite zu Beginn der Mitteltrias und einer Endbreite in der Mittelkreide. Schon in der Mitteltrias, als durch die Rifttektonik die Becken entstanden und die Vulkanite eindrangten, ist mit einer ersten Verbreiterung zu rechnen. Die maximale Breite wird nach der Ozeanisierungsphase im Bereich der Pennintröge erreicht. Die Gesamtbreite könnte etwa 1000 km oder sogar mehr betragen haben, was der Schätzung von A. TOLLMANN (1980) entspricht.

Aus dem Schema dieser Anordnung der Geosynklineräume ergeben sich Konsequenzen für die Stellung des vortriadischen Grundgebirges. Auch in den Vorstellungen über die Paläogeographie des ostalpinen Paläozoikums spiegelt sich deutlich die Problematik der Deckenlehre wieder (E. CLAR, 1971; H. FLÜGEL, 1977; H. P. SCHÖNLAUB, 1979). Der transgressive Verband zwischen Grauwackenzone und NKA forderte die Rückverlegung der Grauwackenzone in einen Nahbereich zum Drauzug.

Die Alpen bilden ein symmetrisch gebautes Gebirge mit nördlich und südlich der Zentralalpen ähnlichen Flanken. Nach der Deckenlehre wäre diese Symmetrie erst später, vor allem nach dem Fernschub des Oberostalpins entstanden.

Sieht man die Paläogeographie des Paläozoikums nicht von der alpinen Entwicklung her, sondern geht man von dem prävariszischen, kaledonisch geprägten Grundgebirge aus (W. FRISCH, 1984), so erscheint es doch wahrscheinlicher, daß die paläozoischen Ablagerungsräume symmetrisch zu diesem angelegt wurden, d.h. nördlich davon die Grauwackenzone mit den Phyllitgebieten, südlich davon Karnische Alpen, Karawanken und südliche Phyllitareale, während man andere Gebiete des Paläozoikums (Gurktaler Alpen, Steinach am Brenner) sich auf zentralalpinem Kristallin abgelagert vorstellen kann, das Grazer Paläozoikum auf dessen Ostabdachung. Nach der variszischen Orogenese entstehen auf vorgegebener Symmetrie die neuen Sedimentationsräume. Es gibt, so gesehen, einen Weiterbau des Gebirges vom kaledonischen über das variszische zum alpidisch geformten, ohne eine alpidische Zerlegung des variszischen Gebirges und weite Ver-

frachtung von Teilen davon nach Norden vornehmen zu müssen.

4. Die Stellung des Randcenomans und der Arosazone

Aus der Schwermineraluntersuchung in den Kreidesedimenten (G. WOLETZ, 1963) ergaben sich weitreichende Folgerungen für den Ablauf der Tektonik. Nach R. OBERHAUSER (1978) bildete sich vorcenoman ein penninischer Stauwulst, der zum Liefergebiet für den Chromspinell wurde, der sich in den Sedimenten des Randcenomans (Losensteiner Schichten) und der basalen Gosauschichten findet. Nach einer Schüttungsphase mit Granatspektren (Obercampan–Paleozän) kam es vom Paläozän zum Eozän erneut zur Chromspinell-Lieferung, welche auch durch Abtragung kalkalpiner Kreide während des Eozäns erklärt werden kann.

Da dieses Schwermineral von den basischen Magmen des Penninikums abgeleitet wurde, ordnete auch K. MÜLLER (1973) das Randcenoman südlich des penninischen Raumes ein. Für A. TOLLMANN (1963, 1978) und W. FRISCH (1976, 1979) ist das Aufhören der Chromitlieferung ein Argument für die frühe Tauernzuschiebung im Zeitraum Alb/Cenoman-Untercampan. K. STATTEGGER (1986) schloß sich diesen Argumenten an.

Die besondere Stellung der Arosazone wurde schon früh erkannt und immer wieder diskutiert. Es wurden sedimentologische Ähnlichkeiten und fazielle Beziehungen zum Randcenoman überlegt (V. JACOBSHAGEN & O. OTTE, 1968; M. RICHTER, 1970). W. SCHNABEL (1979) stellte Vergleiche zwischen der Ybbsitzer Klippenzone und der Arosazone an.

In der letzteren wird vielfach ein südpenninisches Element gesehen. Wie Abb. 1 zeigt, wird hier von einer Stellung im südlichen Teil des Nordpenninikums ausgegangen bzw. eine Position nördlich des Ultrapienidischen Rückens angenommen.

Aus dieser Stellung ergeben sich auch Konsequenzen für die mit der Arosazone in Verbindung stehenden Flyschfolgen, die als südpenninisch galten. Es stellt sich damit die Frage nach der Zugehörigkeit des Gesamtinhaltes des Engadiner Fensters, das auch nach den Ergebnissen von R. HESSE (1975) zur Gänze als nordpenninisch aufgefaßt werden kann. Dies würde bedeuten, daß der Trogrand zum Südpenninikum unter der Kristallindecke der Ötztaler Alpen begraben liegt.

Aufgrund der hohen Chromitführung der mittelkretzischen Sandsteine und bunten Schiefer, welche die Hauptmasse der Hülle der Ybbsitzer Klippen bilden, gibt es fazielle Analogien zum Randcenoman, doch wird diesem Sedimentationsraum eine Stellung am südlichen Rand einer breiten Kristallinschwelle zugewiesen.

Diese breite Schwelle wurde vielfach zwischen Rhenodanubischem Flysch und Randcenoman angenommen und als Ultrapienidischer Rücken bezeichnet, dessen Existenz allerdings geleugnet wurde (W. FUCHS, 1984). Dieser Rücken wird als bedeutender Schuttlieferant angesehen. Er wird in den Ostalpen als Teil des Grundgebirges der Böhmisches Masse aufgefaßt, von dem die kristallinen Komponenten sowohl für die Klippenzone als auch für das Randcenoman der Kalkalpen geschüttet wurden (A. TOLLMANN, 1963, 1977; P. FAUPL, 1975). Nach Norden hin wird ab der Unterkreide in großer Menge Schutt in den Flyschtrogl verfrachtet.

Über den geologischen Aufbau dieses Rückens können keine genauen Angaben gemacht werden. Aufgrund der Geröllschüttung ist auf ein Festland zu schließen, an dessen Bau wesentlich auch ultrabasische Gesteine beteiligt waren, um davon den Chromit beziehen zu können. Es ist aber auch an einen Akkretionskeil von entsprechender Breite zu denken, der von einem starken erosiven Abtrag betroffen war.

Chromit findet sich auch in der basalen Gosau der NKA, welcher nach K. WEIDICH (1984) von S nach N transportiert wurde. Dies führt zu Annahme eines Liefergebietes im S des Ostalpins, wo im Bereich des Südpenninikums hochgestaute ozeanische Kruste erodiert worden wäre.

5. Die Geodynamik der Gebirgsbildung

Die Plattentektonik beeinflusste wesentlich die Vorstellungen über den Alpenbau, sie zeigte einen plausiblen Mechanismus der Gebirgsbildung auf. Das vorliegende Unterschiebungsmodell geht von einer von N nach S fortschreitenden Raumverkürzung bzw. von dem Abtauchen und Vordringen einer Platte gegen Süden aus. Diesem Prinzip entsprechend müssen unterschobene Einheiten früher relativ nördlicher beheimatet gewesen sein.

In den Schweizer Alpen kommt südvergenten Rücküberschiebungen, welche für das Briançonnais und

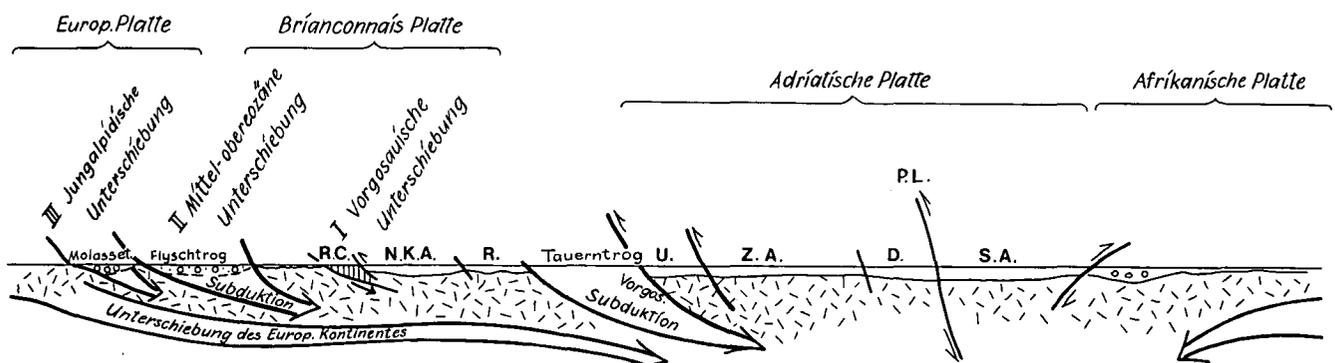


Abb. 3: Schematische Darstellung der Tektogenese.

NKA = Nördliche Kalkalpen; RC = Randcenoman; R = Radstädter, Tarntaler, Semmering-Mesozoikum; U = Unterostalpin (Matreier Zone); ZA = Zentralalpen; D = Drauzug; SA = Südalpen; PL = Periadriatisches Lineament.

dessen sedimentäre Auflage, wie auch für das Penninikum gelten, große Bedeutung zu (R. TRÜMPY, 1980). In diesem Bewegungsmechanismus wird das wesentliche Bauprinzip gesehen.

Plattentektonisch ergeben sich Unterschiede zu den Entwürfen von W. FRISCH (1977, 1979). Die NKA, eher ein Fremdkörper in der Adriatischen Platte, werden wie die Abb. 1 und 3 zeigen, zusammen mit den Radstädter-Tarntaler-Semmering-Einheiten der mittelpenninischen Briançonnais-Platte zugerechnet. Ebenso gehörte dieser in einer südlichen Randlage auch die Hochstegenschwelle an.

Allgemein wird überlegt, daß die Dehnungstektonik in Jura und Unterkreide in der unteren Oberkreide durch Kompressionstektonik abgelöst wurde, die Ostbewegung Afrikas in Bezug auf Europa zum Stillstand kam und später von einer Nordbewegung abgelöst wurde.

Der erste große Subduktionsschub, welcher den südpenninischen Piemont-Tauerntrog erfaßte, ist als vorgosauisch einzustufen. Diese Subduktion, von der die oberkretazische Metamorphose ausging, bewirkte in den heutigen Zentralalpen eine intensive Einengungstektonik, die zur Deckenbildung bzw. allgemein zur Anlage eines eigenen Gebirgsstammes führte. Das kretazische Alter der Plattengneistektonik in der Koralpe (W. FRANK et al., 1983) sowie der im wesentlichen als vorgosauisch angesehene Deckenbau in den Gurktaler Alpen (W. v. GÖSEN et al., 1984) lassen sich im Sinne eines vorgosauisch entstandenen Gebirgsstammes deuten.

Auch in den Öztaler und Stubai Alpen (Schneebergerzug, Steinacher Decke/Brenner-Mesozoikum, Schlingüberschiebung) ist ein älterer Bau wahrscheinlich.

Gleichzeitig begann in dieser Zeit auch die Abscherung der NKA von ihrer Unterlage durch das Abtauchen des Ultrapienidischen Rückens und damit die Deckenbildung. Die zweite alpidische, für den Bau der Kalkalpen bestimmende Tektonik hängt jedoch mit der späteren Subduktion des nordpenninischen Troges zusammen.

Das Modell der Abb. 1 zeigt, daß die Unterschiebung am Nordrand des kalkalpinen Ablagerungsraumes ansetzte und zuerst den Bereich des Randcenomans und auch den der Arosazone erfaßte. Die große unterschiebende Reibungsfläche lag direkt unter den Sedimenten der NKA, daher gibt es eine direkte Beziehung zwischen Raumverkürzung und Unterschiebung. Die in anderen Vorstellungen notwendige Schweregleitung spielt hier keine Rolle. Es wird die Meinung vertreten, daß sie auch kein Teilaspekt einer gebirgsbildenden Theorie sein kann. Gleitung wird als sekundäres Phänomen, ganz allgemein als Folgeerscheinung von mehr lokaler Bedeutung angesehen, die bei bestimmten Hangbedingungen ausgelöst wird.

Die NKA haben zweifellos eine bedeutende Einengung erfahren. Eine gebundene Tektonik, wie sie für die westlichen Kalkalpen geltend gemacht wurde, war für A. TOLLMANN (1971) nicht vorstellbar, da Deckenbau ursächlich mit Ferntransport verbunden wurde. Deckenbau ist bei dem hier vorgestellten Prinzip der Einengung durchaus möglich und mechanisch erklärbar. Die Geodynamik besteht darin, daß die NKA durch die Unterschiebung von ihrer ursprünglichen Basis, die in der Subduktionszone verschwindet, abgesichert wurden und nun wurzellos daliegen. Man kann im Zentralgneis der Tauern einen Teil dieser ursprünglichen Basis sehen.

Die reiche fazielle Gliederung der mesozoischen Serien, die während der ganzen Geosynklinalgeschichte andauernde synsedimentäre Tektonik und der prätriadische Untergrund hatten Einfluß auf den Bau. Zahlreiche vorgegebene Unstetigkeitsflächen wurden bei der Beanspruchung mechanisch wirksam. Die heute übereinanderliegenden Deckenstapel bildeten ursprünglich in N-S-Richtung nebeneinander liegende Sedimentationsräume, deren Gesamtbreite man mit etwa 100 km annehmen kann.

Der bedeutende, unter den Kalkalpen liegende Reibungssteppich bildet sich in großartiger Weise in der Arosazone ab, die in Fenstern in den westlichen Kalkalpen hervorkommt. Die aus Altkristallin, verschiedenen mesozoischen Sedimenten und ophiolithischen Gesteinen bestehende Arosazone wurde unter den gesamten Kalkalpen durch weit unter das Silvrettakristallin hineingezogen. Von A. TOLLMANN (1970) wurden in der Bewegungsfuge zwischen Arosazone und Silvrettakristallin liegende kalkalpine Schollen zur Madrisa-Zone zusammengefaßt. Nach dieser Auffassung erreicht die „tektonische Verspießung der kalkalpinen Schollen am Rücken der Arosadecke und unter dem Silvrettakristallin enormes Ausmaß“.

Die Abb. 1 aus TOLLMANN (1970) zeigt sehr klar eine gegen Süden einfallende Bewegungsbahn, in der die Arosa-Schürflinge liegen. Vertritt man den Ferntransport der NKA, müßte man nach deren Überschiebung eine enorme Einwicklung von Arosa- und Madrisazone bzw. eine weite Nachüberschiebung des Kristallins darauf annehmen.

Dagegen wird die Meinung vertreten, daß die Arosazone eine etwa 100 km lange, primär südgerichtete Schleifspur zeigt, die in eindrucksvoller Weise die unter den Kalkalpen liegende Abscherungsfläche markiert.

Über die Phyllitgneiszone und die mesozoischen Schollen am Silvrettakristallin-Nordrand sind verschiedene Meinungen geäußert worden. Der Nachweis einer Antiklinalstruktur durch M. ROCKENSCHAUB et al. (1983) ergab, daß die Gesteine von Thials Spitze – Puschlin auf dem südlichen Schenkel mit jenen der nördlich ehemals transgressiv auflagernden Gesteinen der NKA zu verbinden sind.

Dieses Profil kann sehr plausibel im Sinne dieses Modells (Abb. 1) interpretiert werden. Es zeigt den gewaltigen Rückstau des südlichen Teiles der NKA am Nordrand des Silvrettakristallins. Das Besondere ist, daß in der Phyllitgneiszone ein tektonischer Rest der ehemaligen Basis an der großen Bewegungsfuge hochgestaut und erhalten geblieben ist.

Im Engadiner Fenster zeigen die unter den Kristallinmassen liegenden Subsylvrettiden Trias-Schürflinge ebenfalls eine direkt südgerichtete Schuppung von kalkalpinen Gesteinen an.

Eine Parallele zu der Arosazone gibt es im östlichen Teil der NKA. Cenomanreiche Schürflinge der Frankenfeller Fazies wurden weit südwärts unter die Kalkalpenbasis hineingezogen und an Decken- und Schuppen Grenzen bzw. an großen Störungen hochgeschuppt (G. HERTWECK, 1961; B. PLÖCHINGER & S. PREY, 1968).

Die Über- bzw. Unterschiebung des Randcenomans, welches sich mindestens 15 km nach Süden unter die Allgäu- und Lechtaldecke erstreckt, wurde eindrucksvoll durch die Bohrung Vorderriß 1 nachgewiesen (G. M. BACHMANN & M. MÜLLER, 1981).

Nach W. SCHWAN (1985) können weltweit eine mitteleozäne (vor ± 45 m.y.) und eine späteoazäne (vor

± 37 m.y.) orogene Phase unterschieden werden. Die Öffnung des Atlantiks ging weiter, es kam zu Plattenrotationen und zur eigentlichen Kollision. Der Tauerntrug wurde zur Gänze subduziert, doch wurde nun vor allem der nordpenninische Rhenodanubische Flyschtrug von der Subduktion erfaßt.

Diese Subduktion verlangt zwingend eine Platte, unter welche die zu verschluckenden Gesteine gezogen werden, analog der südpenninischen Subduktion unter die Adriatische Platte. Weiters ist darauf zu schließen, daß die Flyschgesteine direkt unter die Decken der NKA gezerzt wurden, wie die enge tektonische Beziehung zwischen Flyschzone und NKA zeigt.

Der Beginn der subduktiven Bewegung ergibt sich aus dem Sedimentationsabschluß im Flyschtrug. Die Tauern wurden hohen Drucken und hohen Temperaturen unterworfen. Die ozeanische Kruste des Flyschtruges kommt ähnlich wie im Profilschema von W. FRISCH (1978) etwa unter den Zentralalpen zu liegen, während man sich jene des südpenninischen Ozeans als in die Tiefe abgeführt vorstellen muß. Eine Folge dieser Subduktion ist die Krustenausdünnung im Hinterland, wo sich nun der Molassetrog einsenkte. Die NKA kamen in eine Lage nahe am Molassetrog, von dem sich im Obereozän eine Bucht in die Tiroler Kalkalpen hinein erstreckte.

Nach diesem Modell ist die Allochthonie der NKA verständlich zu machen, ohne sie fernüberschieben zu müssen. Die von A. TOLLMANN (1970) vorgebrachten Argumente, wie die in der Bohrung Urmannsau erbohrte Molasse oder die Helvetikums- und Flyschfenster, die Schürflinge der Arosazone und des Randcenomans beweisen keinen Fernschub. Fenster und Schürflinge finden hier eine andere Erklärung.

Aus der starken Einengung resultierend gliederten sich tektonische Einheiten heraus, die bei fortschreitender Dauer der Raumverkürzung als Decken übereinander gestapelt wurden. Dabei erhielten Bajuvarikum und Tirolikum einen basalen Schrägzuschnitt, den A. TOLLMANN (1971b) in einem schematischen Profil darstellte. Es kommen in den jeweils südlicher gelegenen Decken ältere Schichtglieder an der Deckenfront an die Überschiebungsbahn. Das Permoskyth tritt bereits in der Front des Tirolikums auf. Dieses tektonische Phänomen wird durch transversale, nordgerichtete Schubkräfte erklärt, Gleitung käme nicht in Frage.

Im Gegensatz dazu läßt sich dieser Schrägzuschnitt durch die am Kalkalpennordrand ansetzende Abscherungsfläche recht eindeutig erklären. Für die Anlage der höheren Decken hat wahrscheinlich das Haselgebirge mit den Salzdiapiren eine wichtige Rolle gespielt. Als Gleitmittel für den Deckentransport hatte es aber, wie der Schrägzuschnitt zeigt, keine Bedeutung.

Am Südrand der NKA ist zum südlichen Mittelpennin (Tarntaler Berge, Radstädter Tauern) eine große tektonische Fuge anzunehmen. Man könnte von Teilplatten sprechen, da bereits seit der Obertrias eine Trennung gegeben war (siehe Abb. 2).

Durch die im Späteozän abgeschlossene Flyschsubduktion entstand ein komplexer Gebirgsstamm mit NKA (Grauwackenzone an der Basis) und einer tieferen Einheit (Tarntaler Berge, Radstädter Tauern, Semmering), für welchen die nachgosauische Tektonik ein bekanntes Merkmal ist. Mit der Schließung beider Ozeane wurde die Verschweißung der beiden – verschiedenen Platten zuzuordnenden – Gebirgsstämme vollzogen.

Die Tektonik der jungalpidischen Phasen, welche den nördlichen Molassetrog erfaßte, war von großer Komplexität (W. FUCHS, 1980), bei der die Molassesedimente unter Flysch und Kalkalpen gezerzt wurden.

Das Wandern der Subduktionszonen nach außen gegen das Vorland hin wurde mehrfach betont. Dieses Wandern ist einem gesamt-dynamischen Prozeß unterzuordnen. Als Folge der älteren Subduktion im Tauerntrug kam es im nördlicheren Flyschtrug zur weiteren Öffnung, im Zuge der Subduktion im Flyschtrug wiederum wurde das Ausdünnen der Kruste im Molassetrog bewirkt.

Bei diesem neuen Konzept wird davon ausgegangen, daß die Europäische Platte bei ihrem Vordringen im mittleren und späteren Eozän in der Tiefe die penninischen Gesteine abschneidet und jungalpidisch nach Süden bis zum Periadriatischen Lineament vordringt und darüber hinaus bis zum Alpensüdrand vorstößt. Diese jüngste Bewegung wäre korrelierbar mit der rezenten Orogenese in der Poebene, wie sie H. G. WUNDERLICH (1966) annahm.

D. ROEDER (1980) hat in einem Querprofil durch die Alpen die unterschiebende Platte gegenüber anderen Profilen am weitesten nach Süden vordringen lassen, wie dies der hier vertretenen Vorstellung entspricht. Die Entstehung des von R. ROTH (1984) gezeichneten Vergenzfächers mit südgerichteten Bewegungstendenzen ist besser erklärbar, wenn die NKA von der unterschiebenden Platte abgesichert werden.

Das Profil über den Seeberger Aufbruch der östlichen Karawanken zeigt, daß dieses Paläozoikum einen alpidischen, nordvergenten Bau hat (J. ROLSER & R. TESSENSOHN, 1974). Erst in den südlicheren Steiner Alpen treten südvergente Falten auf. Die südgerichtete Überschiebung über Sedimente des Oligozän und Miozän auf der Alpensüdseite verlangt eine nordgerichtete Bewegung der Afrikanischen Platte unter den Südalpenblock.

Die Annahme der Plattengrenze südlich der Alpen entspricht den Beobachtungen beim Erdbeben in Friaul (1976). Die etwa mit 45° nach Norden einfallende Fläche, an der die Epizentren der zahlreichen Nachbeben lagen, wurde mehrfach als Grenze zwischen Eurasischer und Afrikanischer Platte aufgefaßt (H. GEBRANDE et al., 1978; G. WITTLINGER & H. HAESSLER, 1978). In Abb. 4 wurde die Grenze Südalpen/Dinariden, wie sie z. B. D. RICHTER (1974) gezeichnet hat, als Plattengrenze angenommen.

Durch die Schweremessungen wurde zwischen Nord- und Südrand der Alpen gegenüber dem südlichen Vorland ein Minimum der Bouguer-Anomalie bekannt. Dem großräumigen Alpenminimum ist im Bereich der Tauern ein sekundäres Minimum überlagert, was zu der hypothetischen Annahme eines Körpers geringerer Dichte unter den Tauern zwischen 5 und 15 km Tiefe führte (ANGENHEISTER, G. et al., 1975). Dieser Körper kann auf die große komplexe Überschiebung zurückgeführt werden, bei der leichteres Krustenmaterial unter das Penninikum gezogen wurde. Über der unter den Tauern liegenden leichteren Kruste erfolgte der spätere isostatische Aufstieg bzw. die Hebung.

Wie W. FRANK (1983) argumentierte, wäre im Bereich des Periadriatischen Lineamentes eine deutliche Hebungszone zu erwarten, wäre die kristalline Basis der NKA hier blockartig nach Süden gedrückt worden.

Die Tauernüberschiebung wird hier zur Tauernüberschiebung, was sie in den anderen Model-

len aufgrund der Subduktion im Prinzip auch war. An der Stellung des Tauernfensters sowie an jener des Engadiner oder Rechnitzer Fensters ändert sich nach diesem Modell nichts. Die Lage des „Oberostalpins“ bleibt die gleiche, gleichgültig, woher man es bezieht.

Von geodynamischer Bedeutung war die Ausgangssituation vor der großen Einengungstektonik. Es existierten zwei penninische Ozeane, welche durch eine breite mittelozeanische Platte getrennt waren. Durch Schließung dieser entstanden zwei voneinander unabhängige Gebirgsstämme, die heute die Alpen aufbauen.

Einen wichtigen Punkt stellt die Vergenzfrage dar. Entsprechend dem Nordtransport der NKA wurde der nordvergente Falten- und Deckenbau betont. Es sind aber auch seit langem eindeutige Südbewegungen bekannt, die als spätere Rückfaltungen erklärt wurden.

Bei einer Unterschiebung des Europäischen Kontinentes bzw. der Briançonnais-Platte ergibt sich eine N-S-Bewegung relativ zu der S-N-Bewegung der Adriatischen Platte bzw. im Großen gesehen des Afrikanischen Kontinentes. Bei diesem Bewegungssinn können dominante Nordvergenzen entstehen, diese stehen aber nicht im Widerspruch zu den Südvergenzen. Kinematisch ergibt sich ein einheitlicher Bewegungsablauf. In mehreren Phasen erfolgte die Einengung nach demselben Einengungsprinzip durch Unterschiebung, dazwischen lagen Zeiträume des isostatischen Ausgleichs.

R. TRÜMPY (1985) schrieb, daß es mechanisch fast auf dasselbe herauskommen würde, die tieferen Decken gegen Süden unter die höheren zu unterschieben oder die höheren nordwärts auf die tieferen zu überschieben.

Man kann paläogeographische Einheiten sicher weit durchziehen. In der ursprünglichen Anlage der Geosynklinalräume liegt der Ausgangspunkt für die spätere tektonische Entwicklung. Für den komplexen Bau der Alpen war sicher auch das schon kaledonisch und variszisch geprägte Gebirge von Bedeutung. Es lagen schon voralpin tektonische Einheiten vor, welche bei der alpidischen Beanspruchung Eigenreaktionen und Eigenbewegungen zeigten. Teilweise wurden alte Strukturen dem neuen Gebirge aufgeprägt.

Eine Diskussionsfrage ist die Entstehung und Anlage des Periadriatischen Lineamentes. Nach F. K. BAUER & O. SCHERMANN (1984) ist das Lineament keine alpidische Subduktions- oder Narbenzone, welche nach der plattentektonischen Definition nur auf konvergierende Plattenränder zu beziehen ist. Untersuchungen von Kluftsystemen und Bruchrastern zeigten, daß bei der N-S-Einengung ein bestimmtes Störungssystem angelegt wurde. In diesem stellen die NW- und NE-streichenden Störungen – unter Berücksichtigung der Verschiebungssinne – ein konjugiertes Scherflächensystem dar. Das bedeutet, daß die alpidische N-S-Einengung und die damit zusammenhängende Zerschneidung das Lineament bereits vorgefunden hat.

Die E-W-Störungen, eingeschlossen das Lineament, lassen sich in das System dieser Beanspruchung nicht einordnen, da sie in der Richtung der kleinsten Hauptnormalspannung liegen. Die große, vielfach angenommene Blattverschiebung wurde daher abgelehnt, da dafür ein anderer Beanspruchungsverlauf für die Anlage zwingend wäre.

Das Periadriatische Lineament wurde mehrfach versetzt. Die östlichste größere Versetzung erfolgte an der

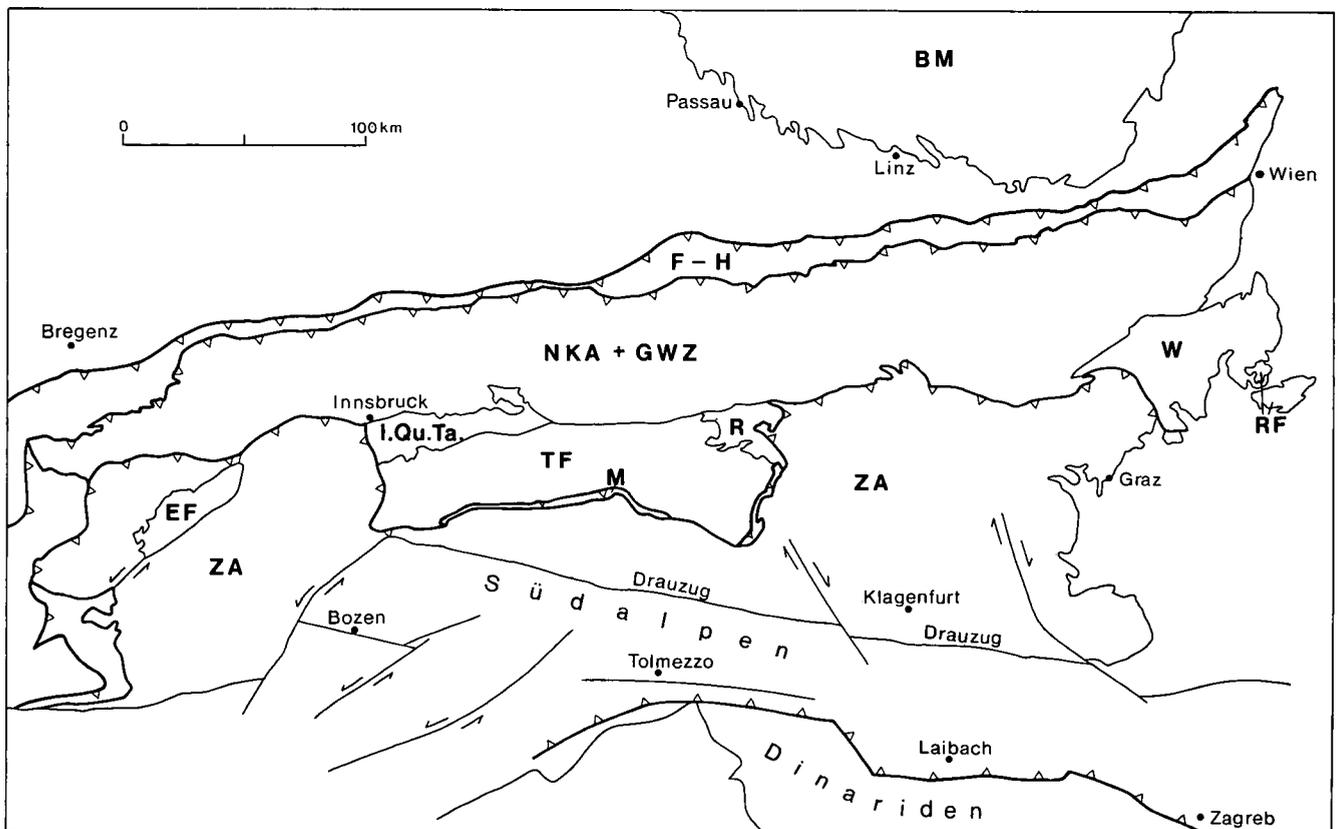


Abb. 4: Tektonische Skizze der Ostalpen. Verlauf der Nähte bzw. Narben.

BM = Böhmisches Masse; F-H = Flysch, Helvetikum; NKA, GWZ = Nördliche Kalkalpen, Grauwackenzone; I.Qu.Ta = Innsbrucker Quarzphyllit, Tarntaler Berge; R = Radstädter Tauern; M = Matreier Zone; W = Wechselfenster; EF = Engadiner Fenster; TF = Tauernfenster; RF = Rechnitzer Fenster; ZA = Zentralalpen.

Lavanttallinie, eine weitere an der Gegendtalstörung, an der es zum Auseinanderreißen von Nordkarawanken und Gailtaler Alpen kam, die bedeutendste jedoch an der Judikarienlinie um ca. 60 km. Der Südalpenblock, in dem es auch an der Val Sugana- und der Trudener Linie NE–SW-Versetzungen gibt, ist am weitesten nach Norden vorgeschoben worden. Es ist wahrscheinlich, daß der Drauzug sich ursprünglich weiter nach Westen erstreckte und durch die gegen Westen zunehmende Einengung verschwunden ist. Nur in den Karawanken sind die Zusammenhänge zwischen Drauzug und Südalpen erhalten geblieben. Eine Seitenverschiebung wäre erst nach Rücknahme der Versetzungen bei einem etwa E–W-streichenden Insubrisch/Periadriatischen Lineament möglich. Die Versetzungen des Lineamentes können mit der jungen Norddrift Afrikas in Zusammenhang gebracht werden.

Die Anlage des Periadriatischen Lineamentes wird auf ein Durchpausen einer in der Tiefe bereits vorhandenen Geosutur zurückgeführt, die ihrerseits bei frühen isostatischen Ausgleichsbewegungen angelegt wurde.

In Abb. 4 wurden die alpidischen Nähte bzw. Narben, wo sich die Ozeane geschlossen haben, dargestellt. Es handelt sich aber nur um den Ausstrich großer tektonischer Flächen, die eigentlichen Suturen sind unter den alpidischen Decken begraben.

Eine Naht verlief am Nordrand des Unterostalpins, die zweite am Nordrand des als mittelpenninisch aufgefaßten Ostalpins. Eine Nahtstelle verläuft dort, wo die Molassesedimente unterschoben wurden. Schließlich wird an der Alpensüdseite eine Naht angenommen. Mit dem Schließen der verschiedenen Ozeane hängen die einzelnen Akkretionsphasen zusammen.

6. Diskussion verschiedener Strukturen

6.1. Molasse, Flysch/Helvetikum

Die Unterlagerung der NKA durch Flysch und Helvetikum, die durch die Fenster und Erdölbohrungen so genau nachgewiesen ist, gehört zu den eindrucksvollsten tektonischen Gegebenheiten in den Alpen. Zum Prinzip der Deckenlehre gehört der große Nordtransport des Oberostalpins, bei dem auch Flysch und Helvetikum erfaßt, abgeschert, vor sich hergewälzt und schließlich überschoben worden wären.

In ähnlicher Weise gibt es auch eine weitere Unterzeugung der Kalkalpen durch die Molasse, nachgewiesen durch die Bohrungen Urmannsau (A. KRÖLL & G. WESSELY, 1967) oder Berndorf 1 (G. WACHTEL & G. WESSELY, 1981). Aufgrund der Tiefbohrungen schlossen A. KRÖLL et al. (1981) auf ein weit nach Süden unter die NKA reichendes Abtauchen der Böhmisches Masse mit Arealen von autochthonem Sedimentmantel.

Aus der dargestellten Geodynamik dieses Konzeptes ergibt sich eine prinzipiell andere Deutung der Tektonik: Durch die unterschiebenden Kräfte wurden Flysch und Helvetikum direkt unter die NKA hineingezogen und die dabei mitbewegten Kalkalpen teilweise damit verfault und verschuppt. Nach dieser eozänen Tektonik wurde in gleicher Weise jungalpidisch die Molasse erfaßt und unterschoben.

6.2. Südvergenzen in den NKA

In den NKA wurden die vielfach festgestellten Nordvergenzen als Beweis für deren großen Nordschub angesehen. Seit langem aber stehen auch Südbewegungen zur Diskussion, welche infolge der Gosau-einklemmungen als nachgosauisch klassifiziert wurden.

In den östlichen Kalkalpen sind Südschübe von der Hohen Wand und vom Schneeberg bekannt. Als bedeutendste Südüberschiebung wird von E. SPENGLER (1951) jene angesehen, die Hochkönig, Tennen- und Dachsteingebirge betraf. Am eindrucksvollsten ist die Werfener Schuppenzone mit ihren südvergenten Strukturen. Der zu dieser Schuppenzone gehörende Mesozoikumsspan des Mandlingszuges, der südvergent in das Paläozoikum der Grauwackenzone eingeschuppt ist, läßt sich nicht mehr durch sekundäre Rückfaltung erklären, sondern verlangt eine primäre, gewaltige, südgerichtete Bewegung.

Zwar wird die Südbewegung im Gebiet des Hochkönigs von W. HEISSEL (1955) abgelehnt, sie wurde aber von R. ROSSNER (1972) am südlichen Tennengebirgsrand bestätigt. Die Kaisergebirgsscholle ist nach E. SPENGLER (1951) ebenfalls nach Süden vorgeschoben worden. H. MILLER (1963) beschrieb die Südüberschiebung des Wettersteingebirgsstockes, an dessen Südrand südvergente klein- und großtektonische Strukturen vorkommen. Der Mindestbetrag der Bewegung wird auf 1,5 km geschätzt.

Südvergenzen treten nicht nur am Kalkalpensüdrand auf, sondern auch im Inneren (wie z. B. die Sackwiesenschuppung im Hochschwabgebiet zeigt [E. SPENGLER, 1922]) oder an der Stirnfront der Kalkalpen (z. B. im Ammergebirge [Ch. KUNERT, 1976]).

Die von F. TRAUTH (1916, 1927) erkannte südgerichtete „Hochgebirgsüberschiebung“, die nach E. SPENGLER (1951) etwa 8 km betragen hat, wurde durch neuere Untersuchungen mehrfach bestätigt, wenn auch Bedeutung und Ausmaß diskutiert wird. Nach diesem Modell (Abb. 1, 3) können sowohl Nord- wie auch Südvergenzen auf Einengung aufgrund der Relativbewegung in N–S- bzw. S–N-Richtung zurückgeführt werden.

Die Auswirkung des immensen Rückstaus ist besonders in südlichen Teilen der NKA zu suchen. Die Karwendelschuppe (D. A. DONOFRIO et al., 1980) ist dafür ein Beispiel, ebenso die Überkippungen im Rätikon (R. OBERHAUSER, 1970). Die „Südrandelemente“ (B. PLÖCHINGER, 1981) erfahren hier eine eigene Deutung.

6.3. Die Grauwackenzone

In der östlichen Grauwackenzone werden zwei Decken unterschieden, wobei die aus Karbon bestehende Veitscher Decke von der aus Altpaläozoikum aufgebauten Norischen Decke überlagert wird. Nach der Deckenlehre wäre das Karbon relativ zum Altpaläozoikum in einer nördlichen Position abgelagert worden und nach dem gemeinsamen Transport nach Norden in der Schlußphase überschoben worden (H. P. SCHÖNLAUB, 1976). Die ursprünglich flache Überschiebungsbahn müßte später noch mittelsteil nach Norden verkippt worden sein.

Nimmt man die Überschiebungsbahn primär nordfallend und nicht wesentlich verstellt an, dann läßt sich diese als südvergente Aufschiebung deuten, d. h. das Karbon lag ursprünglich südlich des Altpaläozoikums.

In diese Diskussion lassen sich auch die südlich der Grauwackenzone liegenden tektonischen Einheiten einbeziehen. Übersichtsprofile durch NKA, Grauwackenzone und südliche Kristallingebiete nach K. METZ (1953) zeigen durchwegs mittelsteil nordfallende Trennflächen. Dem von A. TOLLMANN (1977, Profil der Abb. 70) ins Mittelostalpin gestellten Troiseck-Floning-Zug lagert im Norden die Thörl Permotrias auf, über welcher die Schubfläche der Veitscher Decke liegt. Südlich schließen die als mittelostalpin angesehene Mürzdecke, bestehend aus Mürztaler Grobgneisen und phyllitischen Glimmerschiefern und die aus Glimmerschiefern aufgebaute Stuhleckdecke an, getrennt jeweils durch Schuppen von Mitteltriasgesteinen.

Nach der Deckenlehre lägen in diesem Profil weit nach Norden über das Pennin verfrachtete Decken übereinander. Hier wird eine andere Deutung gegeben – eine im Sinne eines großen, südvergenten Schuppen- bzw. Deckenbaues.

6.4. Das Mittelpennin

Das Profil durch das Semmeringsystem und seinen Rahmen (A. TOLLMANN, 1968) gibt einen sehr guten Einblick in den Bau dieses Gebietes. Es zeigen sich in den Decken der Grauwackenzone flach nordfallende Bewegungsflächen, die in den Schuppen gegen Süden steiler werden. Daß die Bewegungsrichtung nicht einfach umgekehrt wird, zeigt sich deutlich in den südvergenten Falten der Göstritz-Mulde. Es wäre umgekehrt schwierig, die leicht faltbaren Keupergesteine nach deren Nordtransport südvergent zu verstellen.

Das Profil zeigt insgesamt ein südvergentes Bewegungsbild von Grauwackenzone und Semmeringeinheit mit ihren Schuppen, die im Süden auf das Wechselsystem aufgeschoben sind. Am Widerlager zu diesem wurde die Stuhleck-Hirschkogel-Antiklinale nach Norden überschlagen. Die tiefste Einheit, unter dem Wechselsystem liegend, ist das Pennin-Fenster von Rechnitz. Die große tektonische Fuge ist die Grenze zum zentralalpinen Kristallin.

Die Radstädter Tauern haben einen Decken- und Schuppenbau mit flach bis mittelsteil nordfallenden Bewegungsflächen. In den tieferen Decken bildet Altkristallin die Basis des Permomesozoikums, in der invers liegenden Quarzphyllitdecke ist es der Quarzphyllit. Das Mesozoikum im Bereich der Kalkspitzen-Mulde wird von A. TOLLMANN (1964, 1977) als weit gegen Süden rückgefaltet angesehen.

Gefügeuntersuchungen von W. SCHWAN (1965) ergaben im wesentlichen Nordvergenzen, wobei betont wird, daß Falten in verschiedene Richtungen verlaufen können. Dies wird auf die flache Lagerung der Achsenebene zurückgeführt, da dadurch Faltenscharniere maximale Ausweichmöglichkeiten hätten. Zu den „Nebenformen“ werden Strukturtypen gestellt, die sich dem Großbau „nicht harmonisch einordnen oder sich sogar widersinnig verhalten“, zu denen u.a. die Südüberschiebungen gehören.

K. SONDERMANN & W. VOGGENREITER (1984) ordnen die Südvergenzen einem jüngeren Akt zu. Diesem vorausgegangen wären zunächst der nordvergente Hauptdeckenschub, gefolgt von einer Einengung in E-W-Richtung. Es wird zur Diskussion gestellt, ob die N-S-orientierten Strukturen einem eigenen Akt zugeordnet oder auf seitlichen Platzmangel bei zunehmender Aus-

walzung der Gesteine beim Deckenschub zurückgeführt werden sollen.

Das Tarntaler Mesozoikum zeigt einen vergleichbaren komplizierten Falten- und Schuppenbau, in dem auch Südvergenzen vorkommen. Die ursprüngliche Basis ist der Innsbrucker Quarzphyllit, zu dem ein sedimentärer Verband nachgewiesen wurde (M. ENZENBERG, 1966). Dieser ist durch die Kellerjochgneise (H. MOSTLER, 1973), die ins Mittelostalpin gestellt wurden, von der oberostalpinen Grauwackenzone getrennt. R. ROTH (1984) diskutiert für diesen Profilabschnitt einen ähnlichen Bewegungsplan wie K. SONDERMANN & W. VOGGENREITER (1984). In gleicher Weise wurde derselbe Deformationszyklus von R. ROSSNER & W. SCHWAN (1982), F. POPP (1984) und H. LEDOUX (1983) aus dem Penninikum des Tauernfensters beschrieben, wo seit langem Südvergenzen zur Diskussion stehen.

In Übereinstimmung werden in Phasen aufeinanderfolgend Deckentransport nach Norden, E-W-Einengung und schließlich eine weniger bedeutende Südbewegung (z.B. Aufkuppelung der Tauern unter südvergentem Stress nach W. FRISCH, 1980) angenommen.

Großdimensionale Südvergenz zeigt das Profil über die Zillertaler Alpen (G. ANGENHEISTER & H. BÖGEL, 1972). In der SW-Ecke des Tauernfensters, für deren komplizierten Bau die NE-Versetzung an der Judikarienlinie mitverantwortlich gemacht wird, ist das Penninikum südwärts über die Matreier Zone auf sehr ausgedünntes zentralalpines Kristallin aufgeschoben.

Nach R. TRÜMPY (1980) ist Rücküberschiebung mit auffallenden Südvergenzen ein Merkmal der Tektonik penninischer Decken im Valais, Ticino und Graubünden. Zufolge der Unterschiebung des Briançonnais haben auch Schamser Decken und Falknis-, Sulzfluh- und Tasna-Decken beträchtliche südvergente Verschiebungen erfahren.

Kinematisch sind bei dem von verschiedenen Autoren angenommenen Bewegungsablauf zwei gegensätzliche Bewegungsakte anzunehmen. Demgegenüber wird die Meinung vertreten, daß es während der ganzen alpidischen Orogenese einen einheitlichen Bewegungsmechanismus gab, der auf der großen Unterschiebung des Europäischen Kontinentes und der relativen Nordbewegung Afrikas beruhte (Abb. 3). Dieser Mechanismus setzt jedoch eine wie in Abb. 1 gegebene Anordnung der Ablagerungsräume voraus.

In dem schematischen Profil von H. LEDOUX (1983), gezeichnet nach den plattentektonischen Vorstellungen von D. ROEDER (1980), hat das Ostalpin eine südliche Position. Es erscheint mechanisch fraglich, nach diesem Bewegungsprinzip das Ostalpin als Decken nach Norden zu überschieben. Hingegen sollte das Ostalpin auf der sogenannten Unterplatte angeordnet werden.

Profile von O. THIELE (1976) oder R. ROTH (1981/84) erfahren hier eine Umdeutung. Die großen tektonischen Grenzflächen fallen flach bis mittelsteil nach Norden ein. Im Gegensatz zur Deckenlehre werden in diesen großen, südvergente Bewegungsbahnen gesehen. Die relative Lage der einzelnen Großeinheiten zueinander ist durch die Tektonik nicht umgekehrt worden, sondern dieselbe geblieben wie in der ursprünglichen Anlage.

6.5. Zentralalpines Kristallin

Auch im Kristallin der Zentralalpen gibt es z.T. große südvergente Strukturen. Ein Beispiel bilden die Schladminger Tauern, deren Innenbau einen südvergenten

Faltenbau zeigt (H. FORMANEK et al., 1982). Faßt man diesen im Gegensatz zu A. TOLLMANN (1977) nicht als variszisch, sondern als alpidisch auf, dann ist dieser schwer in Einklang mit den Nordschüben zu bringen. Neue Vorstellungen über den Bau von Stub- und Koralpe und auch der Schladminger Tauern entwickelten W. FRANK et al. (1983). Eine südvergente Großstruktur stellt auch der Schneeberger Zug dar.

Die Südvergenzen, die es in den gesamten Ostalpen gibt, passen nicht so recht zu den Vorstellungen über den großen nordvergenten Deckenbau. Man muß auf verschiedenartige Bewegungen schließen. Nach dem hier dargestellten Bewegungskonzept sind Südvergenzen, die in keiner Weise im Gegensatz zu Nordvergenzen stehen, besser verständlich. Da der große Einengungsbereich nördlich des zentralalpiner Kristallins angenommen wird, ergibt sich ein gewaltiger Rückstau bis auf dessen Rückseite.

7. Schlußbemerkungen und Ausblick

Kritische Überlegungen über die Deckenlehre und den von ihr geforderten Fernschub von NKA und Grauwackenzone führten zu einer anderen paläogeographischen Vorstellung und zu einem anderen geodynamischen Modell.

Die Großeinheiten nehmen relativ zueinander noch die gleichen Positionen ein. Die Anlage des Baues wurde danach durch die tektonischen Vorgänge nicht so verhüllt und verschleiert; trotz der komplexen Verformungen in allen Einheiten der Alpen ist ein mögliches Bauprinzip erkennbar.

Neu gegenüber den Modellen von E. KRAUS (1956) und A. THURNER (1971) ist die Art der Geodynamik bzw. des Bewegungsmechanismus auf den Grundlagen der Plattentektonik zu werten.

Es wurde versucht, zu zeigen, daß es eine Alternative zu den bisherigen Modellen der Deckenlehre gibt, welche der Größe und Dynamik des Alpenbaues voll gerecht wird. Doch sollte man sich im allgemeinen eingestehen, daß wir von den letzten Klärungen noch weit entfernt sind, zur Zeit verschiedene Modelle möglich sind und Berechtigung besteht, diese zu diskutieren.

Nach Abschluß der mehrere Jahre währenden Überlegungen wurde klar, daß diese Ergebnisse auch in einem größeren Zusammenhang gesehen werden können.

Beim Werdegang der Tethys unterschied A. TOLLMANN (1984) in der Trias zwischen einem Nord- und Südtrug, getrennt durch eine zentrale Hochzone, auf der sich jedoch auch teilweise mächtige Karbonatplattformsedimente gebildet haben.

Während in den auf der Deckenlehre basierenden Modellen in den Ostalpen keine klaren Aussagen über eine Gliederung der Tethys durch Hochschollen gemacht werden, liegt dem neuen vorliegenden Schema eine deutliche Gliederung mit zwei durch große triadische Sedimentmächtigkeit ausgezeichneten Geosynklinalbereiche (NKA, Drauzug/Südalpen) zugrunde, die eigentliche Hochzone bildete die Tauernschwelle mit der geringmächtigen Trias.

Von großem Interesse sind die Ergebnisse über die Tethysentwicklung von C. SENGÖR (1985). Die Kernaussage ist, daß „das Alpen-Himalaya-System einem superorogenen Komplex entspricht, der aus zwei vonein-

ander weitgehend unabhängigen orogenen Systemen besteht, die als Produkt der Schließung zweier Ozeane betrachtet werden können“. Die zwei übereinanderliegenden Gebirgstteile sind die Kimmeriden und die Alpen. In seiner Abb. 5 wurden die kimmeridischen und die alpidischen Nähte bis zum Karpatenbogen gezeichnet.

Es ist in den Alpen möglich, zwei Gebirgstteile, einen alpidisch-vorgosauischen und einen jungalpidisch-nachgosauischen, zu unterscheiden.

Der Ablagerungsraum der NKA war vom nordpenninischen Ozean durch den Ultrapienidischen Rücken, der als Zwischengebirge aufgefaßt wird, getrennt. Als unterschobenes Gebirge könnte es mit dem Zwischengebirge Tisia, heute in Ungarn unter jungen Sedimenten begraben, identifiziert werden. S. KOVACS (1982) versuchte die Lage von Tisia, dessen mesozoische Sedimente für eine ursprüngliche Lage am nördlichen Tethysrand sprechen, durch eine etwa 350 km betragende Seitenverschiebung im Jura zu erklären.

Der neueren Literatur nach scheint unter den gebirgsbildenden Modellen die Akkretionshypothese mehr und mehr an Bedeutung zu gewinnen. A. MIYASHIRO (1985) schreibt: „Danach sind Orogengürtel nichts anderes als tektonische Mosaik oder Akkretionsprismen, die durch Akkretion (Zusammenschweißen) separater, an verschiedenen Orten zu verschiedener Zeit gebildeter Gesteinskomplexe entstanden sind.“

Es geht in der Diskussion nicht nur um eine in der vorliegenden Arbeit entwickelte Idee, sondern allgemein um die Anwendbarkeit des Prinzips der Akkretion auf den Alpenbau. Dieses Prinzip steht im Gegensatz zur von der Deckenlehre vertretenen Abscherungs- und Überschiebungstektonik. Nach der Plattentektonik findet die Gebirgsbildung an konvergierenden Plattenrändern statt. Dazu gibt es in der Tektonik der NKA keine Beziehung.

Weiters stellt sich die Frage, wieweit die Akkretionshypothese auch auf den Bau der Nördlichen Kalkalpen anwendbar ist. Für deren Bau waren sicher z.B. die triadischen Plattformränder bzw. die verschiedenen mittel- und obertriadischen Becken wie auch tiefere Jura- und Kreidebecken von Bedeutung. Ohne den Deckenbau zu leugnen, könnte man zumindest teilweise den Bau im Sinne von Akkretionsprismen deuten.

Literatur

- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H., GEBRANDE, H., GIESE, P. & SCHMIDT-THOME, P.: Recent investigations of surficial and deeper crustal structures of the Eastern and Southern Alps. – *Geol. Rdsch.*, **61**, 349–395, Stuttgart 1972.
- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H. & MORTEANI, G.: Die Ostalpen im Bereich einer Geotraverse vom Chiemsee bis Vicenza. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **148**, 50–137, Stuttgart 1975.
- BACHMANN, G. H. & MÜLLER, M.: Geologie der Tiefbohrung Vorderriß 1 (Kalkalpen, Bayern). – *Geol. Bavarica*, **81**, 17–53, München 1981.
- BAUER, F.: Karsthydrologische Untersuchungen im Schneealpenstollen in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen. – *Steir. Beitr. Hydrogeol.*, **21**, 193–214, Graz 1969.
- BAUER, F. K.: Zur Geologie der westlichen Karawanken und zum Verlauf des Periadriatischen Lineamentes. – *Jb. Geol. B.-A.*, **127**, 289–297, Wien 1984.
- BAUER, F. K. & SCHERMANN, O.: Das Periadriatische Lineament in den Karawanken. – *Jb. Geol. B.-A.*, **127**, 299–305, Wien 1984.
- BECHSTÄDT, T.: Faziesanalyse permischer und triadischer Sedimente des Drauzuges als Hinweis auf eine großräumige

- Lateralverschiebung innerhalb des Ostalpins. – Jb. Geol. B.-A., **121**, 1–121, Wien 1978.
- BECHSTÄDT, T., BRANDNER, R. & MOSTLER, H.: Aborted Rifting in the Triassic of the Eastern and Southern Alps. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **156**, 157–178, Stuttgart 1978.
- BECHSTÄDT, T., MOSTLER, H.: Riff-Becken-Entwicklung in der Mitteltrias der westlichen Nördlichen Kalkalpen. – Z. Dt. Geol. Ges., **127**, 271–289, Hannover 1976.
- BECK-MANNAGETTA, P.: Bemerkungen zu A. TOLLMANN's tektonischer Synthese der Ostalpen. – Geol. Rdsch., **50**, 517–524, Stuttgart 1960.
- BEHRENS, M.: Schwermineralverteilung und Sedimentstrukturen in den Lunzer Schichten (Karn, Trias, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **116**, 51–83, Wien 1973.
- BEMMELEN, R. W. v.: Zur Mechanik der ostalpinen Deckenbildung. – Geol. Rdsch., **50**, 474–499, Stuttgart 1961.
- BLISSENBACH, E. & FELLNER, R.: Continental drift and the origin of certain mineral deposits. – Geol. Rdsch., **62**, 812–840, Stuttgart 1973.
- BÖGEL, H.: Zur Literatur über die „Periadriatische Naht“. – Verh. Geol. B.-A., **1975**, 163–199, Wien 1975a.
- BÖGEL, H.: Profile „Abwicklung“. – Int. Symposium „Geodynamik der Ostalpen“. – S. 51 (als Lichtpause vervielfältigt), München – Salzburg 1975b.
- BÖGEL, H. & SCHMIDT, K.: Kleine Geologie der Ostalpen. – Thun (Ott) 1976.
- BRANDNER, R.: Meeresspiegelschwankungen und Tektonik in der Trias der NW-Tethys. – Jb. Geol. B.-A., **126**, 431–523, Wien 1984.
- CLAR, E.: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. – Verh. Geol. B.-A., Sh. G, 11–35, Wien 1965.
- CLAR, E.: Bemerkungen über eine Rekonstruktion des variszischen Gebirges in den Ostalpen. – Z. Dt. Geol. Ges., **122**, 161–167, Hannover 1971.
- DIETRICH, V.: Plattentektonik in den Ostalpen – eine Arbeitshypothese. – Geotekt. Forsch., **50**, 1–84, Stuttgart 1978.
- DONOFRIO, D. A., HEISSEL, G. & MOSTLER, H.: Beiträge zur Kenntnis der Parthachsichten (Trias) des Tor- und Rontales und zum Problem der Abgrenzung der Lechtaldecke im Nordkarwendel (Tirol). – Mitt. österr. geol. Ges., **73**, 55–94, Wien 1980.
- ENZENBERG, M.: Die Geologie der Tarntaler Berge (Wattener Lizum), Tirol. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **17**, 5–50, Wien 1966.
- EXNER, Ch.: Geologie der Karawankenplutone östlich Eisenkappel, Kärnten. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **64**, 1–108, Wien 1972.
- EXNER, Ch.: Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineamentes. – Verh. Geol. B.-A., **1976**, 3–64, Wien 1976.
- FAUPL, P.: Kristallinvorkommen und terrigene Sedimentgesteine in der Grestener Klippenzone (Lias–Neokom) von Ober- und Niederösterreich. – Jb. Geol. B.-A., **118**, 1–74, Wien 1975.
- FAUPL, P.: Zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung von Breccien und Turbiditserien in den Ostalpen. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **25**, 81–110, Wien 1978.
- FLÜGEL, H. W.: Paläogeographie und Tektonik des alpinen Variszikums. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1977**, 659–674, Stuttgart 1977.
- FORMANEK, H., KOLLMANN, H. & MEDWENITSCH, W.: Beitrag zur Geologie der Schladminger Tauern im Bereich von Untertal und Obertal. – Mitt. Geol. Ges., **54**, 27–53, Wien 1962.
- FRANK, W.: Argumente über ein neues Entwicklungsmodell des Ostalpins. – Jber. 1982 Hochschulschwerpunkt S 15, 249–262, Graz 1983.
- FRANK, W., ESTERLUS, M., JUNG, G., KROHE, A. & WEBER, J.: Die Entwicklungsgeschichte von Stub- und Koralmkristallin und die Beziehung zum Grazer Paläozoikum. – Jber. 1982 Hochschulschwerpunkt S 15, 263–293, Graz 1983.
- FRASL, G. & FRANK, W.: Einführung in die Geologie und Petrologie des Penninikums im Tauernfenster. – Der Aufschluß, Sonderh. **15**, 30–58, Heidelberg 1966.
- FRISCH, W.: Sedimentological response to late Mesozoic subduction in the Penninic windows of the Eastern Alps. – Geol. Rdsch., **73**, 33–45, Stuttgart 1984.
- FRISCH, W.: Plate motion in the Alpine region and their correlation to the opening of the Atlantic Ocean. – Geol. Rdsch., **70**, 407–411, Stuttgart 1981.
- FRISCH, W.: Tectonics of the western Tauernwindow. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 65–71, Wien 1980.
- FRISCH, W.: Tectonic progradation and plate tectonic evolution of the Alps. – Tectonophysics, **60**, 121–139, Amsterdam 1979.
- FRISCH, W.: A Plate Tectonic Model of the Eastern Alps. – Inter-Union Comm., Scientific Report, **38**, 167–172, Stuttgart 1978.
- FRISCH, W.: Ein Modell zur alpidischen Evolution und Orogenese des Tauernfensters. – Geol. Rdsch., **65**, 375–393, Stuttgart 1976.
- FRISCH, W.: Die stratigraphisch-tektonische Gliederung der Schieferhülle und die Entwicklung des penninischen Raumes im westlichen Tauernfenster (Gebiet Brenner – Gerlospaß). – Mitt. Geol. Ges. Wien, **66/67**, 9–20, Wien 1974.
- FRISCH, W., NEUBAUER, F. & SATIR, M.: Concepts of the evolution of the austroalpine basement complex (Eastern Alps) during the Caledonian-Variscian cycle. – Geol. Rdsch., **73**, 47–68, Stuttgart 1984.
- FUCHS, W.: Das Jungalpidikum (Die geologische Entwicklung vom Obereozän bis in die Gegenwart). – In: R. OBERHAUSER (Red.): Der geologische Aufbau Österreichs, 701 S., Wien (Springer) 1980.
- FUCHS, W.: Großtektonische Neuorientierung in den Ostalpen und Westkarpaten unter Einbeziehung plattentektonischer Gesichtspunkte. – Jb. Geol. B.-A., **127**, 693–699, Wien 1984.
- GEBRANDE, H., HÄGE, H., MILLER, H., MÜLLER, G. & SCHMEDES, E.: Aftershock Investigations and Fault-Plane Solutions of the Friuli Earthquakes 1976. – Inter-Union Comm., Scientific Report, **38**, 173–177, Stuttgart 1978.
- GOSEN, W. v., HAIGES, K.-H., NEUBAUER, F., PISTOTNIK, J. & THIEDIG, F.: Die tektonischen Baueinheiten am Nord- und Westrand der Gurktaler Decke (Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **127**, 693–699, Wien 1984.
- HAGN, H.: Die älteste Molasse im Chiemgau/östliches Oberbayern (Katzenloch-Schichten, Priabon). – Mitt. Bayer. Staatssammlung Paläont. Hist. Geol., **18**, 167–235, München 1978.
- HEINISCH, H. & SCHMIDT, K.: Zur Geologie des Turnthaler Quarzphyllites und des Altkristallins südlich des Tauernfensters (Ostalpen, Südtirol). – Geol. Rdsch., **73**, 113–129, Stuttgart 1984.
- HEINZ, H. & MAURITSCH, H.: Paläomagnetische Untersuchungen an der „Periadriatischen Naht“. – Mit. österr. geol. Ges., **71/72**, 269–274.
- HEISSEL, W.: Zur Stratigraphie und Tektonik des Hochkönigs (Salzburg). – Jb. Geol. B.-A., **96**, 344–356, Wien 1953.
- HEISSEL, W.: Die „Hochalpenüberschiebung“ und die Brauneisenerzlagerstätten von Werfen – Bischofshofen (Salzburg). – Jb. Geol. B.-A., **98**, 183–201, Wien 1955.
- HEISSEL, W.: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärgebietes. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **48** (1955), 49–70, Wien 1957.
- HERM, D.: Die kalkalpine Oberkreidesedimentation als Spiegel des geodynamischen Geschehens im Untergrund. – 73. Jahrestagung Geol. Vereinigung, Berchtesgaden 1983, Kurzfassungen, 22–23, Berchtesgaden 1983.
- HERTWECK, G.: Die Geologie der Ötscherdecke im Gebiet der Triesting und Piesting usw. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **12**, 3–84, Wien 1961.
- HESSE, R.: Flysch-Gault und Falknis-Tasna-Gault (Unterkreide): Kontinuierlicher Übergang von der distalen zur proximalen Flyschfazies auf einer penninischen Trogebene der Alpen. – Geologica et Palaeontologica, Sb. **2**, 90 S., Marburg (Elwert-Verlag) 1973.
- JACOBSHAGEN, V.: Der Bau der südöstlichen Allgäuer Alpen. – N. Jb. Paläont. Abh., **113**, 153–206, Stuttgart 1961.

- JACOBSSHAGEN, V.: Zur Struktur der südlichen Allgäuer Alpen: gebundene Tektonik oder Deckenbau? Mit einem Beitrag von D. HELCKE. – N. Jb. Paläont. Abh., **148**, 185–214, Stuttgart 1975.
- JACOBSSHAGEN, V. & OTTE, O.: Zur Stellung der Arosa-Zone im Allgäu und im Bregenzer Wald (Ostalpen). – *Geologica et Palaeontologica*, **2**, 97–107, Marburg 1968.
- JÄGER, E.: Die Geschichte des alpinen Raumes, erarbeitet mit radiometrischen Altersbestimmungen. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1971**, 250–254, Wien 1971.
- JÄGER, E.: Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Altersbestimmungen. – *Eclogae Geol. Helv.*, **66**, Basel 1973.
- KOCKEL, C. W.: Der Umbau der Nördlichen Kalkalpen und seine Schwierigkeiten. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1956**, 205–214, Wien 1956a.
- KOCKEL, C. W.: Der Zusammenbruch des kalkalpinen Deckenbaues. – *Z. Dt. Geol. Ges.*, **108**, S. 264, Hannover 1956b.
- KOLLMANN, H.: Stratigraphie und Tektonik des Gosaubeckens von Gams (Steiermark, Österreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, **107**, 71–159, Wien 1964.
- KOLLMANN, H.: Zur Gliederung der Kreideablagerungen der Weyerer Bögen (OÖ). – *Verh. Geol. B.-A.*, **1968**, 126–137, Wien 1968.
- KOVACS, S.: Problems of the „Pannonian Median Massif“ and the Plate Tectonic Concept. Contributions based on the Distribution of Late Palaeozoic. – Early Mesozoic Isopic Zones. – *Geol. Rdsch.*, **71**, 617–640, Stuttgart 1982.
- KRAINER, K.: Sedimentologische Untersuchungen an permischen und untertriadischen Sedimenten des Stangalm-Mesozoikums (Kärnten/Österreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, **127**, 159–179, Wien 1984.
- KRAINER, K.: Zur Sedimentologie des alpinen Buntsandsteins und der Werfener Schichten (Skyth) Kärntens. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **14**, 21–81, Innsbruck 1985.
- KRAUS, E.: Die Baugeschichte der Alpen. – 552 S., Berlin (Akademieverlag) 1951.
- KRAUS, O. & OTT, E.: Eine ladinische Riff-Fauna im Dobratsch-Gipfelkalk (Kärnten, Österreich) und Bemerkungen zum Faziesvergleich von Nordalpen und Drauzug. – *Mitt. Bayer. Staatssammlungen Paläont. Hist. Geol.*, **8**, 263–290, München 1968.
- KRISTAN-TOLLMANN, E.: Das Unterostalpin des Penken-Gschöbwandzuges in Tirol. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **54**, 201–227, Wien 1962.
- KRISTAN-TOLLMANN, E.: Zur Geologie des Semmering-Mesozoikums. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **8**, 75–90, Wien 1957.
- KRÖLL, A., SCHIMUNEK, K. & WESSELY, G.: Ergebnisse und Erfahrungen bei der Exploration in der Kalkalpenzone in Österreich. – *Erdöl-Erdgas-Zeitschrift*, **97**, 134–148, Wien 1981.
- KRÖLL, A. & WESSELY, G.: Neue Erkenntnisse über Molasse, Flysch und Kalkalpen auf Grund der Bohrung Urmannsau I. – *Erdöl-Erdgas-Zeitschrift*, **83**, 342–353, Wien 1967.
- KÜPPER, H.: Die Ergebnisse der Bohrung Urmannsau als Beitrag zur Alpengeologie. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **60**, 65–68, Wien 1968.
- KUHNERT, Ch.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Bl. 8432, Oberammergau. – 128 S., München (Bayer. Geol. L.-A.) 1967a.
- KUHNERT, Ch.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Bl. 8431, Linderhof. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-A.) 1967b.
- LAUBSCHER, H. P.: Das Alpen-Dinariden-Problem und die Palinspastik der südlichen Tethys. – *Geol. Rdsch.*, **60**, 813–833, Stuttgart 1971.
- LAUBSCHER, H. P. & BERNOULLI, D.: Cross-section from the Rhine Graben to the Po Plain. – In: *Geology of Switzerland. A Guide Book. Part B*, 183–209, Basel – New York (Wepf) 1980.
- LAUER, G.: Der Kalkalpennordrand im Raume von Ybbsitz. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **19**, 103–130, Wien 1970.
- LEDOUX, H.: Paläogeographie und tektonische Entwicklung im Penninikum des Tauern-Nordwestrandes im oberen Tuxer Tal. – *Jb. Geol. B.-A.*, **126**, 359–368, Wien 1983.
- LEIN, R.: Das Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen als Beispiel eines gerichteten Sedimentationsverlaufes infolge fortschreitender Krustenausdünnung. – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **6**, 117–228, Wien 1985.
- LOESCHKE, J.: Kaledonischer eugeosynklinaler Vulkanismus Norwegens und der Ostalpen im Vergleich mit rezentem Vulkanismus unterschiedlicher geotektonischer Positionen: eine Arbeitshypothese. – *Z. Dt. Geol. Ges.*, **128**, 185–207, Hannover 1977.
- MAURITSCH, H. J. & FRISCH, W.: Paleomagnetic results from the Eastern Alps and their comparison with data from the Southern Alps and the Carpathians. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **73**, 5–13, Wien 1980.
- METZ, K.: Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **44**, 1–84, Wien 1953.
- METZ, K.: Gedanken zu baugeschichtlichen Fragen der steirisch-kärntnerischen Zentralalpen. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **50**, 201–250, Wien 1958.
- MILLER, H.: Die tektonischen Beziehungen zwischen Wetterstein- und Mieminger Gebirge (Nördliche Kalkalpen). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **118**, 291–320, Stuttgart 1963.
- MIYASHIRO, A., AKI, K. & SENGÖR, A. M. C.: Orogenese. Grundzüge der Gebirgsbildung. – 236 S., Wien (Deuticke) 1985.
- MOSTLER, H.: Alter und Genese ostalpiner Spatmagnesite unter besonderer Berücksichtigung der Magnesitlagerstätten im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol, Salzburg). – *Veröff. Univ. Innsbruck*, **86**, 237–266, Innsbruck 1973.
- MÜLLER, K.: Das „Randcenoman“ der Nördlichen Kalkalpen und seine Bedeutung für den Ablauf der ostalpiner Deckenüberschiebungen und ihrer Schubweiten. – *Geol. Rdsch.*, **73**, 149–174, Stuttgart 1984.
- NEUBAUER, F. & PISTOTNIK, J.: Das Altpaläozoikum und Unterkarbon des Gurktaler Deckensystems (Ostalpen) und ihre paläogeographischen Beziehungen. – *Geol. Rdsch.*, **73**, 149–174, Stuttgart 1984.
- OBERHAUSER, R.: Zur Frage des vollständigen Zuschubes des Tauernfensters während der Kreidezeit. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1964**, 47–52, Wien 1964.
- OBERHAUSER, R.: Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. – *Jb. Geol. B.-A.*, **111**, 115–145, Wien 1968.
- OBERHAUSER, R.: Die Überkipplerscheinungen des Kalkalpensüdrandes im Rätikon und im Arlberggebiet. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1970**, 477–485, Wien 1970.
- OBERHAUSER, R.: Stratigraphisch-Paläontologische Hinweise zum Ablauf tektonischer Ereignisse in den Ostalpen während der Kreidezeit. – *Geol. Rdsch.*, **62**, 96–103, Stuttgart 1973.
- OBERHAUSER, R.: Die postvariszische Entwicklung des Ostalpenraumes unter Berücksichtigung einiger für die Metallogene wichtige Umstände. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1978**, 43–53, Wien 1978.
- OBERHAUSER, R.: Mikrofossilfunde im Nordwestteil des Unterengadiner Fensters sowie im Verspalflysch des Rätikon. – *Jb. Geol. B.-A.*, **126**, 71–93, Wien 1983.
- PLÖCHINGER, B.: Die Nördlichen Kalkalpen. – In: R. OBERHAUSER: *Der geologische Aufbau Österreichs*. – 701 S., Wien (Springer) 1981.
- PLÖCHINGER, B. & PREY, S.: Profile durch die Windischgarstener Störungzone im Raume Windischgarsten – St. Gallen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **111**, 175–211, Wien 1968.
- POPP, F.: Stratigraphische und tektonische Untersuchungen in der Schieferhülle der Hohen Tauern im Gerlostal (Tirol). – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **30/31**, 235–268, Wien 1984.
- PREY, S.: Rekonstruktionsversuch der alpidischen Entwicklung der Ostalpen. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **69**, 1–25, Wien 1978.

- PREY, S.: Die Geologie Österreichs in ihrem heutigen geodynamischen Entwicklungsstand sowie die geologischen Bauteile und ihre Zusammenhänge. – In: R. OBERHAUSER: Der geologische Aufbau Österreichs. – 701 S., Wien (Springer) 1981.
- RATHORE, J. S. & HEINZ, H.: The Application of Magnetic Susceptibility Anisotropy Analyses of the Study of Tectonic Events on the Periadriatic Line. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 275–290.
- RICHTER, D.: Grundriß der Geologie der Alpen. – 213 S., Berlin (Walter de Gruyter) 1974.
- RICHTER, M.: Die Arosar Decke (Arosa Zone) in Vorarlberg und im Allgäu und ihre Fortsetzung am bayrischen Alpenrand. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **1970**, 605–651, Stuttgart 1970.
- RICHTER, M. & SCHÖNENBERG, R.: Über den Bau der Lechtaler Alpen. – Z. Dt. Geol. Ges., **105**, 57–79, Hannover 1955.
- ROCKENSCHAUB, M., THEINER, U. & FRANK, W.: Die Struktur von Phyllit- und Phyllitgneiszone bei Landeck. – Jber. Hochschulschwerpunkt S 15, 223–227, Graz 1983.
- ROEDER, D.: Die Alpen aus plattentektonischer Sicht. – Z. Dt. Geol. Ges., **127**, 87–103, Hannover 1976.
- ROEDER, D.: Geodynamics of the alpine-mediterranean system – a synthesis. – Eclogae geol. Helv., **73**, 353–377, Basel 1980.
- ROEDER, D. & BÖGEL, H.: Geodynamic Interpretation of the Alps. – Inter-Union Comm., Scientific Report, **38**, 191–212, Stuttgart 1978.
- ROLSER, J. & TESSENSOHN, F.: Alpidische Tektonik im Variszikum der Karawanken und ihre Beziehung zum Periadriatischen Lineament. – Geol. Jb., **A25**, 23–53, Hannover 1974.
- ROSSNER, R.: Die Geologie des nordwestlichen St. Martin Schuppenlandes am Südostrand des Tennengebirges (Oberostalpin). – Erlanger Geol. Abh., **89**, 57 S., Erlangen 1972.
- ROSSNER, R.: Gebirgsbau und alpidische Tektonik am Nordostrand des Tauernfensterrahmens (Nördliche Radstädter Tauern, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **122**, 251–387, Wien 1979.
- ROSSNER, R. & SCHWAN, W.: Zur Natur der südvergente Deformationsstrukturen im NW-Teil des Tauernfensters (Tirol, Österreich). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **28**, 35–54, Wien 1982.
- ROTH, R.: Variszische und alpidische Deformationsgeschichte im Grenzbereich zwischen Unter-, Mittel- und Oberostalpinen Decken südöstlich von Schwaz (Tirol). – Mitt. österr. geol. Ges., **77**, 73–91, Wien 1984.
- RUTTNER, A.: Querfaltungen im Gebiet des oberen Ybbs- und Erlaufales (N.-Ö. Kalkalpen). – Jb. Geol. B.-A., **93**, 99–128, Wien 1949.
- SARNTHEIN, M.: Versuch einer Rekonstruktion der mitteltriadischen Paläogeographie um Innsbruck. – Geol. Rdsch., **56**, 116–127, Stuttgart 1967.
- SCHÄFFER, G.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983, Blatt Gmunden (Karte der geolog.-geotechn. Risikofaktoren der Rep. Österr. 1 : 50.000). – 65 S., Geol. B.-A., Wien 1983.
- SCHÄFFER, G.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1976, Thema: Blatt 96 Bad Ischl. – 48 S., Geol. B.-A., Wien 1976.
- SCHERMANN, O.: Über Horizontalverschiebungen am Ostrand der Böhmisches Masse. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **77**, 89–103, Wien 1966.
- SCHLAGER, W. & SCHÖLLENBERGER, W.: Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **66/67**, 165–193, Wien 1975.
- SCHNABEL, W.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1979, Blatt 71 Ybbsitz. – 82 S., Geol. B.-A., Wien 1979.
- SCHÖNLAUB, H. P.: Das Paläozoikum in Österreich. – Abh. Geol. B.-A., **33**, 124 S., Wien 1979.
- SCHRAMM, J.-M.: Bemerkungen zum Metamorphosegeschehen in klastischen Sedimentgesteinen im Salzburger Abschnitt der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 379–389, Wien 1980.
- SCHRAMM, J. M.: Überlegungen zur Metamorphose des klastischen Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen vom Alpenoststrand bis zum Rätikon. – Verh. Geol. B.-A., **1982**, 73–83, Wien 1982.
- SCHWAN, W.: Leitende Strukturen am Nordostrand der Hohen Tauern. – Z. Dt. Geol. Ges., **116**, 470–501, Hannover 1965.
- SCHWAN, W.: The worldwide active middle/late eocene geodynamic episode with peaks at ± 45 and ± 37 m.y. B. P., and implications and problems of orogeny and sea-floor-spreading. – Tectonophysics, **115**, 197–234, Amsterdam 1985.
- SENGÖR, C. A. M.: Die Alpiden und die Kimmeriden: Die verdoppelte Geschichte der Tethys. – Geol. Rdsch., **74**, 181–213, Stuttgart 1985.
- SONDERMANN, K. & VOGGENREITHER, W.: Strukturanalyse des Weißenecks in den S' Radstädter Tauern (Lungau, Österreich). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **30/31**, 269–287, Wien 1984.
- SPENGLER, E.: Beiträge zur Geologie der Hochschwabgruppe und der Lassingalpen. – Jb. Geol. B.-A., **72**, Wien 1922.
- SPENGLER, E.: Die Nördlichen Kalkalpen, die Flyschzone und die Helvetische Zone. – In: SCHÄFFER, F. X. (Hrsg.): Geologie von Österreich, 2. Aufl., Wien (Deuticke) 1951.
- STATTEGGER, K.: Die Beziehungen zwischen Sedimenten und Hinterland: Mathematisch-statistische Modelle aus Schwermineraldaten rezenter fluviatiler und fossiler Sedimente. – Jb. Geol. B.-A., **128**, 449–512, Wien 1986.
- THIELE, O.: Zur Stratigraphie und Tektonik der Schieferhülle der westlichen Tauern. – Verh. Geol. B.-A., **1970**, 230–244, Wien 1970.
- THIELE, O.: Der Nordrand des Tauernfensters zwischen Mayrhofen und Inner Schmirn (Tirol). – Geol. Rdsch., **65**, 410–421, Stuttgart 1976.
- THÖNI, M.: Degree and Evolution of the Alpine Metamorphism in the Austroalpine Unit W of the Hohe Tauern in the light of K/Ar and Rb/Sr Age Determinations on Micas. – Jb. Geol. B.-A., **124**, 111–174, Wien 1981.
- THURNER, A.: Die Tektonik der Ostalpen im Sinne der Verschluckungslehre. – Ostalpen-Tektonik III. Geotekton. Forsch., **39**, I–II, 1–124, Stuttgart 1971.
- TOLLMANN, A.: Ostalpensynthese. – 256 S., Wien (Deuticke) 1963.
- TOLLMANN, A.: Die Fortsetzung des Briançonnais in den Ostalpen. – Mitt. Geol. Ges., **57**, 469–478, Wien 1965.
- TOLLMANN, A.: Die alpidischen Gebirgsbildungsphasen in den Ostalpen und Westkarpaten. – Geotekton. Forsch., **21**, 156 S., Stuttgart 1966.
- TOLLMANN, A.: Für und wider die Allochthonie der Kalkalpen sowie ein neuer Beweis für ihren Fernschub. – Verh. Geol. B.-A., **1970**, 324–345, Wien 1970.
- TOLLMANN, A.: Zur Rehabilitierung des Deckenbaues in den westlichen Nordkalkalpen. – Jb. Geol. B.-A., **114**, 273–260, Wien 1971a.
- TOLLMANN, A.: Betrachtungen zum Baustil und Mechanismus kalkalpiner Überschiebungen. – Verh. Geol. B.-A., **1971**, 358–390, Wien 1971b.
- TOLLMANN, A.: Grundprinzipien der alpinen Deckentektonik. Eine Systemanalyse am Beispiel der Nördlichen Kalkalpen. – Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Teil 1. – 404 S., Wien (Deuticke) 1973.
- TOLLMANN, A.: Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. – Monographie der Nördlichen Kalkalpen. Teil 2. – 580 S., Wien (Deuticke) 1976a.
- TOLLMANN, A.: Der Bau der Nördlichen Kalkalpen, Orogene Stellung und regionale Tektonik. – Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Teil 3. – 449 S., Wien (Deuticke) 1976b.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Bd. I.: Die Zentralalpen. – 766 S., Wien (Deuticke) 1977.
- TOLLMANN, A.: Tektonische Neuergebnisse aus den östlichen Zentralalpen. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 191–200, Wien 1980.
- TOLLMANN, A.: Großtektonische Ergebnisse aus den Ostalpen im Sinne der Plattentektonik. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 37–44, Wien 1980.

- TOLLMANN, A.: Entstehung und früher Werdegang der Tethys mit besonderer Berücksichtigung des mediterranen Raumes. – Mitt. österr. geol. Ges., **77**, 93–113, Wien 1984.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Band 2, 710 S., Wien (Deuticke) 1985.
- TRAUTH, F.: Die geologischen Verhältnisse an der Südseite der Salzburger Kalkalpen. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **9**, 77–86, Wien 1916.
- TRAUTH, F.: Geologie der nördlichen Radstätter Tauern und ihres Vorlandes, I., II. – Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., **100** und **101**, Wien 1925 und 1927.
- TRÜMPY, R.: The timing of orogenic events in the Central Alps. – In: Gravity and Tectonics (DEJONG, K. A. & SCHOLTEN, R., Hrsg.), New York (J. Wiley) 1973.
- TRÜMPY, R.: Penninic-austroalpine boundary in the Swiss Alps. – Ann. J. Sci., **275A**, New Haven 1975.
- TRÜMPY, R.: Geology of Switzerland. A guide-book. Part A and B. – 334 S., Basel – New York (Wepf) 1980.
- TRÜMPY, R.: Die Plattentektonik und die Entstehung der Alpen. – Neujahrsblatt Naturforsch. Gesellschaft Zürich, 47 S., Zürich 1985.
- TRÜMPY, R. & HACCARD, D.: Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France. Les Grisons. – Compte-rendu somm. Soc. Géol. France, **1969**, 329–396, Paris 1969.
- WACHTEL, G. & WESSELY, G.: Die Tiefbohrung Berndorf 1 in den östlichen Kalkalpen und ihr geologischer Rahmen. – Mitt. österr. geol. Ges., **74/75**, 137–165, Wien 1981.
- WEIDICH, K. F.: Über die Beziehungen des „Cenomans“ zur Gosau in den Nördlichen Kalkalpen und ihre Auswirkungen auf die paläogeographischen und tektonischen Vorstellungen. – Geol. Rdsch., **73**, 517–566, Stuttgart 1984.
- WILLE-JANOSCHEK, U.: Stratigraphie und Tektonik der Schichten der Oberkreide und des Alttertiärs im Raume von Gosau und Abtenau (Salzburg). – Jb. Geol. B.-A., **109**, 91–172, Wien 1966.
- WITTLINGER, G. & HAESSLER, H.: Aftershocks of the Friuli 1976 Earthquakes and Tectonic Implications. – Inter-Union Comm., Scientific Report, **38**, 178–180, Stuttgart 1978.
- WOLETZ, G.: Charakteristische Abfolgen der Schwerminerale in Kreide- und Alttertiär-Schichten der nördlichen Ostalpen. – Jb. Geol. B.-A., **196**, 89–119, Wien 1963.
- WUNDERLICH, H. G.: Zur tektonischen Synthese der Ost- und Westalpen nach 60 Jahren ostalpiner Deckentheorie. – Geologie en Mijnbouw, **43**, 33–51, s'Gravenhage 1964.
- WUNDERLICH, H. G.: Wesen und Ursache der Gebirgsbildung. – Hochschultaschenbücher, Bibliographisches Institut, 367 S., Mannheim m1966.
- ZACHER, W.: Zur tektonischen Stellung der Vilsener Alpen. – Z. Dt. Geol. Ges., **113**, 390–408, Hannover 1962.
- ZACHER, W.: Die kalkalpinen Kreide-Ablagerungen in der Umgebung des Tannheimer Tales (Nordtirol). – Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. Hist. Geol., **6**, 213–228, München 1966.
- ZEIL, W.: Zur Deutung der Tektonik in den deutschen Alpen zwischen Iller und Traun. – Z. Dt. Geol. Ges., **111**, 74–100, Hannover 1959.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. März 1987.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [130](#)

Autor(en)/Author(s): Bauer Franz K.

Artikel/Article: [Die Stellung der Nördlichen Kalkalpen in einem Unterschiebungsbau der Alpen 113](#)