

Westvergente versus nordvergente Tektonik – Ein Beitrag zur Geschichte und zum Stand geologischer Forschung, gesehen von der Ost-Westalpengrenze her

Von RUDOLF OBERHAUSER*)

Mit 5 Abbildungen

Österreich
Schweiz
Liechtenstein
Ost-Westalpen-Grenze
Rhenodanubikum
Flysche
Kreide
Paleozän
Eozän
Tektonische Vergenzen
Seitenverschiebungen
Paläogeographie
Erforschungsgeschichte

Inhalt

Zusammenfassung	773
Abstract	774
1. Zur Erforschungsgeschichte	774
2. Ein Syntheseversuch	776
3. Zur Wende im Eozän	777
4. Zur Randspalten-Tektonik	780
5. Ausblick	781
Literatur	781

Zusammenfassung

Vom Beginn deckentheoretischer Vorstellungen am Anfang des Jahrhunderts bis heute gibt es einen Widerstreit über die Vergenz der Deckenbewegungen namentlich im Gebiet der Ost-Westalpen-Grenze. So dachten ROTHPLETZ (1902, 1905) und AMPFERER (1932), daß, nach der Sedimentation der Flysche im Tertiär, die Zentralalpen weit nach Westen auf diese überschoben worden waren. Dies stand im Widerspruch zu der von E. SUESS ausgehenden Vorstellung von Süd-Nord bewegter Tektonik.

In jüngster Zeit scheint eine Kombination plattentektonischer Überlegungen mit Gefügeanalysen (RING et al., etc.) den Beweis zu liefern, daß der Ostalpine Akkretionskörper sich von der Mittelkreide zum Untereozän westwärts vorarbeitete, während Flyscheintrag in die sich nach Westen und Norden erstreckenden tiefmeerischen Räume des Penninikums erfolgte. Das Umschwenken auf Nordbewegung (um 50 Mio. J.v.h.) bewirkt dann, infolge allmählicher tektonischer Überdeckung auch des nördlichen Penninikums bis zum Ende des Eozäns, ein Aufhören der Flyschsedimentation in den Ostalpen.

Die Akkretionserscheinungen in Verbindung mit Seitenverschiebungen dürften zu Obduktionen führen. Das kann aus dem Vorkommen von Chromit und selten auch Glaukophan, als Schwermineral in benachbarte Sedimentationsräume geliefert, abgeleitet werden. Dabei wird eine Herkunft als Erosionsprodukt aus hochgebrachten Serpentin- und Blauschieferschürflingen vorausgesetzt.

Im Bemühen, die Paläogeographie von der Kreide- zur Eozänzeit mit dieser Theorie in Einklang zu bringen, wird das Rhenodanubikum innerhalb des Südpenninikums eingeordnet. Dies solcherart, daß südlich von ihm ein Falknis-Sulzfluh-Tasna-Pieni-Hoch läge und nördlich jenes von Schams.

Das letztere würde sich als Rhenodanubische Nordschwelle nach Osten fortsetzen. Es läge dann dort südlich von ihr und schon im Südpenninikum das Rhenodanubikum mit Ostfortsetzung in die Greifensteiner Decke, und nördlich von ihr das Nordpenninikum mit Prättigau-, Unterengadin- und Tauernflysch (?), vielleicht mit Fortsetzung in die Laaber Decke im Wiener Wald. Südlich vom Rhenodanubikum nehmen wir eine Seitenverschiebungszone an, welche bis zum Untereozän den sich ostwärts erstreckenden Teil des Penninikums vom an ihm vorbei westbewegten Ostalpin abtrennt. Auch im Bereich der Rhenodanubischen Nordschwelle sind Seitenverschiebungen anzunehmen.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. RUDOLF OBERHAUSER, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

Diese Seitenbewegungen dürften in den Karpathen vor allem die an die Pieniden angrenzenden Räume der Maninzone etc., in den Ostalpen u.a. die Matreier- und Arosazone, aber auch noch das Pieniny-Tasna-Sulzfluh-Falknis Hoch in Raum und Zeit fortschreitend betroffen haben.

Schwierigkeiten ergeben sich beim Versuch, diese Westbewegung des Ostalpins mit den vorgosauischen tektonischen Abläufen in den Kalkalpen, die ein nordvergentes Bewegungsbild zeigen, zu verknüpfen. Vielleicht hilft es bei der Problemlösung, wenn man die transgressive Gosausedimentation ab dem Coniac in den Kalkalpen mit jener, welche im Campan über die Zentralalpen hinweggreift, genau vergleicht?

West-Directed versus North-Directed Tectonics – A Contribution to History and State of Geological Research as Seen from the Eastern/Western Alps Boundary

Abstract

From the starting of the nappe theory in the beginning of the century there were controversies concerning the direction of nappe-moving especially in the westernmost parts of the Eastern Alps. ROTHPLETZ (1902, 1905) and AMPFERER (1932) thought that there was a westward movement of the Eastern Alps' tectonic edifice after the sedimentation of the flysches in Tertiary times.

In coordinating plate tectonics and kinematic analysis now (RING et al., etc.) it seems to be proved that the west-directed motion of the East Alpine accretional cone happened during the time of flysch sedimentation on the surrounding Penninic seafloor, which was closed westwards step by step between about 110 and 50 Ma (Middle Cretaceous to Lower Eocene). Afterwards the change to a relative S-N motion initiates the end of flysch-sedimentation in the Eastern Alps by tectonically covering the Penninic domain to the north until the end of Eocene.

Accretional coning in combination with strike-slip movements may cause obductional phenomena which can be proved by chromite and rare glaucophane, distributed after erosion as heavy minerals and inside pebbles.

In looking for a paleogeographic pattern from Cretaceous to Eocene which is supporting this theory we try to place the Rhenodanubic zone inside the southern Penninic domain inbetween its Falknis-Sulzfluh-Tasna-Pieniny high to the south and the Schams high to the north.

The latter continues to the east with a southern Penninic Rhenodanubic domain to the south and a northern Penninic one, with Prättigau-, Lower Engadine-, Tauern-(?) and part of the Vienna Woods flysches to the north. Mainly south of the Rhenodanubic domain we presume a strike slip movement zone which separates until Lower Eocene this eastward-extending part of the Penninic, by involving its southernmost parts, from a westward-moving Austroalpine tectonic edifice.

Difficulties are arising in linking to it the pregosavic tectonic history of the Northern Calcareous Alps with northward-moved nappe systems. Comparing both, the transgressive Gosavian sedimentation on the north-directed Northern Calcareous Alps nappe system starting in Coniacian, and on the Central Alps tectonic edifice starting mainly in Campanian times, with its west-directed motion, may help to solve the problems.

1. Zur Erforschungsgeschichte

Der Gebirgsbau zwischen den Engadiner Dolomiten und dem Rheintal südlich des Bodensees zeigt von der Zeit von Eduard SUSS bis heute einen Ideenwiderstreit zwischen Vertretern von vorlandparallelen (westvergenten) und Vorland-vergenten Überschiebungen.

So konnte ROTHPLETZ im Schlußwort in den Alpenforschungen 1905 dem von ihm verehrten Eduard SUSS in seinen Ideen Süd-Nord-bewegter Tektonik nicht folgen, weil ihm, wiewohl „ganz voraussetzungslos an die Arbeit gegangen“ für die rhätische Schubmasse „nur die O-W-Bewegung wirkliche Befriedigung gewährte“. Und dies verstanden als zwischen nördlicher und südlicher Randspalte nach Westen vorstoßende Überschiebung der Ostalpen über das Unterengadiner Fenster hinweg (Abb. 1). So ordnete er 1902 seiner Unteren Rhätischen Überschiebung eine Förderweite von mindestens 40 km bis nach Glarus zu, und seine erläuternde Kartenskizze (1889) schaut nach TRÜMPY (1991: 395) „surprisingly modern“ aus. Für die Obere Rhätische Überschiebung, die weiterhin unser Thema ist, sah er Weiten von 30 km (Abb. 2). Auch SPITZ & DYHRENFURTH (1915) sahen Ost-West-Bewegungen.

AMPFERER (1932), der im allgemeinen nordgerichteten Deckenbau für die Kalkalpen aufzeigte, vertrat für Silvretta und Rätikon späte westvergente Aufschiebungen, wobei er, zur Seitenabgrenzung der Silvrettamasse,

steil stehende Verschiebungen (Randspalten im Sinne von ROTHPLETZ), vom Stanzer- zum Klostertal und – kaum gedanklich nachvollziehbar – auch im Hochrätikon, verlangte (Abb. 3).

Folgend dem weit vorausseilenden v. RICHTHOFEN (1859) trug auch die STEINMANN-Schule bei, aufbauend auch auf paläontologischer, namentlich mikropaläontologischer Forschung z.T. in metamorphen Bildungen. So begann die Tintinniden-Stratigraphie in Rätikon mit *Calpionella alpina* LORENZ 1902 und fanden SEIDLITZ (1913), SCHILLER (1906) und PAULCKE (1910) schon im ersten Jahrzehnt des Jahrhunderts in Bündner Schiefern im Rätikon und Antirätikon altersweisende Foraminiferen und Kalkalgen der Kreide und des Tertiärs, wodurch die Überschiebung zeitlich eingeordnet werden konnte. Im tektonischen Denken folgte STEINMANN (1905) den Vorstellungen über nordvergente (Vorlandvergente) Deckentektonik von LUGEON (1902) und TERMIER (1903) sowie einer diesbezüglichen Frage von BLAAS (1902) – und damit „dem Stein, den Eduard SUSS 30 Jahre vorher (1875) ins Rollen gebracht“.

Folgend neuen gefügekundlichen Vorstellungen, wie sie vor allem in Zürich, Graz und Tübingen entwickelt wurden, gilt das austroalpine Stockwerk von der Unterkreide bis zum Untereozän heute als vorherrschend westvergent bewegt und dabei Süd- bis Mittelpenninische Räume einbeziehend, um dann bis zum Obereozän nordvergent den restlichen penninischen Raum,

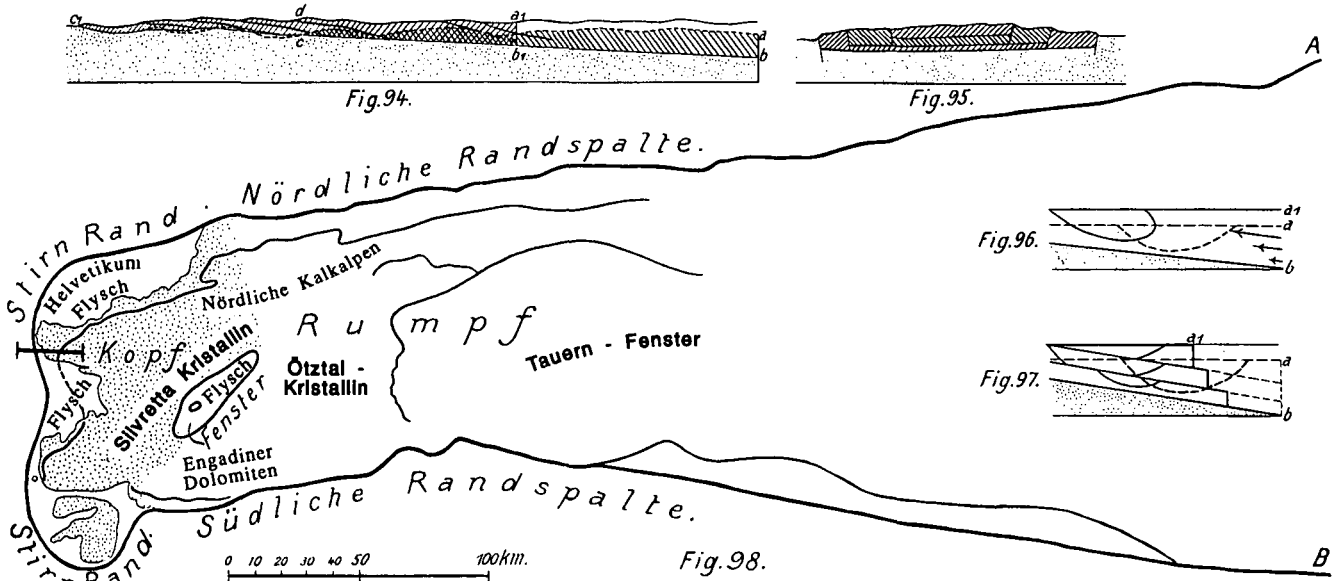


Fig. 94. Längsschnitt durch den Kopf der rhätischen Überschiebung. c-c-a die ursprüngliche, c'-d-a' die jetzige Gebirgsoberfläche. c-b die Abspaltungsgelfläche. Fig. 95. Querschnitt des Rumpfes. Fig. 96. Umriss der rhätischen Schubmasse von dem Ostrand der Alpen bis zu ihrem Kopfende. Fig. 97. a frühere, a' jetzige Oberfläche. Umwandlung der schrägflurigen Bogenlinie in die ausgetrennte durch die Schubbeschleunigung in höheren Horizonten. Fig. 98. Umwandlung einer normalen Mulde ebendadurch in schuppenförmige Stücke. — Fig. 94, 95 und 98 im Maßstabe von 1:2000 000.

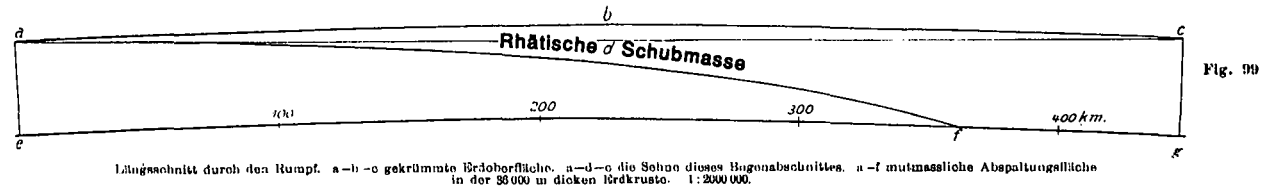


Abb. 1. Tafel V mit Fig. 94-99 aus ROTHPLETZ (1905): Ausdehnung und Herkunft der Rhätischen Schubmasse. Mit eingefügten, kommentierenden Erläuterungen in anderer Schrift.

und nachfolgend Teile des Vorlandes unter sich zu begraben (vg. RING et al., 1988, 1989; RATSCHBACHER et al., 1989). So kehren heute die Ideen westvergenter Tektonik zurück. Jedoch mit einem großen Unterschied. Damals galt die westvergente Tektonik als nacheozän und daher jünger als die nordvergente. Heute sieht man das umgekehrt! Früher glaubte man die West-Überschie-

bung des Ostalpins folge der Flyschablagerung nach. Heute nimmt man an, die Überschiebung gehe der Flyschablagerung zunächst zeitlich voraus, begleite und bedränge sie aber später von Osten und Süden her. Jedoch muß man sich weiterhin mit dem Phänomen steilstehender, seitenverschiebender Verschiebflächen befassen, wenn sie auch, wie hier, durch nachfolgende nordvergente Tektonik weggebügelt wurden.

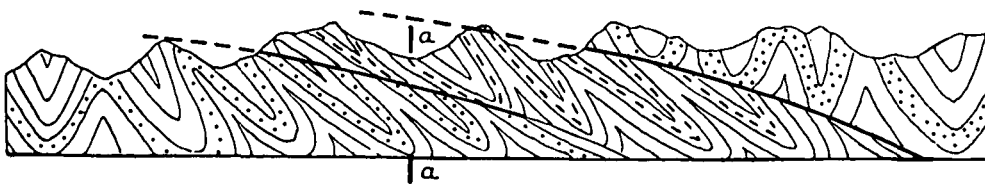


Fig. 8. Schematische Darstellung der zwei rhätischen Überschiebungen ohne Berücksichtigung der späteren bei a-a eingetretenen Störung.

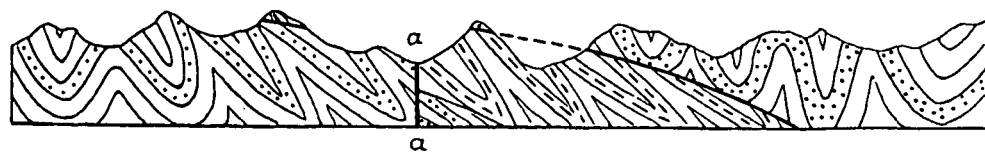


Fig. 9. Schematische Darstellung der späteren Störung (Absinken des Gebirges rechts der Spalte a-a) die im Rheinthal zwischen Chur und Bodensee eingetreten ist.

Abb. 2. Fig. 8 und 9 aus ROTHPLETZ (1902): Das Gebiet der zwei großen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und dem Engadin.

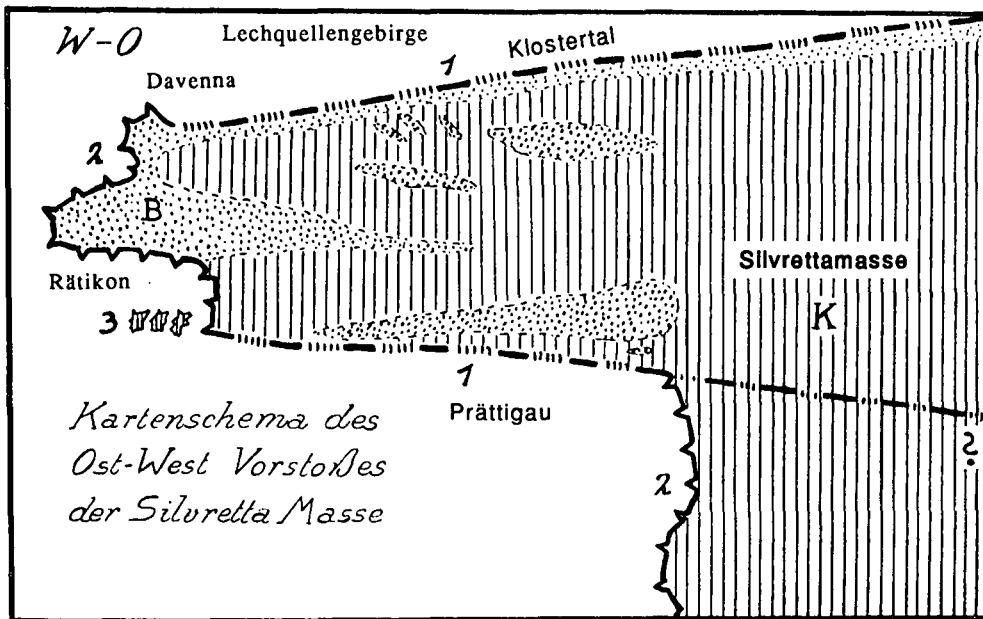


Fig. 14. 1 = steilstehende Verschubsbahn. 2 = flachliegende Schubfläche. 3 = Schubschollen. K = Silvrettakristallin. B = Auflagerungen von Verrucano-Buntsandstein und jüngeren Schichten. Zu Fig. 14 stellt Fig. 15 einen schematischen Längsschnitt dar.

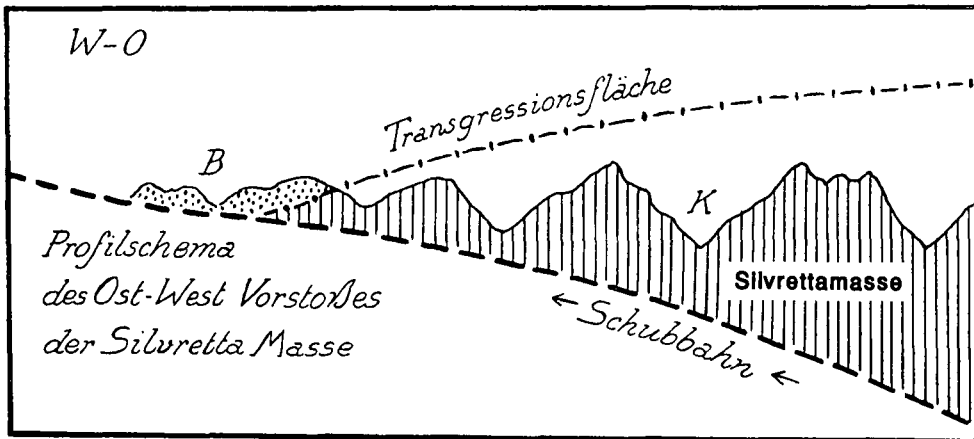


Fig. 15. Schematische Darstellung der Zuspitzung des Westendes der Silvrettamasse zwischen der Hangendtransgression und der Liegendenschubfläche.

Abb. 3.
Fig 14 und 15 aus AMPFERER (1932):
Zur Großtektonik von Vorarlberg.
Mit eingefügten, kommentierenden
Erläuterungen in anderer Schrift.

2. Ein Syntheseversuch

Ein Versuch, diese Vorstellungen aus der Sicht der westlichen Flysche zu prüfen und im Hinblick auf die größeren Zusammenhänge, paläogeographische Karten der gesamten Ostalpen, für die Zeit des Valang, des Barrême-Apt, des Alb, des Turon, des Maastricht-Paläozän sowie des Unter-, Mittel- und Obereozän, zu zeichnen, ergab folgendes Konzept.

Diese Annahme westvergenter Bewegungen im Ostalpin und im südlichen Penninikum von der Mittelkreide- bis zur Untereozänzeit von der Steiermark bis nach Graubünden fördert den Gedanken einer paläogeographischen Verbindung der Flysche des Prättigaus mit südlich anschließender Schamser Schwelle über Bündner Schiefer im Unterengadiner Fenster und in den Schieferhüllen der Tauern zu Flyschen des Wienerwaldes. Falls man, wie im Westen am Alpenrhein, auch im Wienerwald eine Divertikulation der Flysche annimmt, ergäbe sich eine Verbindung zur Laaber Decke! Und mit klarem Verband jene des Rhenodanubikums des Westens zur Greifensteiner Decke.

Ebenso ist so eine Verknüpfung der Falknis-Sulzfluh-Tasna-Schwelle als intrapiemontesisches Element zu

den Pieniden und jene der Arosazone über die Matreier Zone in die Trennfuge nördlich des Hochatrikums vertretbar. Die Schamser Einheit verbliebe als Mittelpenninikum und würde nach Osten als Nordschwelle des Rhenodanubikums figurieren. Von ihr wäre der frühkretazische Haunsberg-Wildflysch N Salzburg eventuell zu beziehen (FRASL et al., 1987). Auch die Verteilung der Aptychen- und der Tristelschichtenfazies liefert Hinweise über den Verlauf der tiefmeerischen Verbindungswege vom Nordatlantik zur Tethys. Kommt das Piemontaise von Südwesten herein, dann kann es nur durch westvergente Tektonik zugeschoben werden.

Im Alb stünde die Front des Ostalpins hinter einer Südfortsetzung des Böhmisches Massivs. Vom Cenoman zum Turon verursachen tiefgreifende Unterschiebungen im, durch aktiven Wärmefluß aufbereiteten, kristallinen Stockwerk westvergente Tektonik und eine fortlaufende Rechtsseitenverschiebung des Ostalpins relativ zu Europa. Letzteres durchaus in Sinn von ROTH-PLETZ (1905)!

Ebenso bewirken sie ein Abheben der Kalkalpen vom Untergrund in ihren Salinarbereichen mit nachfolgendem Abgleiten nach Norden in einen tiefermeerischen Raum hinunter, wobei vorgosauischer Deckenbau ent-

steht. Darauf transgrediert eine Gosau kalkalpiner Prägung!

Von Nordwesten bis Westen untergreifende Akkretionen bauen bis zur Untercampan-Zeit am Deckenbau der Zentralalpen mit. Nachfolgend transgrediert hier die Gosau zentralalpiner Prägung, welche wenig Beziehung zur Kalkalpengosau hat und sich deutlicher mit den Kreide- und Eozänbildungen in Ungarn und im dinarischen Raum verbinden lassen dürfte.

Im Stirnbereich und (oder) im Anstoßbereich nach Norden kommt es zur Obduktion von Ophiolithen, welche ab der Mittelkreide ins umliegende Meer und nach Süden in die Kalkalpen Chromspinell als Schwermineral liefern.

Nach isostatisch kontrollierter Landformung im Maastricht geht im Paleozän–Untereozän die Westverschiebung weiter, wobei im Paleozän das Rhenodanubikum seitlich an die Kalkalpen angebunden wird. Vor dem Mitteleozän schwenkt die Verschiebungsrichtung des Ostalpins nach Nord und sinkt vor ihm der noch offene Penninikum-Teil des Prättigau etc. soweit ab, daß er vom Ostalpin mit seiner rhenodanubischen Stirn ohne größere Akkretionen überquert werden kann. Sie erreicht mit dem Obereozän den helvetischen Schelf. Im nach Norden wandernden Graben bilden sich Wildflysche und nachfolgend ein Restflyschbecken, aus dem sich die Molasse entwickeln wird.

Vom Unterinntal nach Osten kommt es im Kollisionsbereich zum Nordkontinent zur Obduktion von Ophiolithen, welche heute, nach magnetischer Evidenz, auf seinem Südrand unter den Kalkalpen liegen und vorher im Obereozän diese mit Chromspinell beliefert haben mögen.

Das heutige Bild der nördlichen Ostalpen entstand durch weiterlaufende Akkretion von Norden her wodurch der Alpenkörper auf den Schelf hinaufwanderte. Dabei wurde schrittweise das Helvetikum und die sich ablagernde Molasse in eine nordvergente postuntereozäne Tektonik einbezogen.

Da in den Kalkalpen zudem eine nordgerichtete kretazisch–vorgosauische Abgleittektonik wirksam war, ist nicht verwunderlich, daß die westvergente Tektonik ihres Untergrundes, welche vorher, gleichzeitig und nachher vor sich ging, in ihnen nicht auffällt und nur tiefer im Alpeninneren nachweisbar werden konnte.

Da die Illustrierung der tektonischen Gesamtabläufe einer ausführlicheren Befassung vorbehalten werden soll, wird hier nachfolgend nur die Situation im Untereozän anhand einer Skizze erörtert. Zu dieser Zeit soll nach der vorgetragenen Theorie die Wende von der westvergenten zur nordvergenten Tektonik sich vollziehen (Abb. 5).

3. Zur Wende im Eozän

Nach RING et al. (1988) wurde aufgrund gefügekundlicher Untersuchungen an ins Paleozän eingestuftes Gesteinen im Rätikon (vermutlich Couches rouges?) sowie an ins Paleozän bis ins Untereozän mittels Globorotalien, Discocyclinen und Nummuliten eingeordneten Flyschen der Fimberzone im Unterengadiner Fenster (RUDOLPH, 1979, 1982; OBERHAUSER, 1983) der Wechsel der Transportrichtung von WNW auf N in die Zeit von etwa 40–50 Mio. J. vor heute eingeordnet. Das wäre ins obere Unter- bis Mitteleozän, was auch mit dem Sedimentationsabschluß im Falknis-, Prätti-

gau- und Triesner Flysch im Liechtenstein im Untereozän harmoniert. Der Rhenodanubische Flysch scheint in Vorarlberg mit Maastricht zu enden.

Vom Paleozän übers Unter- zum Mitteleozän steigt Flyschfazies in den nördlichen vor dem Rhenodanubikum situierten Wildflyschbildungen Vorarlbergs auf, wobei verschiedenartigste Fazies vermischt wurde, und greift als Globigerinenflysch mit Mitteleozän ins Helvetikum hinaus. Wobei, analog vom Unter- zum Obereozän aufsteigend, nördlich davor die Globigerinenmergel abgelagert wurden. Ebenso mit zunehmender Schichtlücke von unten her, als ihre Vor- bzw. Unterlage, quarzsandig- glaukonitische, oft auch eisenschüssige, oder auch kalkige, Nummulitenschichten. Diese steigen im Vorarlberg vom Paleozän zum Mitteleozän auf. (Abb. 4).

Für die Erörterung der Paläogeographie geht man am besten vom heutigen Übergangsgebiet zwischen Alpen und Karpathen aus. Hier bestand vom Maastricht zum Paleozän ein weiträumiges Flyschmeer, das aus dem ostalpinen Raum heraus vom Schutt eines durch isostatische Kräfte aufsteigenden Gebirges beliefert wurde. Festland ist nach heutiger Geographie im Gebiet vom Wechsel über die südliche Steiermark bis in die Krappfeldgosau anzunehmen, in letzterer sind um die Kreide-Tertiärgrenze terrestrische Bildungen überliefert.

Nach Norden und Westen im Maastricht Flachwasser mit grobem Orbitoiden-Sand und im Paleozän ein Lithothamienriff, welches, durch ein Hoch in den Pieniden, die Karpathen mit dem Bereich der heutigen südöstlichen Kalkalpen verbindet. Seine westlichen Fortsetzungen sind durch zahlreiche Gerölle in der Molasse Bayerns und des Tiroler Unterinntals erwiesen (HAGN, 1989 etc.). Auf Hochgebieten in den Kalkalpen sedimentieren planktonreiche Foraminiferenmergel in Nierentaler Fazies, welche nach dem vorher erfolgten westvergenten Zuschub der Arosazone mit den Couches rouges des Falknis-Sulzfluh-Tasna Hochs zusammenrücken. Auf der tieferliegenden Kalkalpenstirn und im Rhenodanubischen Flysch ersticken Turbiditlieferungen von Süden von Zeit zu Zeit den sandschaligen Foraminiferen-Benthos.

Für nördlichere Flyschräume sperrt die Rhenodanubische Nordschwelle, welche das Briançonnais mit einer Hochzone zwischen Magura und Silesikum verbunden haben mag, weitere Zulieferung von Süden ab. Daher dominiert nördlich von ihr ein anderes Schwermineral-Regime mit vorherrschender Lieferung von Westen und Norden im Prättigau, Unterengadiner Fenster (THUM, 1970), ?Tauernflysch und in den Hoisschichten im Wienerwald. Flachmeerische Bildungen des Nordens fehlen im Südspornbereich des Böhmisches Massivs, sind aber Karpathen-wärts in der Waschbergzone und nach Westen im Helvetikum ausgewiesen.

Wenn man für den Bereich Maastricht–Paleozän isostatische Landformung bei fehlender Subduktionsaktivität diskutieren kann, und solches für den östlichen Ostalpen teil noch bis ins Untereozän anhalten mag (Fehlen von Eozän in der Gosau Niederösterreichs etc.), so gilt das für die Untereozänzeit schon nicht mehr für die westlichen Ostalpen, was wiederum die Gerölluntersuchungen HAGN's aus der Faltenmolasse belegen, welche hier Meeresbedeckung anzeigen.

Argument dafür sind außerdem hier die vorgenannten, gefügekundlichen Nachweise von Westvergenz in

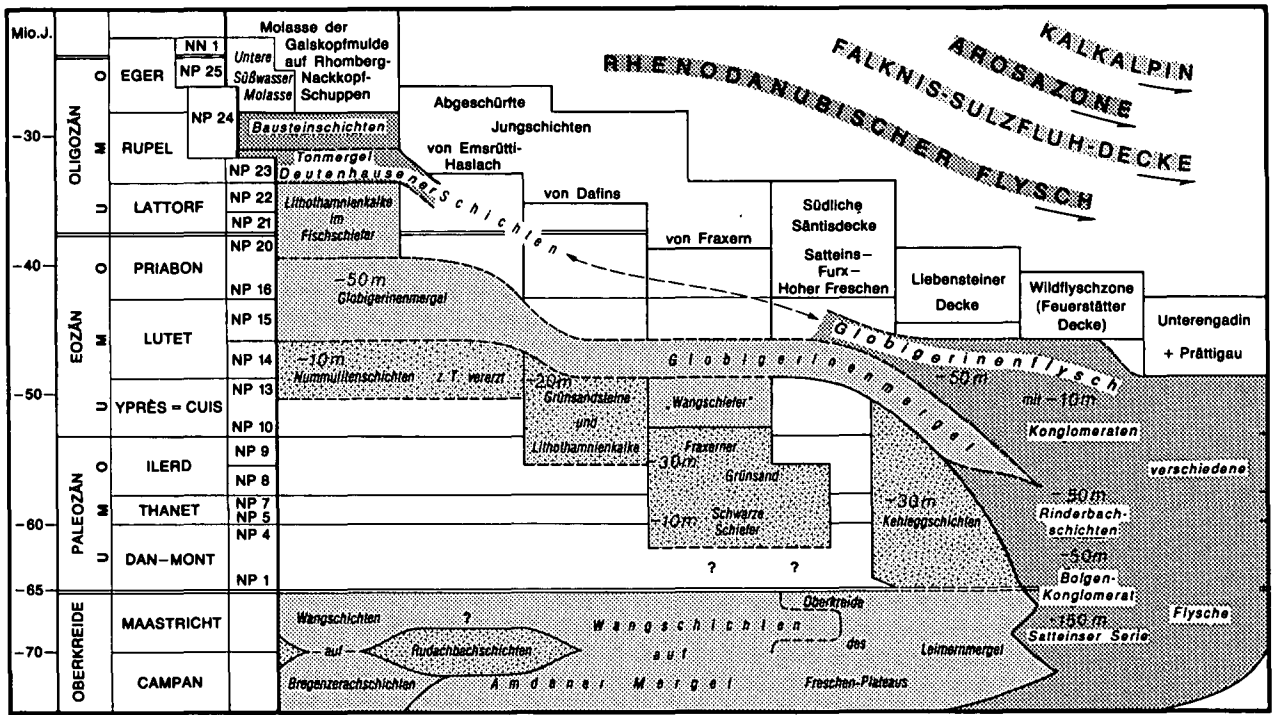


Abb. 4. Die Schichtfolge der höchsten Oberkreide und des Alttertiärs im Helvetikum und nördlichen Penninikum in Vorarlberg unmittelbar vor ihrer nordvergenten Tektonisierung zur Molassezeit, mit aufliegendem, vorher bis zum Ypres (Cuis) westvergent bewegtem, südpenninisch-ostalpinem Deckel.

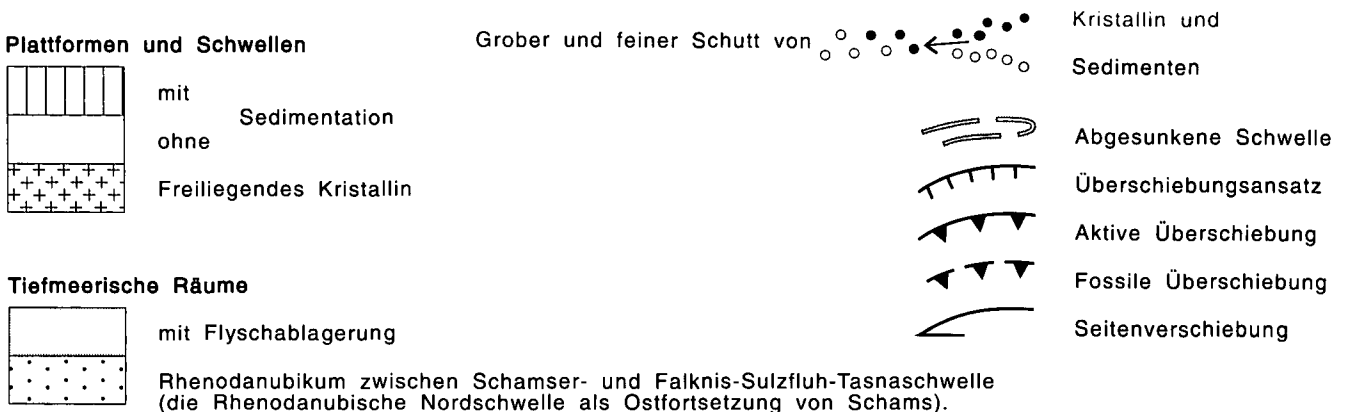
Paleozän- bis Untereozängesteinen im Unterengadin und Rätikon, welche ein sehr rasches Westvorrücken ihrer Überlagerung zwingend erfordern. Das Rhenodanubikum kommt dabei von Wien bis Salzburg unmittelbar neben und, von dort bis zum Rhein, unter den zunächst noch westwärts fahrenden ostalpinen Schlitzen, und wird von ihm mitgeschleppt.

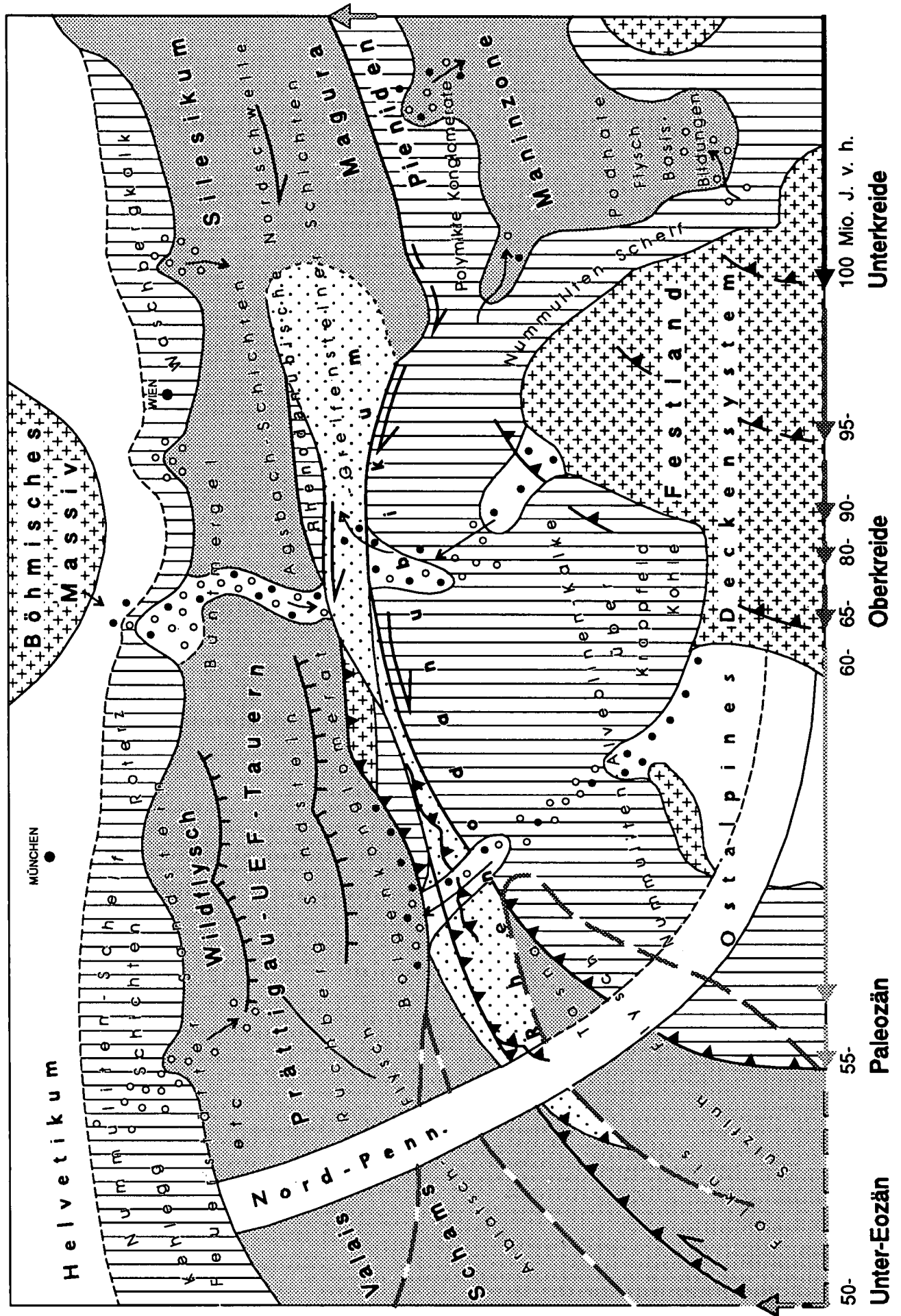
Es sinken davor die Falknis-Sulzfluh-Tasna-Schwelle in die Tiefe und werden deren Couches rouges nun von Turbiditsedimentation zugedeckt, welche auch das Arblatsch-Flysch-Gebiet, den Prättigau Flysch mit dem Ruchberg Sandstein und die Räume der Laaber Decke des Wienerwaldes mit Agsbachschichten, und das paläogeographisch hier noch offene Rhenodanubikum mit Greifensteiner Sandstein, mit großen Mächtigkeiten auffüllt.

Mit der Wende nach Norden setzt dann das Ostalpine Deckengebäude zum Schub in Richtung Vorland an, um bis zum Mitteleozän das Rhendanaubikum des Wienerwaldes (den untereozänen Greifensteiner Sandstein mit Fortsetzungen in tonmergeliger Fazies bis nach Salzburg) sowie nachfolgend die nördlich seiner Nordschwelle gelegenen, oben genannten Räume abzudecken. Nur noch im Laaber-Decken-Bereich des Wienerwaldes persistiert Flyschsedimentation bis in Obereozän, was karpathische Verhältnisse ankündigt. Dies ermutigt mich diesen Ablagerungsraum als nördlichsten anzusehen.

Während der nordvergenten Überquerung des Restpenninikums beliefert sowohl die südliche Deckenfront den Restrog mit teils feinklastischen Sedimenten wie Junghansenschichten, grobklastischen wie Bolgenkonglomerat.

Abb. 5. Paläogeographische Skizze der Untereozän-Zeit für die Ostalpen. Im Untereozän greift die Flyschsedimentation in den westlichen Ostalpen von Norden über die absinkenden Mittel- und Südpenninischen Schwellen hinweg, bis hin zur Subduktionsfront, der von West- auf Nordvergenz einschwenkenden, ostalpinen Deckenstirn.





glomerat oder Ophiolith-, und Aptychenschichten-Schürflingen im Wildflyschverbund, als auch der nördliche Schelf z.B. mit Globigerinenflysch, Leimern- und Globigerinenmergel-Segmenten, oder vom Böhmischem Massiv her, mit dem granitbürtigen Greifensteiner Sandstein und noch länger anhaltend, mit Agsbachschichten.

Ophiolithaufschlüsse in Niederösterreich aber auch am Molasserand im Bregenzerwald, sowie massive Spinell- und spärliche Glaukophanlieferung ins Unterinntal-Tertiär, vermutlich von Norden in die Kalkalpen (SCHNABEL et al., 1979) lassen auch Schlüsse auf Obduktionserscheinungen (ALLERSMEIER, 1981: 66) aus dem penninischen Untergrund herauf für die Eozänzeit zu. Dies vor allem von Tirol nach Osten, wo auch heute noch, nach Aussage magnetischer Untersuchungen, ein Ophiolithkörper unter den Kalkalpen liegt (HEINZ, 1990).

4. Zur Randspalpentektonik

Wenn wir auch heute dessen gewiß sind, daß eine durch Rechts-Seitenverschiebung entstandene, große longitudinale Randspalte, welche nach ROTHPLETZ die Rhätische Schubmasse am Kalkalpennordrand von Niederösterreich bis an die Iller bei Hindelang nach Norden abgrenzt, nicht vorkommt, so ist es namentlich im Lichte der Plattentektonik durchaus plausibel, daß Bewegungen solcher Art in der Baugeschichte der Alpen ihre Rolle spielen. So sind bereits seine Kommentare zur südlichen Randspalte im Vintschgau, oder vom Pustertal über das Gailtal bis zu den Karawanken durchaus lesenswert; namentlich seine Versuche, zeitlich einzuordnen, anhand jüngerer Ablagerungen und vulkanischer Bildungen, welche von ihrer Bewegung noch, oder nicht mehr betroffen wurden. Daher nimmt er für den Ablauf der großen rhätischen Überschiebung die Wende vom Unter- zum Mitteloligozän als wahrscheinlich an, will aber noch jüngeres Alter nicht ausschließen. Auch in anderen Längstätern der Alpen vermutete er, und andere, daß Seitenverschiebungskräfte am Werke waren und sind.

Letztlich befasst sich unsere moderne Strukturgeologie etwa unter einem Titel wie "Plate boundary kinematics in the Alps" teilweise mit denselben Erscheinungen, und spricht von Transpressionstektonik. Man hat aber, wiewohl von der Notwendigkeit einer nur horizontalen Kraftübertragungsmöglichkeit durch die Plattentektonik völlig befreit, große Schwierigkeiten, die angebrochenen geologischen Sachverhalte durch Seitenverschiebungstektonik befriedigend zu erklären.

- ① Wie ist es z.B. möglich, daß von einem westvergent bewegten Ostalpin, die nordvergenten Sedimentdecken der Kalkalpen in einen Seitenverschiebungsraum hinein oder über diesen hinweggleiten, ohne daß dieser auffällig durchpaust?
- ② Haben die u.a. durch Schwerminerallieferungen (Spinell, selten auch Glaukophan) ins Umland wahrscheinlich gemachten Obduktionen von der Mittleren zur Höheren Kreide (WOLETZ, 1963, 1967; MIRSCHIK et al., 1980; BIRKENMAJER, 1986, Fig. 5; LÜDIN, 1987; WINKLER, 1988; MISCHIK, 1991, etc.) oder im Eozän-Oligozän (SCHNABEL et al., 1976; ALLERSMEIER, 1981) mit Vorgängen im Seitenverschiebungskontaktbereich zu tun, oder mit solchen an der Subduktionsfront, oder solchen an beiden Orten? Zum Nachdenken über verschwundene Liefergebiete mahnen rätselhafte Geröllspektren karpathischer Fortsetzungen (Tethyale Trias, Blauschiefer, Jurasische saure Vulkanite etc.).
- ③ Hat jener Wärmeanstieg bis zur Mittelkreidezeit, welcher in der Kalkalpenbasis die Möglichkeit radiometrischer Einstufung erlaubt (FRANK et al., 1987) und Inkohlung förderte (PETSCHIK, 1989), die altpaläozoische tektonische Aktivität ausgelöst, oder wurde die Erwärmung durch letztere verursacht. Immerhin grenzte im Gebiet der späteren nördlichen Kontaktfläche des Ostalpins vor und am Anfang seiner Westbewegung eine erwärmte und bewegte Südplatte an eine vielleicht kühlere und vermutlich ruhende, meist aufgrund der Schwereunterschiede tieferliegende, Nordplatte, wobei die Kräfte der schiefen Ebene die nachfolgende, vorgosauische Kalkalpentektonik verursachen dürften. Diese bewirkten eine mehrfache Wiederholung von unten nach oben aufgewärmter Schichtverbände im Dekkenstapel!
- ④ Wenn man vom basaltischen Vulkanismus absieht, der im Rahmen der Ozeanisierungsvorgänge anzunehmen ist, so gibt es wenig Hinweise für Vulkanismus von der Kreide zum Eozän innerhalb, oder nördlich und südlich der Randspalte. Erwähnt seien die Ehrwaldite in den Tiroler Kalkalpen, von TROMSDORFF (1989) radiometrisch ins Alb eingestuft, und nach ihm als Basanite jede Subduktions-Aktivität im Umraum für diese Zeit noch ausschließend, aber auch pyroklastische Sedimente, welche EGGER (1989) aus dem Grenzbereich Paleozän-Untereozän im Rhenodanubikum Salzburgs erwähnt. Dies könnte über die Randspalte hinweg mit Tuffgeröllen in Aufarbeitungslagen im Untereozän der Gosau am Untersberg-Nordfuß in Salzburg im Zusammenhang stehen (HILLEBRANDT, 1962: 346). Falls dem so ist, wäre dies ein weiteres Signal dafür, daß im Untereozän der Flysch und die Kalkalpen von Salzburg dort schon endgültig beieinander liegen, und daher die Zeit der Westvergenz für letztere vorüber war.
- ⑤ Wie war überhaupt die marine Geographie in dieser Zone? Nur für die Zeit vom Obercampan bis ins Untere Paleozän möchte ich hier isostatisch kontrollierte Landformung annehmen und dadurch verursacht, über die noch durch oberflächennahe Ophiolithe unterlegte Kalkalpenstirn hinweg in den Flyschraum hinunter eine steilere Böschung mit submariner Erosion (FAUPL et al., 1987). Vorher und nachher sollten jedoch die Seitenverschiebungskräfte bestimmen.
- ⑥ Wie sah der Umraum aus? Wurde obduziert, wurde verschluckt? Was blieb im heutigen Alpenbau von jenen Seitenverschiebungsflächen erhalten? Wurden sie durch die junge nordvergente Tektonik, welche die Kalkalpen letztlich ins Molassebecken hinaus driften ließ, völlig weggebügelt?
- ⑦ War es eine schmale oder eine relativ breite Zone, in welcher schon im Ablauf der Seitenverschiebung, teils verschluckt, teils submarin, teils von Inselstreifen weg, erodiert wurde? Oder es erfolgten diese Vorgänge, vollständig oder teilweise, erst den Verschiebungen jeweils nachfolgend – immer mit dem Resultat, daß heute nichts mehr wirklich nachweisbar ist?

- 8 Wie kann man die in Mittelkärnten angezeigten tektonischen Abläufe vor der dort erst im Campan einsetzenden Gosausedimentation (B_1 : NW–SE-Achsen mit SW-Vergenz, B_2 : N–S- bis NE–SW-Achsen ohne Vergenz) und die die Gosau erfassende B_3 Verfallung, der N–S-streichende Faltenachsen fehlen, zu einem Gesamtbild fügen (APPOLD, 1989; NEUMANN, 1989; v. GÖSEN, 1989; WILKENS, 1989)? Ergibt sich vielleicht doch, daß hier die Westvergenz früher erlischt als im Westen? Durch gleiche Richtungsmuster zu erschließen, ergeben paläomagnetische Untersuchungen von AGNOLI et al. (1989) auch noch für das Maastricht hier im Krappfeld eine enge Verbindung zu altersgleichen Sedimenten auf der adriatischen Platte. Wird sich dies im Laufe des Eozäns nach der nordvergenten Überschiebung der „Randspalte“ ändern?

5. Ausblick

Auffällig ist auf jeden Fall, daß abgesehen von der vermuteten Ruhezeit vom Obercampan zum Paleozän, vorher und nachher, die Kreide- und Eozänsedimente der Flyschzone und der Kalkalpen kaum Beziehungen haben, was wahrscheinlich macht, daß einiges fehlt. Zumal eingeschürfte Klippen, falls sie vorliegen, faziell große Eigenständigkeit zeigen.

Plausibel wäre es, die theoretischen Fortsetzungen der Pienidischen Klippenzone der Karpathen (vgl. BIRKENMAJER, 1986) unter dem ostalpinen Deckel durch zu einer intrapiemontesischen Tasnaschwelle im Engadin, als den, heute im Rahmen der nachuntereozänen Nordvergenz flachgelegten und ausgedünnten, Hauptseitenverschiebungsbereich am Nordrand der Adriatischen Platte anzusehen. Auch der Bereich der Rhenodanubischen Nordschwelle wäre für die Paleozän–Untereozän-Zeit auf Seitenverschiebungserscheinungen zu überprüfen.

Geröllstudien in den Jungschichten auf dem Alpenkörper und im Vorland, wie sie besonders intensiv von München aus betrieben werden, sowie Schwermineraluntersuchungen, ein traditionelles Arbeitsgebiet der Geologischen Bundesanstalt in Wien, bedürfen weiterhin großer Beachtung. Ein wichtiges Tätigkeitsfeld für die Radiometrie wäre, mitzuhelfen bei der Lösung der Frage, wann und wo alpidisch neugebildete oder weitergewachsene Minerale als Einzel-Klastika oder in Geröllen in den Jungschichten auf dem Alpenkörper und in der Molasse des Vorlandes auftauchen! Das würde auch die Kenntnis der Abtragungsgeschichte der Alpen sehr fördern.

Weiter nachzuforschen bleibt auch, ob die bis zum Untereozän als westvergent ablaufend gesehene Tektonik, nicht nur durch Ruhepausen, sondern auch einmal, oder wiederholt durch Abläufe mit anderen Vergenzrichtungen, unterbrochen wurde. Dazu mahnte vor allem der vorgosauische Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen und eine darüber transgredierende Gosau. Letztere auch wegen ihrer Verschiedenartigkeit von der Gosau der Zentralalpen.

Literatur

AGNOLI, F., MAURITSCH, H. & REISINGER, J.: Paläomagnetische Ergebnisse aus Perm und Oberkreide der Gurktaler Decke. – Arbeitstagung Geol. B.-A., Wien 1989.

- ALLEMANN, F., SCHWIZER, B. & MARTIN, B.: Geologische Karte des Fürstentums Liechtenstein 1 : 25.000 – Regierung FL Vaduz 1985.
- ALLERSMEIER, Chr.: Geröllbestand und Entstehung des inneralpinen Obereozäns im Gebiet von Kössen (Tirol) und Oberaudorf (Oberbayern). – Diss. München 1981.
- AMPFERER, O.: Zur Großtektonik von Vorarlberg. – Jb. Geol. B.-A., **82**, Wien 1932.
- APPOLD, T.: Die Permotrias des Krappfeldes. – Arbeitstagung Geol. B.-A., Wien 1989.
- BIRKENMAJER, K.: Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt of the Carpathians. – *Studia Geologica Polonica*, **88**, Warschau 1986.
- BLAAS, J.: Geologischer Führer durch die Tiroler- und Vorarlberger Alpen. – Innsbruck 1902.
- CADISCH, J., BEARTH, P. & SPAENHAUER, F.: Erläuterungen zu Blatt 420 Ardez. – Geol. Atlas Schweiz 1 : 25.000, Bern 1941.
- EGGER, H.: Zur Geologie der Flyschzone im Bundesland Salzburg. – Jb. Geol. B.-A., **132**, Wien 1989.
- FAUPL, P., POBER, E. & WAGREICH, M.: Facies development of the Gosau Group of the eastern parts of the Northern Calcareous Alps during the Cretaceous and Paleogene. – In: FAUPL, P. & FLÜGEL, H.W. (Eds.): *Geodynamics of the Eastern Alps*, Wien (Deuticke) 1987.
- FRANK, W., KRALIK, M., SCHARBERT, S. & THÖNI, M.: Geochronological Data from the Eastern Alps. – In: FAUPL, P. & FLÜGEL, H.W. (Eds.): *Geodynamics of the Eastern Alps*, Wien (Deuticke), 1987.
- FRASL, G. & FLÜGEL, E.: Clasts from the Haunsberg Wildflysch (N of Salzburg) – Implications of the Northern Border Zone of the Rhenodanubian Flysch Trough. – In: FAUPL, P. & FLÜGEL, H.W. (Eds.): *Geodynamics of the Eastern Alps*, Wien (Deuticke) 1987.
- GÖSEN, W.v.: Tektonisch-metamorphe Entwicklung der Gesteinsserien des Mittel- und Oberostalpins auf ÖK Blatt 186 St. Veit/Glan. – Arbeitstagung Geol. B.-A., Wien 1989.
- HAGN, H.: Über einige bedeutsame Kreide- und Alttertiärgerölle aus der Faltenmolasse des Allgäus. – *Geologica Bavarica*, **94**, München 1989.
- HEINZ, H. & SEIBERL, W.: Magnetic structures of the eastern Alps west of the Tauern window. – *Mem. Soc. geol. suisse*, **1**, 1990.
- HERB, R.: Eozäne Paläogeographie und Paläotektonik des Helvetikums. – *Ecl. Geol. Helv.*, **81**, Basel 1988.
- HILLEBRANDT, A.v.: Das Alttertiär im Becken von Reichenhall und Salzburg (Nördliche Kalkalpen). – *Z. deutsch. Geol. Ges.*, **113**, Jg. 1961, Hannover 1962.
- LORENZ, T.: Geologische Studien im Grenzgebiete zwischen helvetischer und ostalpiner Fazies. II. Teil, südlicher Rhätikon. – *Ber. Nat. Forsch. Ges.*, **XII**, Freiburg 1902.
- LÜDIN, P.: Flysche und tektonische Melanges im südpenninisch/unterostalpinen Grenzbereich (Arosa-Zone; Mittelbünden und Rätikon). – Diss. Basel 1987.
- MISCHIK, M.: Problems of the Pieniny exotic ridge: Possibilities of Microfacial Pebble Analysis. – Vortrag am Inst. f. Geologie, Univ. Wien, 1991.
- MISCHIK, M., JABLONSKY, J., FEJDI, P. & SYKORA, M.: Chromian and ferrian spinels from Cretaceous sediments of the West Carpathians. – *Miner. Slov.*, **12**, Bratislava 1980.
- NEUMANN, H.: Die Oberkreide des Krappfeldes. – Arbeitstagung Geol. B.-A., Wien 1989.

- OBERHAUSER, R.: Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. – Jb. Geol. B.-A., **111**, Wien 1968.
- OBERHAUSER, R.: Die postvariszische Entwicklung des Ostalpenraumes unter besonderer Berücksichtigung einiger für die Metallogenese wichtiger Umstände. – Verh. Geol. B.-A., **1978**, Wien 1978.
- OBERHAUSER, R.: Mikrofossilfunde im Nordwestteil des Unterengadiner Fensters sowie im Verspalaflsch des Rätikon. – Jb. Geol. B.-A., **126**, Wien 1983.
- PAULCKE, W.: Tertiär im Antirhätikon. – Z. Min. Geol. Paläont., **17**, Stuttgart 1910.
- PETSCHIK, R.: Zur Wärmegeschichte im Kalkalpin Bayerns und Nordtirols (Inkohlung und Illitkristallinität). – Frankf. geowiss. Arb., C, **10**, Frankfurt 1989.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., NEUBAUER, F., SCHMID, S.M. & NEUGEBAUER, J.: Extension in compressional orogenic belts: The eastern Alps. – *Geology*, **17**, 1989.
- RICHTHOFEN, F.v.: Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol, 1. Abt. – Jb. Geol. R.-A., Wien 1859.
- RING, U., RATSCHBACHER, L. & FRISCH, W.: Die Kinematik der Arosa Zone und Implikationen für die Entwicklung der Ostalpen. – Erl. geol. Abh., **116**, Erlangen 1988.
- RING, U., RATSCHBACHER, L., & FRISCH, W.: Plate-boundary kinematics in the Alps: Motion in the Arosa suture zone. – *Geology*, **16**, 1988.
- RING, U., RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., BIEHLER, D. & KRÁLIK, M.: Kinematics of the Alpine plate-margin: structural styles, strain and motion along the Penninic-Austroalpine boundary in the Swiss-Austrian Alps. – *Journal of the Geological Society*, Vol. **146**, London 1989.
- ROTHPLETZ, A.: Das geotektonische Problem der Glarner Alpen. – Jena (Fischer) 1889.
- ROTHPLETZ, A.: Das Gebiet der zwei großen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und dem Engadin. – Geologische Führung durch die Alpen, Samml. geol. F., **X**, Berlin (Bornträger) 1902.
- ROTHPLETZ, A.: Geologische Alpenforschungen II, Ausdehnung und Herkunft der Rhätischen Schubmasse. – Lindauersche Buchhandlung, München 1905.
- RUDOLPH, J.: Tieferes Tertiär im oberen Fimbertal. – N. Jb., Geol. Paläont. Mh., **1982**, Stuttgart 1982.
- SAMUEL, O. & SALAJ, J.: Microbiostratigraphy and Foraminifera of the Slovak Carpathian Paleogene. – GUDS, Bratislava 1968.
- SCHILLER, W.: Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin, II Piz Lad-Gruppe. – Ber. Nat. Forsch. Ges., **XVI**, Freiburg 1906.
- SCHNABEL, W., DRAXLER, I. & STRADNER, H.: Sedimentologische, palynologische und Nannofossil-Untersuchungen in der Inneralpinen Molasse des Unterinntales unter besonderer Berücksichtigung der Umlagerungsfaktoren. – N. Jb., Geol. Paläont. Abh., **151**, Stuttgart 1976.
- SEIDLITZ, W.v.: Geologische Untersuchungen im östlichen Rätikon. – Ber. Nat. Forsch. Ges., **XVI**, Freiburg 1906.
- SEIDLITZ, W. v.: Geologische Exkursion durch den östlichen Rätikon. – Führer Geol. Exk., **V**, Graubünden – Tauern. – Max Weg 1913.
- SENGÖR, C.: Plate Tectonics and Orogenetic Research after 25 Years: a Tethyan Perspective. – *Earth-Science Reviews*, **27**, Amsterdam 1990.
- SPITZ, A. & DYRENFURTH, G.: Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scans und dem Stifiser Joch. – Beitr. Geol. K. Schweiz N.F., **2**, 1915.
- STEINMANN, G.: Geologische Beobachtungen in den Alpen I, I Fortsetzung und Schluß, II. – Ber. Nat. Forsch. Ges., **IX**, **X**, **XVI**, Freiburg 1895, 1897–98, 1906.
- SUCESS, E.: Die Entstehung der Alpen. – Wien (Braumüller) 1875.
- SUCESS, E.: Über das Inntal bei Nauders. – Sber. Akad. Wiss., Math. Natw. Kl., I, **114**, Wien 1905.
- THUM, I.: Neuere Daten zur Geologie des Unterengadiner Fensters. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **62**, Wien 1970.
- TOLLMANN, A.: Die Bedeutung von Eduard SUCESS für die Deckenlehre. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **74/75**, Wien 1981.
- TRÜMPY, R.: The Engadine Line: a sinistral wrench fault in the Central Alps. – *Mem. Geol. Soc. China*, **2**, Taipei 1977.
- TRÜMPY, R.: An Outline of Geology of Switzerland. – Basel (Wepf) 1981.
- TRÜMPY, R.: A possible Jurassic-Cretaceous Transform system in the Alps and the Carpathians. – *Geol. Soc. Am., Spec. P.*, **218**, 1988.
- TRÜMPY, R.: The Glarus Nappes: A Controversy of a Century ago. – Academia Press 1991.
- WILKENS.: Paläogene Sedimente des Krappfelds und seiner Umgebung. – Arbeitstagung Geol. B.-A., Wien 1989.
- WINKLER, W.: Mid to early Late Cretaceous flysch and melange formations in the Western part of the Eastern Alps. – Jb. Geol. B.-A., **131**, Wien 1988.
- WOLETZ, G.: Charakteristische Abfolgen der Schwermineralgehalte in Kreide- und Alttertiärschichten der nördlichen Ostalpen. – Jb. Geol. B.-A., **196**, Wien 1963.
- WOLETZ, G.: Schwermineralanalysen von Kreidesandsteinen aus den westlichen Karpathen. – Verh. Geol. B.-A., **1967**, Wien 1967.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 5. April 1991.