

Palinspastische Abwicklung der helvetischen Decken von Vorarlberg und Allgäu

Von GEORG WYSSLING*)

Mit 2 Abbildungen und 1 Tafel (Beilage)

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 111, 112, 113

Vorarlberg
Allgäu
Tektonik
Paläogeographie

Zusammenfassung

Für die helvetischen Decken östlich des Rheintales in Vorarlberg und Allgäu wird eine palinspastische Abwicklung vorgestellt und mit den analogen Abwicklungen der Ostschweiz (TRÜMPY, 1980) verglichen. Aufgrund von markanten Fazieswechseln und neuen geologischen N-S-Profilkonstruktionen (Tafel 1) wird neben der bekannten Vorarlberger Säntis-Decke eine weitere, tieferliegende, paläogeographisch nördlichere Decke, die Hohenemser Decke, postuliert und als östliche Fortsetzung der Mürtchen-Decke der Ostschweiz betrachtet.

Summary

New geological sections through Vorarlberg and Allgäu were constructed from a combination of surface geology, drilling results (BACHMANN et al., 1979; MÜLLER, 1984) and seismic profiles (BACHMANN & MÜLLER, 1981; BETZ & WENDT, 1983; MÜLLER, 1984). The results indicate the presence of a second Helvetic nappe (Hohenemser nappe) underlying the Vorarlberger-Säntis nappe. A palinspastic reconstruction of the eastern Helvetic nappes in Vorarlberg and Allgäu based on this construction is introduced and compared with its equivalent in eastern Switzerland (TRÜMPY, 1980).

Einleitung und Methodik

Als Grundlage für die paläogeographische Rekonstruktion des östlichen helvetischen Schelfes (WYSSLING, 1985) wurde erstmals eine palinspastische Abwicklung für das Helvetikum östlich des Rheintales durchgeführt. Die Herleitung dieser Rekonstruktion und die damit verbundenen tektonischen Konsequenzen werden vorgestellt.

Als Abwicklungshorizont wurde das Dach des Kieselkalkes benutzt, im Staufenspitz-Klausberg-Winterstauden-Gebiet, wo der Kieselkalk fehlt, der Kondensationshorizont der Gemsmättli-Schicht im Hangenden der Oerfla-Formation (neu eingeführter Formationsname für die neritischen Kalke des Berriasians (WYSSLING, 1985), umfaßt etwa den oberen Öhrlikalk und die Vitznau-Formation (BURGER & STRASSER, 1981). Aufgrund der Deformationen in den Gesteinen des Helvetikums der Ostschweiz, die eine S-N Schubrichtung (PIFFNER, 1981) der helvetischen Decke erkennen lassen, haben wir in Analogie dazu im Vorarlberg und Allgäu in N-S-Richtung abgewickelt. Zur Vereinfachung haben wir einen

zylindrischen Faltenbau angenommen. Bei der Ausglättung der Vorarlberger Säntis-Decke wurde eine geometrischen Rekonstruktion (FERRAZZINI & SCHULER, 1979) durchgeführt, die uns die einzelnen Profilkpunkte in relativer Lage und Abständen untereinander geben soll. Eine palinspastische Aufschlußkarte des Kieselkalkes ist in Abb. 2 skizziert.

Als Grundlage für diese Abwicklung wurden geologische N-S Profile durch das Helvetikum von Vorarlberg und Allgäu unter Verwendung der folgenden Arbeiten und eigener Beobachtungen gezeichnet: ALEXANDER et al. (1965), BACHMANN et al. (1979), FELBER & WYSSLING (1979), HANTKE (1983), HEIM & BAUMBERGER (1933), MEESMANN (1925), MÜLLER (1984), OBERHAUSER (1951, 1979, 1980, 1982), SAX (1925), SCHAAD (1925, 1926), SCHWEERD (1983), ZACHER (1972).

Die geologische Querprofile (Taf. I) geben einen Überblick über den Faltungsstil und den tektonischen Aufbau des Helvetikums in Vorarlberg und Allgäu. Deutlich erkennt man zwei übereinander liegende Decken: die höhere Vorarlberger Säntis-Decke und die tiefere Hohenemser Decke.

Vorarlberger Säntis-Decke

Die Vorarlberger Säntis-Decke stellt ein Äquivalent der Säntis-Decke, der Churfürsten-Decke und der Axen-Decke der Ostschweiz (TRÜMPY, 1980) dar. Im Gegensatz zur Ostschweiz kam es in Vorarlberg nicht zu einer völligen Trennung zwischen dem Jura- und Kreidestockwerk. Im mittleren und nördlichen Bregenzerwald läßt sich jedoch eine Zunahme der Relativbewegung zwischen dem Jura- und Kreidestockwerk von Süden gegen Norden aufgrund der sehr engradigen Faltenstrukturen und Schuppenbildungen im Kreidestockwerk annehmen. Die beim Stollenbau unter der Bezegg nachgewiesenen Zementsteinschichten (OBERHAUSER, 1980) machen in den nördlichen Kreidketten des Klausberg-Winterstaudengewölbes (in Randketten-Stellung; TRÜMPY, 1980) einen Malmkern höchst wahrscheinlich und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Randketten der Schweiz.

Der Übergang zwischen dem Teildeckenbau der Ostschweiz und dem Bau der Vorarlberger Säntis-Decke mit dem weitgehend solidarisch gebliebenen Jura- und Kreide-Stockwerk (OBERHAUSER, 1980) vollzieht sich im

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. GEORG WYSSLING, Geologisches Institut der ETH und der Universität Zürich, Sonneggstraße 5, CH-8092 Zürich.

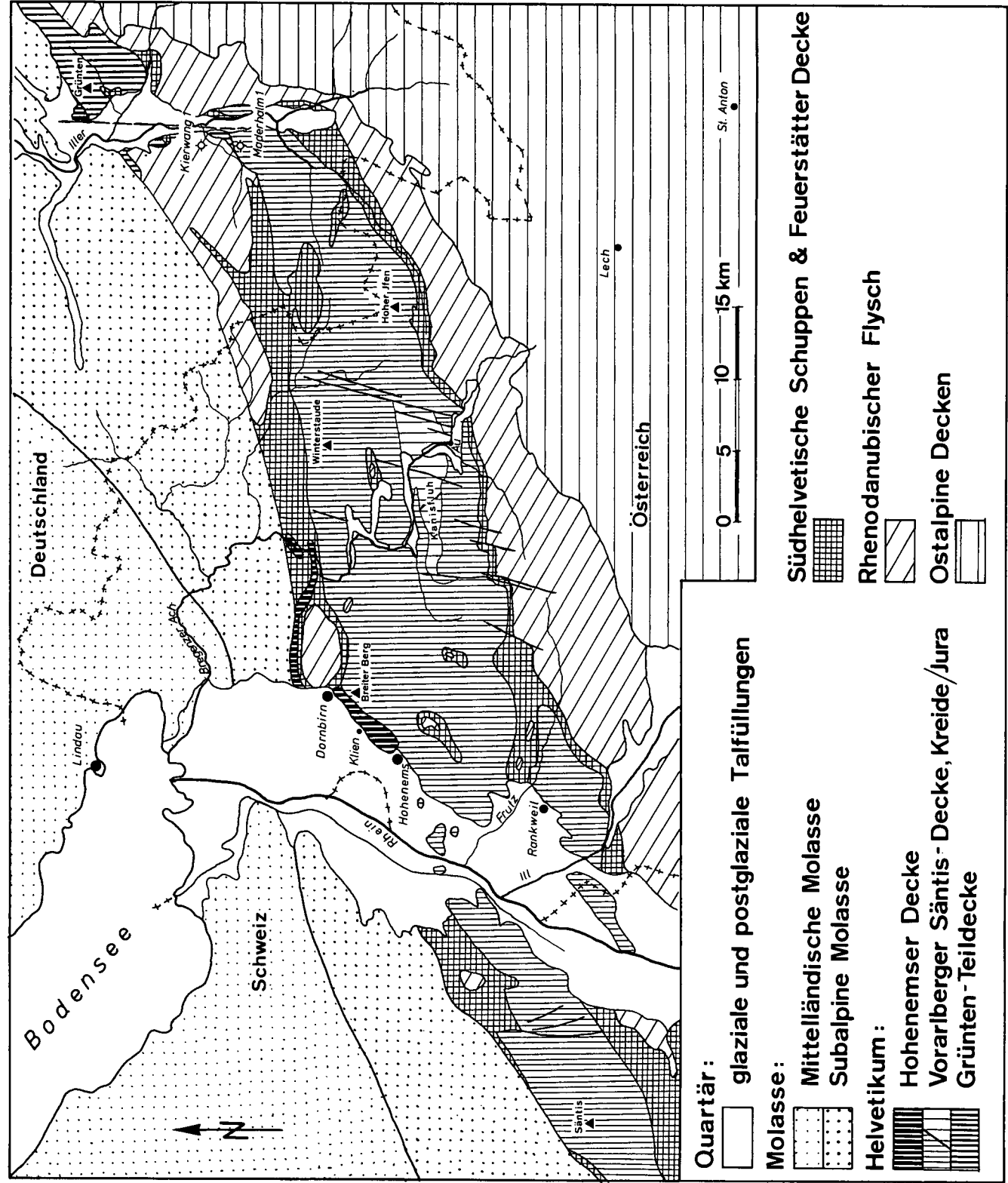


Abb. 1: Tektonische Übersichtskarte von Vorarlberg und Allgäu.

westlichen Vorarlberg und fällt wohl mit dem Umschwenken der Faltenachsen von SW-NE nach W-E zusammen.

Die Abwicklung der Vorarlberger Säntis-Decke war relativ einfach. Im Süden, um die Kanisfluh liegt ein zusammenhängender Kieselkalk-Ausbiß vor. Im nördlichen Winterstauden-Gebiet ist der Kondensationshorizont im Dach der Öfla-Formation („Kieselkalk-Glatze“) gut verfolgbar. Die Kieselkalkaufschlüsse im NW von Vorarlberg und im Rheintal lassen sich strukturell miteinander verbinden. Eine Ungewissheit liegt im östlichen Teil der Synklinalzone von Fraxern-Bizau. Östlich von Bizau müssen wir aus geometrischen Gründen eine Aufschiebung der südlich folgenden Kreideketten auf die Synklinalzone annehmen. Da kein markanter Fazieswechsel in diesem Gebiet zu beobachten ist, nehmen wir einen minimalen Überschiebungsbetrag an.

Hohenemser Decke

Folgende Beobachtungen haben uns veranlaßt, eine unter der Vorarlberger Säntis-Decke liegende, palaeogeographisch nördlichere Decke – die Hohenemser Decke – zu postulieren und sie nach Hohenems, wo sie zwischen Hohenems und Klien mit einer durchgehenden Kreideabfolge an die Oberfläche tritt, zu benennen.

Ein Vergleich der Kreideabfolge am Breiterberg (SE von Dornbirn) mit derjenigen von Hohenems/Klien zeigt uns einen markanten Faziesunterschied. Die beiden Kreideabfolgen von Hohenems/Klien und Breiterberg werden tektonisch durch die Nummulitenkalk führende Emsrütli-Haslachzone (OBERHAUSER, 1980) voneinander getrennt. Ein ähnlicher Fazieswechsel wie wir ihn hier in der älteren Unterkreide beobachten können, vollzieht sich nach BURGER (1984) in der Ostschweiz innerhalb mehrerer Kilometer. Die Abfolge von Klien läßt sich faziell mit Abfolgen in der Mürtchen-Decke vergleichen.

Die Bohrungen Kierwang 1 und Maderhalm 1 bei Fischen im Illertal (BACHMANN et al., 1979) durchfuhren im Untergrund mehrere helvetische Schuppen und wurden im allochthonen Malm bzw. Dogger eingestellt. Das von BETTENSTAEDT entworfene und in BACHMANN et al. (1979) abgebildete Profil (Bild 3) wurde unter zusätzlichen Angaben der PREUSSAG (unpubl. Schichtenverzeichnis der Bohrung Kierwang 1 und Maderhalm 1; für die freundliche Einsichtnahme sei der PREUSSAG bestens gedankt) tektonisch neu interpretiert und ist in Profil 7 (Tafel I) dargestellt. Anstelle des einfachen Schuppenbaues, der diskordant vom Ultrahelvetikum abgeschnitten wird (vgl. BACHMANN et al., 1979, Bild 3), wurde ein „helvetischer“ Deckenbau angenommen. Die fazielle Ausbildung der tieferen Unterkreide in den Bohrungen weist große Affinitäten zu Hohenems/Klien auf.

Aus seismischen Profilen durch Vorarlberg und den Allgäu (BACHMANN et al., 1979; BACHMANN & MÜLLER, 1981; BETZ & WENDT, 1983; MÜLLER, 1984) ist der Verlauf der helvetischen Hauptüberschiebung auf die Molasse bekannt. Bei der Profilkonstruktion wurde die helvetische Hauptüberschiebung gemäß diesen seismischen Ergebnissen gezeichnet. Nach Darstellung der bekannten Oberflächengeologie, d. h. der Vorarlberger Säntis-Decke, die vermutlich in den Aalenian-Schiefern abscherte, gestatten wir uns, in den verbleibenden Raum zwischen der Vorarlberger Säntis-Decke und der

helvetischen Hauptüberschiebung eine tieferliegende Decke, die wir aus volumetrischen Gründen in Falten legen müssen, zu skizzieren. Die südliche Begrenzung dieser Decke wird durch die nach Süden abtauchende Vorarlberger Säntis-Decke gegeben. An der Oberfläche ist eine durchgehende Kreideabfolge nur von Klien und Hohenems bekannt. In der Bohrung Maderhalm 1 und Kierwang 1 wurde im tieferen Untergrund auch der Jura-Anteil dieser Decke erbohrt.

Als nördliche Schuppen der Hohenemser Decke betrachten wir die entlang dem Nordrand des Helvetikums von Dornbirn bis zur Bregenzer Ach anstehenden Psychodonten-führenden Bregenzerach-Schichten (OBERHAUSER, 1984) und die alttertiären Fischschiefer (SCHWERD, 1983, 1984) die eine nordhelvetische Fazies anzeigen und NE von Dornbirn in sedimentärem Kontakt zu den Deutenhausener Schichten (UMM) (RESCH, 1976) stehen.

Jüngste seismische Untersuchungen der ÖMV (mündl. Mitt. Dr. WESSELY, Wien) im Bregenzerwald zeigen nun tatsächlich Strukturen, die für die Existenz einer zweiten, unter der Vorarlberger Säntis-Decke liegenden Hohenemser Decke sprechen.

Für Rekonstruktion der relativen Lage bzw. Abstände zwischen den Aufschlüssen von Hohenems und Klien, die eine frontale Position innerhalb der Hohenemser Decke einnehmen und den Aufschlüssen am Breiterberg, die in der nördlichen Vorarlberger Säntis-Decke liegen, wurde die ausgeglättete Länge des Kieselkalkes der im Untergrund skizzierten Hohenemser Decke verwendet (Taf. I, Profil 1). Es ist hier jedoch zu betonen, daß es sich nur um eine Größenordnung (15–18 km) handeln kann, da bis heute keine Details über den Aufbau dieser Decke vorliegen.

Die relative Platzierung der tieferen Unterkreideserien in der Bohrung Kierwang 1 und Maderhalm 1 (4. Schuppe) bezüglich den nördlichen Unterkreide-Aufschlüssen in der Vorarlberger Säntis-Decke ist unsicher. Das südliche Ende der Hohenemser Decke wird hier durch die südlich folgenden Kalkalpinen Decken, mit steilen, frontalen Überschiebungsf lächen (BACHMANN et al., 1982), die die Flysch-Decke und die Vorarlberger Säntis-Decke in die Tiefe drücken bestimmt und dürfte etwas 8–10 km südlich Maderhalm liegen (abgewickelt 12–15 km).

Die Grünten-Teildecke

In der Bohrung Maderhalm 1 liegt in der 3. Schuppe (Profil 7) eine dreifache Repetition der älteren Unterkreide (Berriasian-Hauterivian) vor. In diesem Bereich sind die jüngeren Sedimente in den Drusberg-Schichten abgeschert und nehmen heute eine nördlichere Position in der größtenteils von Rhenodanubischem Flysch bedeckten Grünten-Teildecke westlich der Iller ein. In der Bohrung Kierwang 1 wurden unter den Flyschmassen Gesteine der Feuerstätter-Decke verschuppt mit oberkreidischen und alttertiären (vererzte Nummulitenkalke) Serien des Helvetikums erbohrt.

Ein Vergleich der in der dritten Schuppe von Maderhalm 1 erbohrten Gesteinsabfolgen der älteren Unterkreide mit südlicher gelegenen, gleichaltrigen Schichtabfolgen z. B. am Geißberg zeigt uns, daß die erbohrte Serie aufgrund der Schichtmächtigkeit und faziellen Ausbildung eine paläogeographisch nördlichere Stellung als Maderhalm einnehmen muß. Dies widerspricht

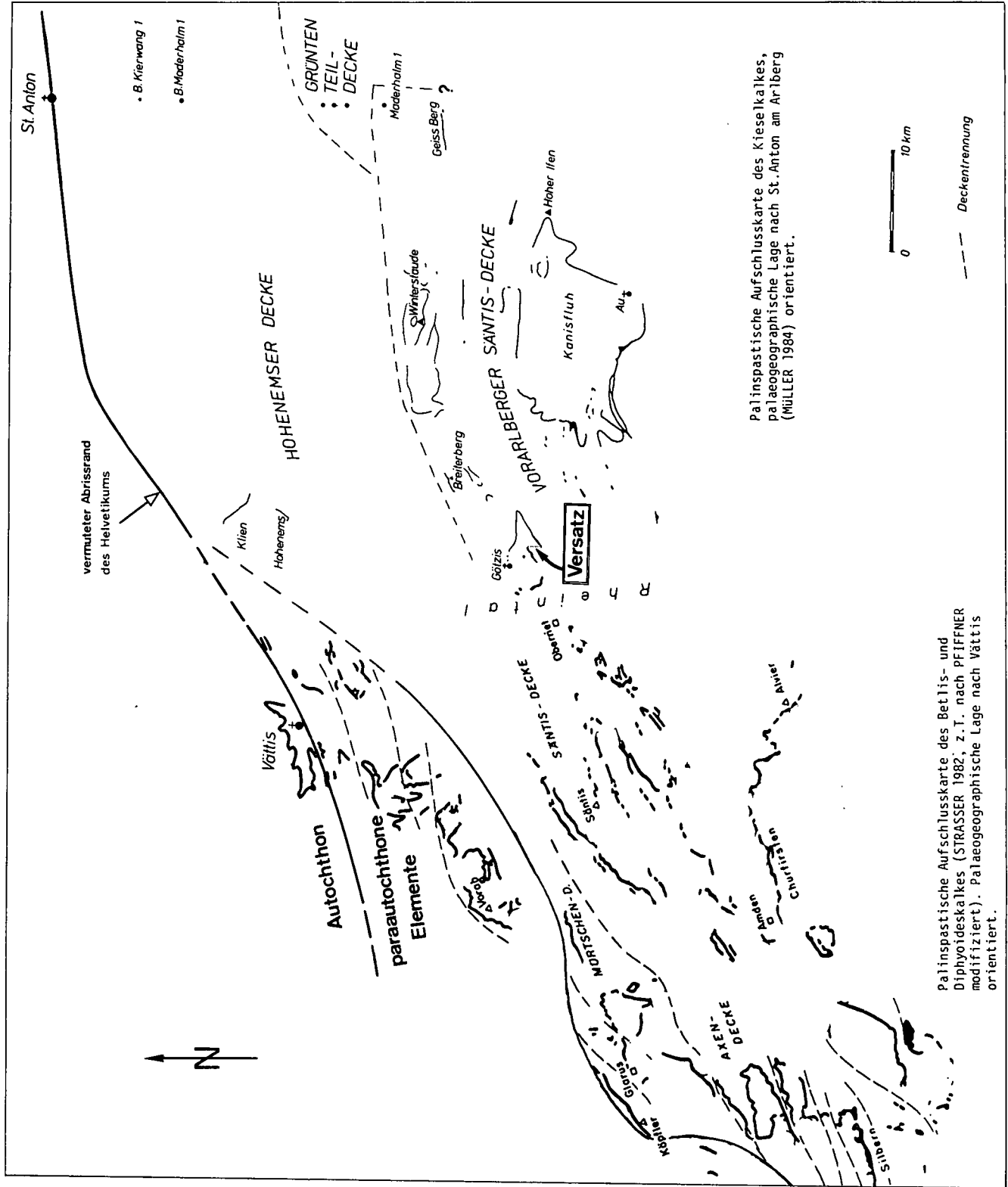


Abb. 2: Vergleich der palin-
spastischen Rekonstruktion
nen der helvetischen Decken
der Ostschweiz mit jenen von
Vorarlberg und Allgäu.

Palinospastische Aufschlusskarte des Kieselkaltes,
Palaeogeographische Lage nach St. Anton am Arlberg
(MÜLLER 1984) orientiert.

Palinospastische Aufschlusskarte des Betlis- und
Diphyskaltes (STRASSER 1982, z.T. nach PFIFFNER
modifiziert). Palaeogeographische Lage nach Vättis
orientiert.

aber den heutigen Ansichten (SCHWERD, 1983) über die Herkunft der Grünen-Teildecke. Aufgrund von Faziesvergleichen zwischen der Grünen-Teildecke am Grünen östlich des Illertales und den Aufschlüssen südlich von Maderhalm westlich des Illertales wird eine südlichere Herkunft der Grünen-Teildecke gefordert mit Überschiebungsweiten von über 20 km (z. B. RICHTER, 1960; HÖPFNER, 1962), 6 km von ZACHER (1973). Wir müssen daher annehmen, daß die Abscherung der Grünen-Teildecke im Bereich des Illertales, wohl durch eine ältere Störungszone vorgezeichnet, weiter nach Süden zurückgreift und östlich des Illertales eine größere Verbreitung hat.

Für die Abwicklung wurde im Querschnitt von Profil 7 7 km eingesetzt.

Rekonstruktion der paläogeographischen Lage des Helvetikums von Vorarlberg und Allgäu

Die Herkunft und vortektonische Position der Allgäuer Faltenmolasse wird von MÜLLER (1984) beschrieben. Dabei kommt der Ablagerungsraum des heute allochthonen Helvetikums, bezogen auf den autochthonen Untergrund des Molassebeckens, südlich des Stanzertales im Tirol zu liegen. Knüpfen wir nun mit dem nördlichen Abrißbrand des allochthonen Helvetikums im Untergrund im Stanzertal (St. Anton am Arlberg) an, so erhalten wir die ursprüngliche, paläogeographische Lage der Hohenemser Decke, der Vorarlberger Säntis-Decke und der Grünen-Teildecke.

Ein Vergleich mit der paläogeographischen Lage der helvetischen Decken der Schweiz liegt nahe, da unsere Rekonstruktion unabhängig von jener der Schweiz (TRÜMPY, 1980) durchgeführt wurde. Für die Schweiz wurde in Abb. 2 die palinspastische Aufschlußkarte des Betlis- und Diphyoideskalkes von STRASSER (1982) verwendet, wobei gegenüber dieser Darstellung die Parautochthonen Elemente und das Autochthon gegenüber der Säntis- und Mürtschen-Decke nach PFIFFNER (mündl. Mitt.) in östlicher Richtung verschoben sind.

In Abb. 2 wurden als Ausgangspunkte für den Vergleich der paläogeographischen Lage des Helvetikums bezüglich der heutigen Topographie für die Schweiz Vättis (Helvetikum in autochthoner Stellung [TRÜMPY, 1980]) und für den Vorarlberg und das Allgäu St. Anton am Arlberg (nördlicher Abrißbrand des Helvetikums im Untergrund [MÜLLER, 1984]) verwendet. Für einen Positionsvergleich dieser beiden unabhängig voneinander durchgeführten Rekonstruktionen bieten sich die zwischen Oberriet und Götzis das Rheintal querenden Kreideketten an. Der geringe Versatz dieser Kreideketten (Abb. 2) zeigt eine erstaunliche Übereinstimmung der beiden Rekonstruktionen. Dieser Betrag darf aber nur als relative Größe betrachtet werden, da die Unsicherheiten, welche bei der Rekonstruktion der vortektonischen Lage des Helvetikums vorliegen, z. B. die genaue Lage des nördlichen Abrißbrandes bei St. Anton am Arlberg, wo wir einen minimalen Betrag verwendeten; die Bestimmung der N-S Länge der Hohenemser Decke oder der Abstand zwischen Vättis und dem Säntis übersteigen unseren bescheidenen Versetzungsbeitrag um einiges. Trotzdem zeigen uns die Resultate dieses Vergleiches, daß die Existenz und Größenordnung der von uns postulierten Hohenemser Decke im Vorarlberg und Allgäu vertretbar sind.

Dank

Herrn Dr. R. OBERHAUSER, Geologische Bundesanstalt Wien, Prof. R. TRÜMPY und Prof. R. HANTKE möchte ich für die vielen Ratschläge und kritischen Bemerkungen im Feld und am Institut danken. Prof. R. TRÜMPY sei für die Durchsicht des Manuskriptes und den Herren Dr. M. MÜLLER, PREUSSAG, und Dr. WESSELY, ÖMV, für die offenen Diskussionen und wertvollen Informationen herzlich gedankt.

Literatur

- ALEXANDER, K., BLOCH, P., SIGL, W. & ZACHER, W.: Helvetikum und Ultrahelvetikum zwischen Bregenzer Ache und Subersach (Vorarlberg). – Z. dt. geol. Ges., **109**, 566–592, Hannover 1965.
- BACHMANN, G., DOHR, G., KOCH, K., WEGGEN, K., WILDELAU, J. & MÜLLER, M.: Die Erdgas-Tiefenaufschlußbohrung Vorderriß 1, ein erster Schritt zur Erschließung der Kalkalpen im Freistaat Bayern. – Compendium 78/79, 14–40, Leinfelden – Echterdingen (von Hernhaussen KG) 1979.
- BACHMANN, G., DOHR, G. & MÜLLER, M.: Exploration in a Classic Thrust Belt and Its Foreland: Bavarian Alps, Germany. – AAPG Bull. V. **66**, 2529–2542, Tulsa 1982.
- BACHMANN, G. & MÜLLER, M.: Geologie der Tiefbohrung Vorderriß 1 (Kalkalpen, Bayern). – Geologica Bavarica, **81**, 17–53, München 1981.
- BETZ, D. & WENDT, A.: Neuere Ergebnisse der Aufschluß- und Gewinnungstätigkeit auf Erdöl und Erdgas in Süddeutschland. – Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., V. **49**, 9–37, Zürich 1983.
- BURGER, H.: Die Kalk- und Mergel-Gesteine der untersten Kreide des Helvetikums zwischen Vierwaldstättersee und Rheintal: Stratigraphie, Sedimentologie und Paläogeographie. – Diss. Univ. Zürich (1984).
- BURGER, H. & STRASSER, A.: Lithostratigraphische Einheiten der untersten Helvetischen Kreide in der Zentral- und Ostschweiz. – Eclogae geol. Helv. **74/2**, 529–560, Basel 1981.
- FELBER, P. & WYSSLING, G.: Zur Stratigraphie und Tektonik des Südhelvetikums im Bregenzerwald (Vorarlberg). – Eclogae geol. Helv. **72/3** 673–714, Basel 1979.
- FERRAZZINI, B. & SCHULER, P.: Versuch einer Abwicklung des Helvetikums zwischen Rhone und Reuss. – Eclogae geol. Helv. **72/2**, 439–454, Basel 1979.
- HANTKE, R.: Eiszeitalter, Band III, Thun (Ott-Verlag), 1983.
- HEIM, A. & BAUMBERGER, E.: Jura und Unterkreide in den helvetischen Alpen beiderseits des Rheines (Vorarlberg und Ostschweiz). – Denkschrift Schweiz Natf. Ges., **68/2**, 155–220, Basel 1933.
- HÖPFNER, B.: Bemerkungen zur Paläogeographie und Tektonik des Helvetikums zwischen Lech und Iller. – Jber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. **44**, 93–109, Stuttgart 1962.
- MESSMANN, P.: Geologische Untersuchungen der Kreideketten des Alpenrandes im Gebiet des Bodenseerheintales. – Verh. Natf. Ges. Basel **37**, Basel 1925.
- MÜLLER, M.: Bau, Untergrund und Herkunft der Allgäuer Faltenmolasse. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. **66**, 321–328, Stuttgart 1984.
- OBERHAUSER, R.: Zur Geologie des Gebietes zwischen Kanisfluh und Hohem Ifen (Bregenzerwald). – Diss. Univ. Innsbruck, 1951.
- OBERHAUSER, R.: Molasse-Untergrund, Helvetikum, Flysch und Klippenzone in Vorarlberg. – In: Der Geologische Aufbau Österreichs (Hrsgb. Geol. B.-A.) 177–188, Wien – New York (Springer) 1980.
- OBERHAUSER, R.: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 25.000, 100 St. Gallen Süd und 111 Dornbirn Süd, (Hsgb. Geol. B.-A.), Wien 1982.
- OBERHAUSER, R.: Bericht 1983 über geologische Aufnahmen im Helvetikum und der nördlichen Flyschzone auf Blatt 111 Dornbirn. – Jb. Geol. B.-A., **127**, Wien 1984.
- OBERHAUSER, R., RESCH, W. & HANTKE, R.: Helvetikum, Nördliche Flyschzone und Molasse von Hohenems bis Dornbirn. – Jber. mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. **61**, 11–18, Stuttgart 1979.

- PIFFNER, A.: Fold-and-thrust tectonics in the Helvetic Nappes (E Switzerland). – In: Thrust and Nappe Tectonics = The Geol. Soc. London, spec. Publ. No. 9, 319–327, Oxford 1981.
- RESCH, W.: Bericht 1975 über geologische Aufnahmen im Grenzbereich Molasse-Helvetikum bei Dornbirn auf Blatt 111, Dornbirn. – Ver. Geol. B.-A., 1976, A122–A126, Wien 1976.
- RICHTER, M.: Ergebnisse neuer Untersuchungen im Helvetikum des Vorarlberg und Allgäu. – Kraus-Festschrift, Abh. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Kl. III, Heft 1, 77–94, Berlin (Akademie-Verlag) 1960.
- SAX, H.: Geologische Untersuchungen zwischen Bregenz Ach und Hohem Freschen (Vorarlberg). – Diss. Univ. Zürich 1925.
- SCHAAD, H.: Geologische Untersuchungen in der südlichen Vorarlberger Kreide-Flyschzone zwischen Feldkirch und Hohem Freschen. – Diss. Univ. Zürich 1925.
- SCHAAD, H.: Zur Geologie der jurassischen Canisfluh-Mittagfluh Gruppe im Bregenzwald. – Vjschr. Natf. Ges. Zürich 1926.
- SCHWERD, K.: Zur Stratigraphie, Paläogeographie und Orogenese am Übergang vom Helvetikum zur Molasse (Obereozän – tiefes Oligozän) im Allgäu. – Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 66, 293–306, Stuttgart 1984.
- SCHWERD, K., EBERL, R. & JERZ, H.: Geologische Karte von Bayern 1 : 25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.
- STRASSER, A.: Faziale und sedimentologische Entwicklung des Betlis-Kalkes (Valanginian) im Helvetikum der Zentral- und Ostschweiz. – Eclogae. geol. Helv., 75/1, 1–21, Basel 1982.
- TRÜMPY, R.: Die helvetischen Decken der Ostschweiz. Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse. – Eclogae geol. Helv. 62/1, 105–143, Basel 1969.
- TRÜMPY, R.: Geology of Switzerland. Part A: An Outline of Geology of Switzerland. – S. 104, Basel–New York (Wepf) 1980.
- WYSSLING, G.: Stratigraphie und Paläogeographie der tieferen Helvetischen Kreide im Gebiet zwischen Rhein und Iller (Vorarlberg, Allgäu). – Diss. Univ. Zürich (1985).
- ZACHER, W.: Geologische Karte von Bayern 1 : 100.000, Blatt 670 Oberstdorf. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1972.
- ZACHER, W.: Das Helvetikum zwischen Rhein und Iller (Allgäu-Vorarlberg). – Geotekt. Forsch. 44, 1–74, Stuttgart 1973.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 13. August 1984.