© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Mitt. österr. geol. Ges.	74/75 1981/82	S. 167–195 4 Abb., 1 Tab.	Wien, 15. November 1981

Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozeß der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen

Von Alexander TOLLMANN*

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung

Zahlreiche neue Beobachtungen aus verschiedenen Abschnitten der Hallstätter Region in den Nördlichen Kalkalpen zwingen uns zur Annahme einer oberjurassischen Gleitdeckentektonik großen Stiles, die entscheidend zur Umgestaltung der Kalkhochalpen beigetragen hat.

An Hand von vier Tiefbohrungen in den Kalkalpen ist es heute möglich, unter den langen Kampf zwischen Autochthonie und Allochthonie ebenso wie unter jenen zwischen gebundener Tektonik und Deckentektonik den Schlußstrich im Sinne letztgenannter Auffassung zu ziehen.

Summary

A lot of new observations in many places of the Hallstatt region within the Northern Calcareous Alps induce us tu accept the concept of large gravity nappe formation during the Upper Jurassic time in the whole extension of the Hallstatt region. This gravity tectonics is of considerable importance for the tectonics of whole the Juvavic region.

By means of four deep drilling holes in the area of the Northern Calcareous Alps today can be decided the long struggle about autochthonous or allochthonous position of the Northern Limestone Alps and also about the principle of mushroom or nappe structure – in favour of the later one.

Inhalt

Vorwort 168

A) Die Tektonik der Hallstätter Zone 169
1. Das Problem der Hallstätter Zone 169
2. Die bisherigen Auffassungen über die Hallstätter Region 170
3. Fakten, die für eine bedeutende oberjurassische Gleittektonik in der Hallstätter Zone sprechen 173

* Adresse des Verfassers: Prof. Dr. A. TOLLMANN, Institut für Geologie, Universität Wien, Universitätsstr. 7, A-1010 Wien

Arbeit im Rahmen des Hochschulschwerpunktes S 15 „Frühalpine Geschichte der Ostalpen".

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

4. Die jurassische Gleittektonik als Hauptgestaltungsprinzip der Hallstätter Region der Kalkalpen 177
5. Zur Paläogeographie der Hallstätter Region 180
6. Der Ablauf des Gleitvorganges 181
7. Der Ostabschnitt der Hallstätter Zone 182
8. Schwierigkeiten bei der Anwendung des Gleitmechanismus 185
9. Frühere Vorstellungen über Gleittektonik in den Alpen 186

B) Neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen 187
1. Die Bedeutung der Tiefbohrungen 187
2. Das heutige tektonische Gesamtbild der Kalkalpen 192

Literatur 193

Vorwort

Hat sich heute im Bereich der Kalkvoralpen (in tektonischem Sinne), also dem als Bajuvarikum und Tirolikum bezeichneten Abschnitt, die Tektonik in großen Zügen abklären lassen und ist durch eine Reihe von Tiefbohrungen in der jüngsten Zeit die Bestätigung für den von manchen außeralpinen Autoren bestrittenen Deckenbau in glänzender Weise – oft mit allen im Detail vorhergesagten Einzelheiten – bestätigt worden, so ist eine befriedigende und endgültige Lösung der komplexen Verhältnisse der Hallstätter Zone und ihres hochalpinen Rahmens bis heute noch nicht erzielt worden. Im schrittweisen Prozeß der Bewußtseinsklärung scheint sich nun aus vielen lokalen Erkenntnissen ein Bild abzuzeichnen, bei dem der oberjurassischen Gleittektonik großen Stils der entscheidende Anteil an der tektonischen Umgestaltung der Hallstätter Zone als Ganzes, und nicht nur einzelner ihrer Abschnitte, zukommt.

Nachdem Anfang März 1981 im Jahresbericht 1980 des Hochschulschwerpunktes S 15 – in dessen Rahmen von uns aus dem Thema entsprechend der altalpidischen Entwicklung besonderes Augenmerk zugewendet worden war – dieses Gleittektonikprinzip als frühes Hauptformungselement der Hallstätter Zone in groben Umrissen herausgearbeitet worden war und in der Gesellschaft der Freunde der Geologie in München am 10. März, sowie bei der Linzer Jubiläumstagung des OÖ Landesmuseums am 3. April diese Vorstellungen und ihre Konsequenzen herausgearbeitet worden waren, soll hier in etwas eingehenderer Art auf diese Auffassung von der Bedeutung der Gleittektonik eingegangen werden, die in neuerer Zeit ja besonders durch die Ergebnisse von B. PLÖCHINGER im Halleiner und Lammertal-Gebiet, durch G. MANDL im Abschnitt nördlich des Sandling im Salzkammergut und durch W. HAMILTON im Raum Abtenau abschnittsweise ihre Förderung erfahren haben.

Diese Vorstellung kann viele Fakten besser als bisherige Theorien erklären. Sie wirft aber als neuerstelltes generelles Prinzip naturgemäß neue Fragen auf, sodaß derzeit keineswegs sogleich alle noch offenen Probleme der Hallstätter Zone gelöst erscheinen. Trotzdem scheint sie uns dem Ziel ein wesentliches Stück näher

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

zu bringen, was den Grund für ihre Mitteilung, wenn auch nur in großen Zügen darstellt. Ein weiterer Grund möge im Denkanstoß liegen, der hierdurch den Blick für nächste, speziellere Fragen öffnet.

A) Die Tektonik der Hallstätter Zone

1. Das Problem der Hallstätter Zone

Die befriedigende Lösung der Großtektonik der Hallstätter Zone in den Nördlichen Kalkalpen und ihrer Paläogeographie stellt wohl das letzte große Problem der Nördlichen Kalkalpen dar. Trotz mehr als eineinviertel Jahrhundert intensiver Forschung im Raum der Hallstätter Zone sind die schwierigen Probleme ihrer ursprünglichen Anlage und späteren Ausgestaltung noch immer erst zum Teil gelöst und harrt noch immer manche nicht unbedeutende Frage dieser Region einer gesicherten Beantwortung.

Die Schwierigkeiten, die uns bei der Deutung dieser Zone entgegentreten, sind größer als in vielen anderen, ebenfalls komplizierten geologischen Einheiten der ohnehin komplex gebauten Ostalpen:

1. Zunächst sind weite Teile im Kerngebiet der Region, im Salzkammergut und darüber hinaus, bedingt durch Mittelgebirgscharakter und eine dichte Vegetationsdecke, nicht genügend aufgeschlossen, um etwa eindeutige Beziehungen zwischen kalkiger und mergeliger Fazies, eindeutige Entscheidungen über sedimentäre oder tektonische Grenzen in oft sumpfigem Wiesengelände direkt ablesen zu können. Der Bau von zahllosen Forststraßen und von technischen Großbauten hat auf diesem Sektor manche neue, z. T. entscheidende Daten gebracht.

2. Als weitere Schwierigkeit kam hinzu, daß sich durch die – wie heute klargestellt – mehrfache Einschaltung von Beckenfazies in Kanälen zwischen den Riff- und Karbonatplattformkomplexen tatsächlich bedeutende fazielle Rekurrenzen in mehreren unabhängigen Zonen wiederfinden, die zur Zeit der Faziesdekkenlehre für Fehldeutungen durch Zusammenfassen des faziell Gleichartigen in einer einheitlich gedachten Hallstätter Zone im Süden Anlaß gaben. Die Übertragung des in den Staaten an rezenten Karbonatplattform-Beckenkomplexen erarbeiteten Faziesschemas auf die Kalkalpen hat hier für das richtige Verständnis der Eigenart der Verzahnungen entscheidend weitergeholfen.

3. Eine dritte Schwierigkeit bestand in der zunächst nicht in vollem Umfang erkannten Eigenheit der Hallstätter Sedimentation, die im Schwellenbereich gekennzeichnet ist durch Kondensation, durch Q- und S-Spaltenfüllungen und durch synsedimentäre Schollenbewegungen und -kippungen, auch durch Zurücktreten des Ammonitenreichtums im mitteltriadischen Anteil der Hallstätter Serie etc., sodaß die stratigraphische Gliederung, ja gelegentlich sogar die Frage der aufrechten oder verkehrten Serienlagerung in der Vergangenheit vielfach nicht befriedigend beantwortet werden konnte. Heute helfen hier besonders Conodonten und andere Mikrofaunenelemente entscheidend bei der stratigraphischen Analyse, die selbst wiederum Basis für eine richtige Beurteilung faziell schroff gegenüberstehender, aber tektonisch benachbart liegender Hallstätter Serien bildet.

4. Als vierter Faktor verleiht die Salztektonik dieser gerade durch Reichtum an Salz- und Gips-führendem Haselgebirge ausgezeichneten Region dieser Zone

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

eine eigene Stellung, und zwar nicht nur durch die sicherlich während langer Zeiten bei der Gestaltung mitspielenden Auftriebstendenzen der Salzstöcke, sondern vor allem auch durch die hohe Mobilität des permischen „Seifenhorizontes" der Salz-Gips-Serie im Hinblick auf transversale Verfrachtungsvorgänge.

5. Auf Grund der sich mehrenden lokalen Beobachtungen über Gleitungen in etlichen Abschnitten im Bereich der Hallstätter Zone ist heute die entscheidende Mitwirkung von Gleitvorgängen großen Stiles bei der deckentektonischen Gestaltung dieser Zone als Ganzes in Rechnung zu stellen, die bereits im oberen Jura zu einer gänzlich neuen Konfiguration des Sedimentationsraumes führten. Diese Gleitvorgänge bedeutenden Ausmaßes waren deshalb lange Zeit nicht erfaßt worden (und abschnittsweise namentlich erst durch G. SCHÄFFER und B. PLÖCHINGER in jüngster Vergangenheit in den Vordergrund des Blickfeldes gerückt worden), da eine mit dem Malm einsetzende neoautochthone Sedimentation den vorangegangenen Gleitbau versiegelt und verschleiert hatte – was bei der Arbeitsrichtung von W. SCHLAGER sogar zur Meinung einer primären Autochthonie dieser Hallstätter Elemente geführt hatte. Da die Eingleitungen in die Beckentiefe des Malmmeeres aber leichter noch als aktiver transversaler Schub bedeutende Distanzen überwältigen konnten, kam es gerade bei dieser Umgestaltung zu gravierenden Veränderungen des vorhergehenden paläogeographischen Musters, die später eine weitere Veränderung durch die überlagernde vorgosauische Einengungs- und Deckentektonik aus der Zeit der mediterranen Phase sowie durch noch jüngere transversaltektonische Struktuprägungen erfuhren.

Aus all diesen Gründen ist es nur allzugut zu verstehen, daß in einem solch komplizierten, durch grandiose Faziesgegensätze zwischen Kilometer mächtigen Karbonatplattformstöcken und hart daran anstoßenden, durch Mangelsedimentation in der Mächtigkeit extrem reduzierten Sedimentstreifen, d. h. zusätzlich faziestektonisch labilen Arealen, sich die Erkenntnis nur Schritt um Schritt vortasten konnte. Die modernen Fortschritte über die klassischen Erkenntnisse hinaus konnten erst mit Hilfe der neuen Aufschlüsse, vor allem aber auch durch die Heranziehung der neuen Untersuchungsmethoden wie mikrofossilmäßige Einstufung, Anwendung des faziellen Kausalitätsprinzips der Nachbarschaft bestimmter Faziestypen, kleintektonische Methoden etc. erzielt werden.

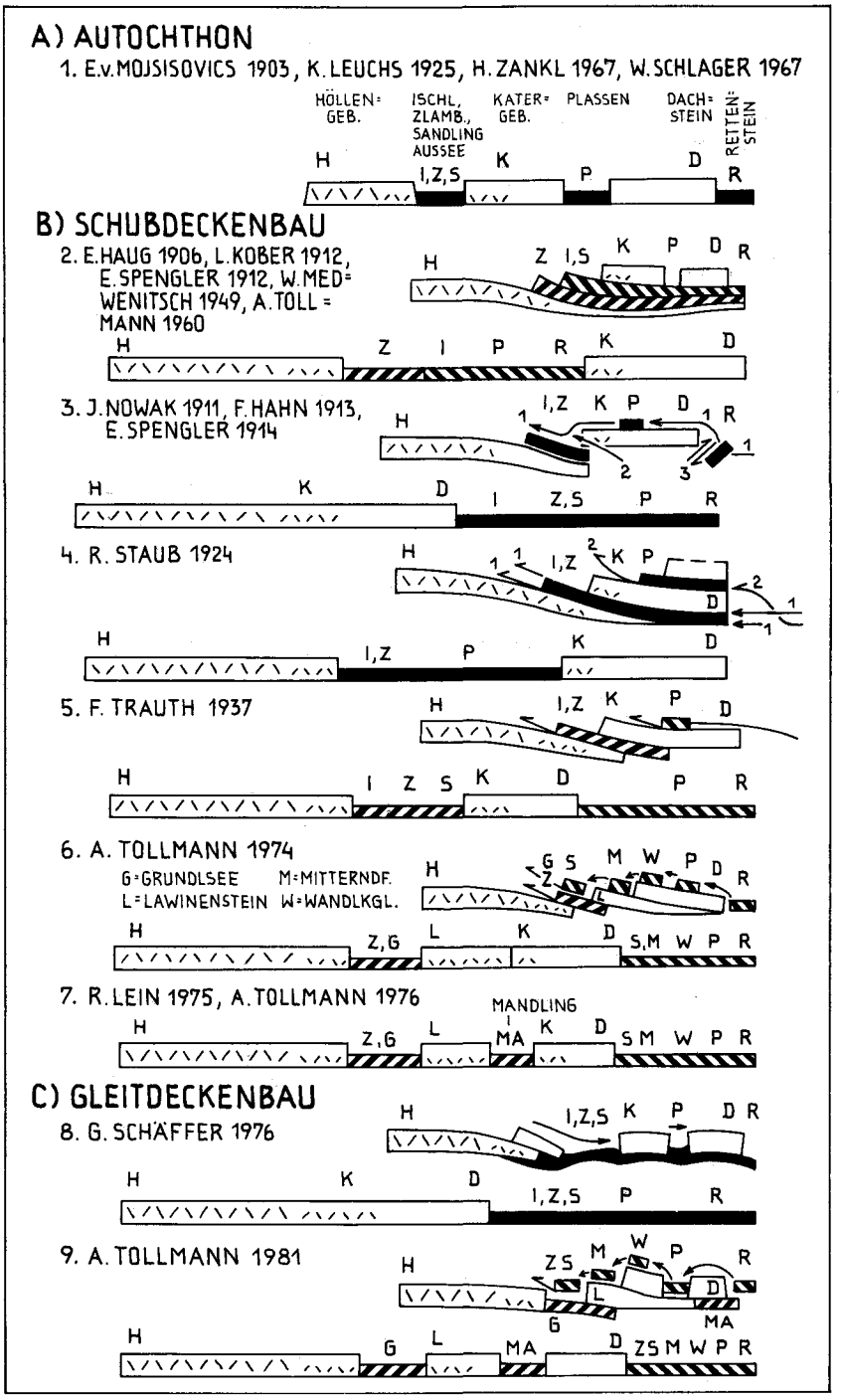
Die Erforschung der Tektonik der Hallstätter Zone ist dergestalt heute bereits weit gediehen. Blickt man zurück, dann bedeutet der bisherige Weg trotz der vielen widersprechenden Hypothesen kein Irren im Kreis, sondern im allgemeinen doch etappenweisen Fortschritt.

2. Die bisherigen Auffassungen über die Hallstätter Region

Vor Entwicklung der neuen Vorstellung über die grundlegende Bedeutung der jurassischen Gleittektonik im Aufbau der Hallstätter Zonen sollen in aller Kürze zum Verständnis die bisherigen Konzepte über die Tektonik der Hallstätter Region an Hand einer Schemaskizze rekapituliert werden (Abb. 1):

Abb. 1: Schematische Darstellung der historischen Entwicklung der Auffassungen über die Position der Hallstätter Zonen im Salzkammergut. D – Dachstein, G – Grundlsee, H – Höllengebirge, I – Ischl, K – Katergebirge, L – Lawinenstein, M – Mitterndorf, MA – Mandling, P – Plassen, R – Rettenstein, S – Sandling, W – Wandlkogel, Z – Zlambach.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at



© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Zunächst zeigt sich, daß auch noch zur Zeit der Deckenlehre im Zuge des Restaurationsversuches des gebundenen Konzeptes in den sechziger Jahren das alte autochthone Gedankengut von MOJSISOVICS – dem aber damals ja noch keine andere Deutungsmöglichkeit zur Verfügung gestanden hatte – bis W. SCHLAGER 1967 wieder aufgegriffen wurde. Dieses Pilzfaltenkonzept für Deckschollen ist heute auch in der Hallstätter Zone durch neue Großaufschlüsse (z. B. Schneealpenstollen unter der Rauhensteindeckscholle, Stmk.) direkt widerlegt und aufgegeben.

In der Gruppe der Schubdecken-Vorstellungen stand lange das Konzept von HAUG, KOBER und seiner Schüler (MEDWENITSCH, TOLLMANN etc.) mit nur einer intern faziell unterteilten, nördlich der Dachsteindecke beheimateten Hallstätter Zone dem Konzept von NOWAK, HAHN und SPENGLER gegenüber, die die gesamte Hallstätter Entwicklung an den Südrand der Kalkalpen hinaus eschamotierten und sie dann unter sekundärer Einwicklung von dort auch in den Nordkanal beförderten. Beide Konzepte sind heute aufgegeben. Interessanterweise aber ist die letztlich auf E. HAUG zurückgehende Vorstellung zweier faziesverschiedener Hallstätter Entwicklungen nach mancherlei Abwandlungen auch jetzt noch gültig: Es wird auch heute gegenüber dem innerhalb der Kalkalpen eingewurzelten nördlicheren Kanal (bzw. Kanälen) mit nur sehr mäßigem Hallstätter Einschlag ausschließlich in der Obertrias (ehem. „Zlambachfazies", heute wohl besser als Grundlseer Fazies zu bezeichnen) ein ursprünglich südlich des Kalkalpenrandes beheimateter Faziestrog mit der eigentlichen Hallstätter Fazies, reich an Rotkalken, vom Mittelanis bis ins Unterrhät (Sevat) unterschieden (ehem. Salzbergfazies).

Mit F. TRAUTH beginnt eine zutreffendere paläogeographische Deutung der Hallstätter Verhältnisse im Salzkammergut, da dieser Forscher bereits den Nordkanal nördlich der Dachsteindecke einwurzelt, vom Südkanal also durch Plattformsedimente trennt, was man sonst im Zuge der Anwendung der Faziesdeckenlehre nicht gewagt hatte. Dabei aber fiel TRAUTH keineswegs in ein autochthones Konzept zurück, sondern kennt sehr wohl bedeutende Überschiebungen. In dieser Richtung entwickelt sich die Vorstellung in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg weiter: 1962 wird im Ostabschnitt der Hallstätter Zone in den Mürztaler Alpen durch E. KRISTAN-T. & A. TOLLMANN bei Aufstellung der Mürzalpendecke vom Faziesdeckenprinzip im speziellen Fall zu einer Vielfaziesdecke übergegangen. Durch die neoautochthonistischen Versuche durch H. ZANKL 1967, W. SCHLAGER 1967 und W. SCHÖLLNBERGER 1971 bzw. 1974 werden wichtige fazielle Anknüpfungspunkte zwischen Hallstätter Nordkanal und der nördlich vorgelagerten Karbonatplattform zutage gefördert, sodaß damals die Einwurzelung eines Nordkanals im Sinne von TRAUTH belegt und dadurch allgemein akzeptierbar geworden war – sowohl im Gebiet Grundlsee-Aussee als auch im Lammertal westlich der Dachsteindecke (A. TOLLMANN 1974, 1975). R. LEIN hat 1975 wohl zurecht noch einen mittleren Hallstätter Kanal im Bereich des Mandlingzuges etabliert, in dem der Hallstätter Einfluß ebenfalls nur auf die Obertrias beschränkt ist.

Seit V. HÖCK & W. SCHLAGER (1964), besonders aber seit G. SCHÄFFER (ab 1973) und B. PLÖCHINGER (ab 1974) mehren sich in etlichen Abschnitten der Hall-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

stätter Region Beobachtungen über Eingleitschollen, Gleitbreccien und Gleitphänomene, sodaß hierdurch und durch neueste Beobachtungen verschiedener Autoren, besonders G. MANDL (1980), der Boden für eine Deutung der Großtektonik durch Gleitvorgänge bereitet worden war. Einen ersten großräumigen Versuch in dieser Richtung, zunächst für einen Abschnitt im zentralen Salzkammergut, hatte G. SCHÄFFER 1976 unternommen. Dieser Versuch aber fand deswegen keine allgemeine Zustimmung, da sich diesem Konzept drei grundlegende Beobachtungen entgegenstellten: 1. Zunächst keine Sedimentationsunterbrechung oder Anzeichen einer Gleitdeckenbildung in dem von ihm gewählten Zeitpunkt an der Rhät-Lias Grenze, wo durchlaufende Serien beobachtet werden können; 2. sodann keine durchgreifende Südvergenz von Gleitfalten (wie am Südrand des Totengebirgs-Systems) bei seiner Annahme eines auch in den Kalkhochalpen südgerichteten Gleitdeckenbaues und 3. schließlich die Negierung der Einwurzelung eines durch Faziesverzahnungen heute belegten Hallstätter Nordkanals innerhalb der Karbonatplattenformsedimente durch SCHÄFFER, der auf das überholte SPENGLER'sche Konzept des Hinausverlegens aller Hallstätter Entwicklungen an den Kalkalpen-Südrand (Karbonatplattform-Südrand) insistierte.

Deshalb erscheint es nötig, hier ein neues Konzept zur großtektonischen Formung der gesamten Hallstätter Zone vorzulegen, das möglichst unvoreingenommen (auch von eigenen früheren Anschauungen) den heute aus vielen Einzelabschnitten bekannten neuen Fakten gerecht wird: Den Fakten über die kanalartige primäre Insertion von Teilen der Hallstätter Entwicklung innerhalb der Plattform-Stöcke ebenso wie der evidenten regionalen Allochthonie großer Schollenkomplexe; dem Übergang von Rotfazies zu Graufazies, also von Schwellen- zu Beckensedimentation auf kurzem Raum ebenso wie den sehr auffälligen Faziesgegensätzen der primären Serie im Nord- und Mittelkanal mit ihrer nur mäßig hallstätterisch beeinflußten Obertrias (Miohallstätter Entwicklung) gegenüber der vom Mittelanis empor durchlaufenden, Hallstätter Charakter zeigenden Serienentwicklung im Südkanal und von allochthonen Schollen, die unschwer auf den Südkanal zurückgeführt werden können (Euhallstätter Entwicklung); der Schubdeckentektonik in der vorgosauischen mediterranen Phase ebenso wie der noch bedeutenderen oberjurassischen Gleitdeckentektonik in der jungkimmerischen Phase. Nur bei Berücksichtigung des Zusammenspieles dieser verschiedenen, oft konträr scheinenden Faktoren wird es gelingen, die bisherigen Einseitigkeiten zu überwinden und schließlich zu einem naturgemäßen Konzept zu gelangen.

3. Fakten, die für eine bedeutende oberjurassische Gleittektonik in der Hallstätter Zone sprechen

Seit 1964 durch V. HÖCK & W. SCHLAGER große Blöcke von Hallstätter Kalken, die in den Strubberg-Schichten des Nordrandes vom Tennengebirge in Salzburg stecken, als Gleitblöcke beschrieben worden sind, mehren sich in zunehmendem Maß die Anzeichen für Gleitvorgänge auch wesentlich größeren Stiles in den verschiedenen Abschnitten der Hallstätter Zone. Es wird daher im folgenden über einschlägige Beobachtungen verschiedener Autoren und eigene Wahrnehmungen zu berichten sein, bevor das Resumé aus diesen Einzelbeobachtungen zu ziehen ist.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Gleitphänomene sind grundsätzlich durch folgende Strukturen zu erfassen: 1. Am sichersten durch Einsedimentation älterer Schollen in eine normale Serie, d. h. Einschaltung von Blöcken, Platten, Deckenteilen oder Decken innerhalb einer kontinuierlichen Serie, die mit aufrechter Schichtlagerung auch am Rücken der eingeglittenen Scholle ohne tektonischen Kontakt weitersedimentiert wurde. Solche Beispiele sind besonders aus dem Raum der Halleiner Hallstätter Zone von B. PLÖCHINGER beschrieben worden. 2. Sedimentärer Gleitfaltenbau. Die Faltenachsen sind nicht streng ausgerichtet wie bei tektonischen Falten. Die Falten werden hangend oft abradiert und sind vor allem hangend flach zusedimentiert. Gleitschollen verschiedener Dimension begleiten die Falten, etwa schräg gestellte geschichtete Blöcke in Zehnermeterdimension. 3. Fernher eingeglittene Blöcke fremder Gesteinsarten sind randlich meist mit einem aus diesem Material bestehenden Brekziensaum umgeben, wobei sich der Hauptblock zunächst durch Risse und Spalten, weiter außen durch isolierte Brocken im jüngeren Sediment randlich allmählich auflöst. 4. Das allmähliche Auflösen der Randpartien einer Großscholle kann zurücktreten oder fehlen, wenn diese Gleitschollen im Zuge eines Turbidit-Ereignisses eingeglitten, d. h. in allodapischem Kalk eingebettet sind. Dann können die Brekziensäume auch gänzlich aussetzen, allerdings birgt der umgebende allodapische, an der Basis deutlich gradierte detritische Kalk dort bis faustgroße oder noch größere fremde Schollen verschiedener Art aus dem Herkunftsgebiet der Großblöcke. In unserem Falle trifft man im Raum der Halleiner Hallstätter Zone und des Lammertales in solchen Fällen Hallstätter Brokken, auch weiche Haselgebirgsbrocken als Bestandteile der Grobfraktion der allodapischen, turbiditisch entstandenen malmischen Barmsteinkalke. 5. Als eventuell brauchbares neues Merkmal für Gleittransport könnten sich die eigenartigen, bisher nicht verständlichen Fugen von Großgleitschollen erweisen, die bereits früher beobachtet wurden: Auch Blöcke und Hallstätter Deckenteile, die nun auf Gleittransport zurückgeführt werden, bestehen aus im einzelnen in Mächtigkeit und Abfolge leicht divergierenden Hallstätter Serien (Beispiel Röthelstein/Feuerkogel-Deckscholle bei Äußere Kainisch), ja sogar aus Einzelblöcken, die im Durchbewegungsgrad voneinander abweichen (Peilwand im Lammertal), die an steil bis vertikal stehenden Fugen zusammengekleistert erscheinen, aber auf einheitlicher (oder wohl nur durch Setzung deformierter) Unterlage aufruhen. Hierdurch sind diese gewaltigen, den gesamten Block durchsetzenden Störungen nicht aus dem Untergrund diktiert worden, sondern während des Transportes dieser Einheit entstanden. Da aber fremde Teile auf engem Raum auch in verschiedener Zahl zusammengefügt erscheinen, entsteht der Eindruck, daß zerrissene und verdrehte Partien beim Auftreffen im Zielgebiet wiederum zusammengeschoppt und verkittet worden sind, also hier als „Gleitsymphysen" bezeichnete Suturen auftreten, die auf Gleittransport schließen lassen.

Überblicken wir nun die Beispiele für Gleittektonik großen Stiles im Raum der Hallstätter Zone, im Westen beginnend.

1. Halleiner Hallstätter Zone. Seit 1929 (S. 473f.) hat J. KÜHNEL aus dem Malm des Tirolikums am Südrand der Halleiner Hallstätter Zone auf Einschüttung von Hallstätter Komponenten in die malmischen Basalkonglomerate verwiesen. Seit 1974 aber konnte B. PLÖCHINGER in steigendem Ausmaß die Einsedimen-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

tation von Riesenschollen (1974, 1977: Haselgebirgs-Riesenscholle in den Oberalmer Schichten des Tithon-Berrias im Steinbruch des Gartenauer Zementwerkes bei St. Leonhard S Salzburg, belegt durch Obertagsbeobachtungen und die Bohrung Gutrathsberg B I), schließlich der gesamten Halleiner Hallstätter Scholle erfassen (1976). Bei gemeinsamen Begehungen im Jahre 1980 demonstrierte B. PLÖCHINGER einerseits die Einschaltung dieser Hallstätter Serie in eine aufsteigende, auch im Hangenden rundum außen zwar steil, aber normal darüber auflagernde, weitersedimentierte Oberjuraschichtfolge des Tirolikums, andererseits das reichliche Auftreten von Hallstätter Gesteinsbrocken in den der Halleiner Masse auflagernden nächstfolgenden oberjurassischen Barmsteinkalkbank an zahlreichen Stellen – so z. B. an der Straße NNW vom Stocker und beim Saghäusel S Dürnberg oder in der Umrahmung des Rappoltstein. Die Hallstätter Decken- und Scholleneingleitung vollzog sich hier demnach im oberen Malm in einem Tiefmeer-Milieu der Oberalmer- und Barmsteinkalk-Fazies, dieser allodapischen Turbidit-Entwicklung.

2. Lammertal: Während wir (trotz aller Überschiebungen an den Rändern) die Hauptmasse der Lammerscholle mit ihrem bloß auf die höhere Obertrias beschränkten Hallstätter Einfluß und Fehlen der Rotkalkentwicklung auf Kosten der Graukalke, Pedata- und Zlambachentwicklung als Element des Hallstätter Nordkanals als relativ bodenständig betrachten, wird diese Einheit von einem Schwarm von Hallstätter Kalkschollen begleitet und überlagert, die einerseits Rotkalk-Schwellenfazies führen, andererseits in Hallstätter Kalkentwicklung (Salzbergentwicklung) bis über das Karn in die Mitteltrias hinuntergreifen, wie neuere mikropaläontologische Untersuchungen bewiesen haben. Zu diesem Schollenschwarm gehören z. B. die Schollen von Hinterkellau/Staudinger Köpfl E Golling, die ladinischen bis sevatischen Hallstätter Kalk enthalten (H. HÄUSLER, 1980b, S. 137, Abb. 7; 1981, S. 154), vielleicht die einsedimentierten Schollen in der Strubbergserie am Nordrand des Tennengebirges wie z. B. jene des Rauhen Sommerecks mit alaunischem Hallstätter Kalk (H. HÄUSLER 1979, S. 89) oder die tektonisch über rhätischem Zlambachmergel (A. TOLLMANN & E. KRISTAN-T., 1970, S. 107) aufruhende Holzwehralmscholle S der Lammeröfen mit einem Hallstätter Kalk des Lac, Alaun und Sevat (H. HÄUSLER, 1979, S. 88, 91; 1981, S. 150, Abb. 2), sodann die Peilwand-Scholle ESE Abtenau mit einer vom Anis bis ins Sevat reichenden conodontenbelegten Hallstätter Kalkserie (W. HAMILTON, Vortrag 1980), ferner die Schönau-Schollen mit Hallstätter Buntkalkfazies NW der Zwieselalm, die nach G. MANDL (Vortrag 1981) durch Conodonten getestet, eine Hallstätter Serie vom Roten Knollenflaserkalk des Langobard bis zum Hangendrotkalk des Sevat lieferten.

Diese Hallstätter Kalk-Schollen stammen ihrem Schichtumfang und ihrer Fazies nach nicht aus dem Nordkanal, sondern aus dem Südkanal der Hallstätter Entwicklung – wofür auch die Überlagerung (etwa auf der Holzwehralm, bei der Peilwand und bei den Schönau-Schollen) über der im Nordkanal beheimateten Lammermasse sprechen.

Für Gleittransport dieser Schollen in Salzbergfazies sprechen folgende Beobachtungen: a) Die sedimentäre Position der Kellau-Scholle aus Hallstätter Kalk bei Hinterkellau innerhalb der Barmsteinkalk-Oberalmer Schichtserie wurde von

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

B. PLÖCHINGER 1979, S. 183, Abb. 1, eingehend begründet. b) Die kleine Hallstätter Scholle in Fortsetzung der Kellauwand (Kote 852) NE Hinterkellau wurde bei einer gemeinsamen Begehung mit B. PLÖCHINGER et al. im Sommer 1980 als ebenfalls sedimentär im tirolischen Barmsteinkalk eingebunden angetroffen: In einem Grabenaufschluß am Westrand des Staudinger Köpfls wurde die sedimentäre Grenze zwischen Hallstätter- und Barmsteinkalk freigelegt. c) Die Hallstätter Kalk-Schollen bei der Schönalm und analoge Blöcke am Nordrand des Tennengebirges sind durch V. HÖCK & W. SCHLAGER, 1964, als Eingleitblöcke in die Strubbergschichten erkannt worden. Die randliche Auflösung dieser Blöcke in der tonig-mergeligen Grundmasse der Strubbergschichten belegt diese Mitteilung eindeutig. Nur die Schüttungsrichtung der Schollen ist noch nicht geklärt, lokale Südvergenzbeobachtungen wären noch genauer zu prüfen. Die Strubbergschichten, deren manganschieferreicher tieferer Teil noch in den Dogger gehört, reichen mit ihrem brekzienreichen höheren Anteil in den Malm, wie Saccocoma und Globochaete belegen (H. HÄUSLER, 1979, S. 104). d) Für den Gleittransport der Pailwandscholle mit ihrer mittel- bis obertriadischen Hallstätter Kalkserie spricht die oben erwähnte Struktur der Gleitsymphysen, die die Scholle in individuelle, nicht zusammenpassende Einzelstücke gliedern.

3. Im zentralen Salzkammergut sind die Nachweise für Gleittektonik seit G. SCHÄFFER ab 1973, seit unseren Kartierungsübungen vom Wiener Geologischen Institut im Jahre 1978, besonders im Gebiet der Gruppe R. RÖTZEL, und namentlich seit den speziell mit dieser Fragestellung durchgeführten Untersuchungen durch G. MANDL (1980, S. 24ff.) mannigfaltig. Zwei Erscheinungen sind es hier insbesonders, die die Eingleitung der Hallstätter Schollen so eindringlich nahelegen: Erstens die Schuttstreu um die im Radiolaritniveau steckenden Schollen und der Gleitfaltenbau des Radiolarites, zweitens die einheitlich die tirolische Dachsteinkalkfazies und den Hallstätter Schollenschwarm samt Brekzienbegleitung zusedimentierende Oberjuraplatte aus Oberalmer Schichten. Die Verhältnisse sind an folgenden Punkten besonders gut aufgeschlossen: Im Bereich S des Höherstein und N vom Sandlingstock, am Südrand der Knerzenscholle 700 m SE der Knerzenalm am Oberrand des Radiolarit-Komplexes des Fludergrabens W der Blaa-Alm NW Altaussee und am Block innerhalb dieses Radiolarites 600 m SW der Blaa-Alm. Diese Verhältnisse wurden jüngst im Detail durch G. MANDL (1980) geschildert.

Die Eingleitung der aus dem Süden stammenden Hallstätter Schollen sowie einiger aus dem Norden kommenden Dachsteinkalkblöcke erfolgte in diesem Raum im Niveau des Radiolarites, der lithologisch völlig dem untermalmischen Ruhpoldinger Radiolarit entspricht. Von G. SCHÄFFER (1973, S. A 53; 1975, S. A 68) war die Eingleitung ursprünglich als liassisch bezeichnet worden, auf Grund von Pliensbach-Ammoniten aus Brekzienlagen. Nun konnte G. MANDL durch gezieltes Suchen die Brekzien und Rotkalke, die im Graben E der Knerzenalm und W des Brunnkogels stratigraphisch noch unterhalb des Radiolarites liegen, mittels Ammoniten als oberstes Callovien (det. L. KRYSTYN) einstufen, sodaß als Alter für den über diesem obersten Dogger auflagernden Radiolarit eben nur Oxford in Frage kommt. Die Gleittektonik ist also in diesem Abschnitt im Untermalm vor sich gegangen.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

4. Auch im östlichen Salzkammergut lassen sich die fernverfrachteten Schollen des Mitterndorfer Deckschollenschwarmes, mit ihrer mittelanisischen bis norischen Hallstätter Kalk-Serie aus dem Südkanal stammend, gut als Gleitschollen deuten. Besonders die Hauptscholle im Röthelstein-Feuerkogel-Stock, aber auch weitere Schollen lagern dem Radiolaritniveau des Sockels auf, wobei Brekzien im Radiolarit auf die Bewegung hinweisen. Eine Gleitsymphyse durchsetzt die genannte Hauptscholle südlich vom Röthelstein.

4. Die jurassische Gleittektonik als Hauptgestaltungsprinzip der Hallstätter Region der Kalkalpen

Faßt man die angeführten Fakten und weitere Beobachtungen im Raum der Hallstätter Zone zusammen, so ergibt sich heute folgendes Gesamtbild. In der Zeit des Dogger, schließlich des unteren Oberjura erreicht die Einsenkung eines langgestreckten Beckens in der Längsachse des Tirolikums, von der Unkener Mulde im Westen über den Raum von Berchtesgaden, des Lammer/Osterhorn-Gebietes, des zentralen und östlichen Salzkammergutes gegen Osten hin über das Warscheneck (Wurzeralm-Deckscholle über dem Radiolarit) weiterziehend, die größten Beträge. Die maximale Tieflage dieser wohl durch Krustenzerrung bedingten Einsenkung war im Oxford erreicht, wo die geringmächtige Radiolarit-Mangelsedimentation auf ein Absinken unter die Kalkkompensationsgrenze hinweist. Den Arbeiten von V. DIERSCHE (1978, 1980) kann die Konfiguration dieser Tiefseebecken zur Radiolarit-Bildungszeit im einzelnen entnommen werden. Dieser längsgerichtete Tiefseetrog in der W-E-Achse der zentralen Kalkalpen bildete ideale Voraussetzung für Eingleitung der in Bewegung gekommenen Schollen vom hochgelegenen Kalkalpen-Südrand.

Wohl nicht ganz so tief, aber in dieser Beckenregion auch noch in beträchtlicher Tieflage lag der Meeresboden im mittleren und obersten Jura, in welch letzterem nicht nur die pelagische, dünnschichtige, hornsteinführende Oberalmer Fazies zur Ablagerung kam, sondern auch noch die weit verbreiteten allodapischen Barmsteinkalke auf Turbidite, die in die Beckentiefe niedergingen, hinweisen.

Unter diesen Voraussetzungen ist bei der sich in den begleitenden Brekzien und Rutschfalten äußernden Bodenbewegung das Eingleiten von Schollen, aber auch großtektonischen Elementen wie Decken aus der südlich anschließenden Region, die demnach eine Schwellenposition einnahm (untergeordnet auch aus dem Nordrahmen des Beckens = Dachsteinkalkfazies) verständlich. Besonders für die weither stammenden Schollen aus dem Hallstätter Südkanal, dessen Verzahnung mit mitteltriadischem Hallstätter Kalk ja am Südrand der Dachsteindecke noch erhalten ist (F. KÜMEL in O. GANSS et al., 1954, S. 34; R. LEIN, 1975, S. 199ff.), muß z. B. im Salzkammergut ein einheitliches Gefälle bis zur Beckentiefe im Bereich des Nordkanals gegeben gewesen sein. Diese Bedingungen waren offenbar vorhanden, da auch über der von den Schollen überquerten Dachsteindecke (Relikte noch im Wandlkogel, der Sarstein-Deckscholle, dem Plassen) in dieser Zeit Radiolarit abgelagert wurde, was auf deren Tieflage hinweist. Bei der früheren Vorstellung von G. SCHÄFFER von einer (früh)liassischen Eingleitung der Schollen hatten sich Seichtwasserablagerungen wie Hierlatzkalk etc. im Bereich der Dachstein-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

decke gegen eine solche Deutung gestellt. Die liassische Eingleitung ist aber heute – wie seit je vermutet – aus den oben genannten Gründen hinfällig geworden.

Im Salzkammergut geben die Verhältnisse im steirischen Anteil rund um den Grundlsee die klarste Auskunft für eine Rekonstruktion der ursprünglichen Verhältnisse. Hier sind die Schollen in Salzbergfazies im Raum Mitterndorf nicht mehr bis an oder über den Nordkanal überglitten wie weiter im Westen, sondern am Rücken der südlich anschließenden Warscheneckdecke im Bereich des Lawinenstein-Türkenkogelzuges südlich vom Grundlsee liegen geblieben. Dadurch läßt sich bildhaft klar der Faziesgegensatz zwischen dem Nordkanal ohne Hallstätter Kalk und mit einer Mitteltrias und einem Karn in „Normalentwicklung" und einer nur durch Pedataschichten und Zlambachmergel als hallstätterisch beeinflußten höheren Obertrias und dem Schollenschwarm aus dem Südkanal in völlig konträrer Hallstätter Entwicklung in Salzbergfazies erkennen (A. TOLLMANN, 1960). Wenn wir daher im Abschnitt westlich von Aussee bis Goisern und Ischl wiederum die gleiche Salzbergfazies im Sandling-Raschberg-Stock antreffen und dort noch dazu allenthalben intensivste Hinweise auf Gleittektonik erhalten, erscheint es wohl voll gerechtfertigt, daß wir diese klare fazielle Fortsetzung des Mitterndorfer Deckschollenschwarmes, die aber hier nicht nur an, sondern offenbar bis über den Nordkanal verfrachtet wurde, ebenfalls im Südkanal beheimaten.

Als interessanter neuer Faktor hat sich für den Abschnitt Sandling-Raschberg-Zlambachgräben die von mir zunächst kritisch aufgenommene Mitteilung von U. PISTOTNIK (1975) bestätigen lassen, daß die Rotkalkfazies des Raschbergstockes mit der Graufazies im Bereich Steinwandlgraben und weiter westlich stratigraphisch zusammenhängt und daher das gesamte Ensemble Hallstätterkalkfazies-Raschberg und Zlambachfazies des Stambach- und Zlambachgebietes als Einheit betrachtet werden muß, die demnach aus dem Südkanal fernverfrachtet hierher gelangte. Für die Überprüfung der Frage des Zusammenhanges war die Schlüsselstelle im obersten Steinwandlgraben beim Hütteneck zunächst selbst begutachtet worden, in der Folge aber über unser Anraten von Herrn F. MANDL (1980) im Rahmen einer Vorarbeit am Geologischen Institut der Universität Wien aufs genaueste kartenmäßig, feinstratigraphisch und mikropaläontologisch untersucht worden. Das Ergebnis war der gesicherte Zusammenhang von Hallstätter Rot- und Graufazies, durch schrittweise Übergänge, aber auch durch spezifische durchgehende Leithorizonte – wie rote tuvalische Hornsteinkalke u. a. – belegt, trotz aller tektonischen Störungen. Damit aber sind wir heute gezwungen, der gesamten Einheit im Raum Ischl-Goisern-Aussee mit zusammengehörigen Anteilen in Zlambach- und Salzbergfazies eine allochthone Stellung zuzubilligen, die in klarem Gegensatz zur im Nordkanal beheimateten Grundlsee-Fazies ganz anderer Beschaffenheit steht (vgl. A. TOLLMANN, 1960).

Der Zeitpunkt der Eingleitung der Hallstätter Schollen aus dem Südkanal in die Tiefe des Oberjurabeckens variiert in den einzelnen Abschnitten: Im Mittelteil der Hallstätter Zone, dem Salzkammergut, lagern die Hallstätter Gleitschollen und Gleitdecken in und auf Oxford-Radiolarit, die Eingleitung erfolgte daher noch im Untermalm. Weiter im Westen wurde die Südschwelle offenbar später emporgehoben, da die Eingleitungen im Raum des Lammertales (Strubbergbrekzien), im Raum von Golling und bei Hallein erst im Obermalm erfolg-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

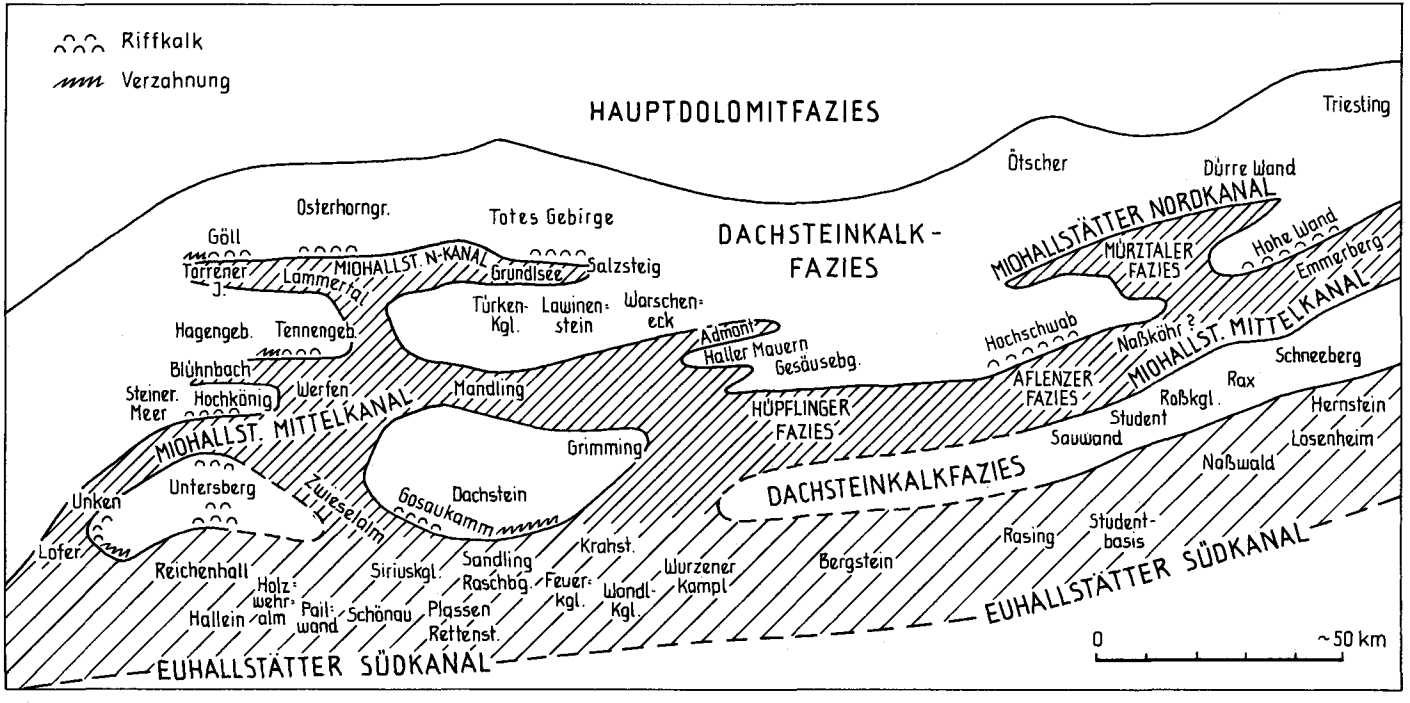


Abb. 2: Skizze zur mutmaßlichen Paläogeographie der Hallstätter Zonen in den Kalkalpen. DA – Dachstein(-Decke), GRU – Grundlsee, KN – Knerzenalm, MA – Mandlingzone, MI – Mitterndorfer Schollen, SA – Sandling, TO – Totengebirge(-Decke), WA – Warscheneck(-Decke).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

te. Für den westlich folgenden Abschnitt an der Front und am Westrand der Berchtesgadener Decke, also den Raum südlich Salzburg bis hinüber nach Unken und Lofer gilt einerseits, daß noch untere Kreide durch Tief- und Hochjuvavikum überwältigt ist, andererseits in den Hallstätter Schollen zwischen Dietrichshorn im Norden und Hochkranz im Süden die Serie nach gewaltiger Lücke nach dem Hallstätter Kalk noch bis in die Loferer Schichten und den Lerchkogelkalk emporreicht, die ein tithones bis tiefneokomes (bis Valendis) Alter aufweisen. Dabei zeigen die dem Hallstätter Kalk oder -Dolomit transgressiv auflagernden Loferer Schichten eine ganz ungewöhnliche Entwicklung mit z. T. groben Basalkomponenten, sodaß bei der Vorstellung von Gleittektonik in diesem Abschnitt wohl ein zweiphasiger Transport angenommen werden kann: Zunächst Gleitung und Einsedimentation im Tithon unter Auflagerung der Loferer Schichten, später eine zweite Bewegungsphase, die die nochmals losgetrennte Schollenserie nun über die wohl bis ins Barréme reichenden Roßfeldschichten vorfrachtet. Ob diese zweite neokome Bewegung aus der Zeit der austroalpinen Phase nochmals durch Gleiten oder bereits durch Einengungstektonik vonstatten ging, ist derzeit nicht leicht entscheidbar: Die Roßfeld-Tiefseerinne, die sich damals wohl durch Beginn der Subduktion im Untergrund vor diesem juvavischen Ensemble bildete, weist mit ihren Gleitbrekzien, Gleitfalten und dem Wildflysch-artigen Tiefseesedimentfächer (P. FAUPL & A. TOLLMANN, 1979) sowohl auf die Möglichkeit von Eingleitung hin, andererseits wird mit dieser Phase zugleich der Beginn der Einengungstektonik angekündigt. Diese wird für das weitere tektonische Geschehen entscheidend.

Nach dieser gewaltigen Umgestaltung durch Gleittektonik während des gesamten Oberjura wird auch das besprochene Gebiet der Hallstätter Region wie der gesamte Raum der übrigen Kalkalpen noch durch die Schubdeckentektonik der Kreidezeit und des Alttertiärs erfaßt. Der Nachschub der Dachsteindecke mag bereits in der vorgosauischen Schubphase die allochthonen Hallstätter Massen zwischen Ischl und Aussee, über denen ja Oberjura und Unterkreide als neoautochthone Serie ebenso wie über den Totengebirgssüdrand sedimentär aufgelagert worden waren, sekundär eingewickelt haben. Die Stirnbildung im Grimming und im Katergebirge erfolgte nach der Mitfaltung der Gosau in letzterem erst nachgosauisch, also wohl in der illyrisch-pyrenäischen Phase.

5. Zur Paläogeographie der Hallstätter Region

Auf Abb. 2 wird in schematischer Art die ursprüngliche Anordnung der Hallstätter Kanäle innerhalb der Karbonatplattformsedimente der Kalkalpen zur Darstellung gebracht.

Im Nordkanal setzt die Hallstätter Entwicklung im Ostteil in der Grundlsee-Fazies erst ab Nor mit Pedataschichten ein, zu denen im Rhät Zlambachmergel hinzutreten. Das Karn ist noch fast voralpin mit seinem bedeutenden, kohlenführenden Lunzer Sandstein und den Cidariskalken ausgebildet. Im Bereich des Lammertales enthält der Nordkanal wiederum nur höhertriadische Hallstätter Gesteine, und zwar kieselige Graukalke des Karn, untergeordnet norische graue Hallstätter Kalke, vorwiegend norische Pötschen/Pedataschichten und rhätische Zlambachmergel. Die mitteltriadische und karnische Hallstätter Kalk-Folge der Salzbergfazies fehlt in dieser Miohallstätter Entwicklung.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Der Mittelkanal enthält ebenso nur eine schwächlich entwickelte miohallstätterische Fazies wie der Nordkanal, indem wiederum nur die Obertrias Hallstätter Gesteine führt. So haben sich in der Werfener Schuppenzone die im Blühnbachtal vorhandenen rötlichen Kalke SW vom Tenneck durch Conodontentests als alaunisch-sevatische Pedataschichten erwiesen, die Vermutung von Mitteltrias in Hallstätter Fazies fällt weg (H. HÄUSLER 1981b). Auch in diesem Kanal, in dem über einer meist dolomitreichen Mitteltrias erst Hallstätter Einflüsse in Form des Buntdolomites des Cordevol (?) aufscheinen, stellen sich demnach typische Hallstätter Gesteine erst mit den Pötschen/Pedataschichten und Hallstätter Kalken des Nor und den Zlambachmergeln des Rhät ein (vgl. R. LEIN 1975, S. 223). Dies gilt auch noch für den südlichen Ausläufer dieser Fazies im Zwieselalmgebiet, der der Westseite der Dachsteindecke folgt. Andererseits scheint ebenso der Unken-Loferer Ausläufer noch ein südwestlich absplitternder Ast des Mittelkanals nördlich der Untersberg-Plattform gewesen zu sein, da in seiner Fazies die Hallstätter Entwicklung wiederum erst mit der Obertrias mit karnisch-norischem Buntdolomit, den Pötschen/Pedataschichten, und norisch-sevatischem, aber nicht mitteltriadischem Hallstätter Kalk einsetzt (vgl. A. TOLLMANN 1976, S. 315).

Erst der Südkanal enthielt die bekannte durchlaufende Buntkalkentwicklung. Der Hallstätter Kalk reicht vom Mittelanis bis ins Sevat. Aus ihm stammen all die berühmten Schollen mit den reichen Hallstätter Faunen wie jene von Hallstatt, vom Raschberg, vom Feuerkogel etc. (Abb. 2). Auch die Halleiner Hallstätter Entwicklung mit ihrem anisischen Schreyeralmkalk und ihrer vollständigen karnisch-norisch-sevatischen Hallstätterkalkserie ist faziell von diesem Südkanal abzuleiten.

Im Raum südlich von Lofer setzt am Südwest- und Südrand der Berchtesgadener Decke – ganz analog zu den Verhältnissen am Südrand der Dachsteindecke – die mitteltriadische Hallstätter Entwicklung wiederum in Annäherung an den Südkanal verzahnend bereits am Rand der Plattformsedimente an: Die am Kienberg und Kötschmairhorn dort stratigraphisch im Verband des Dolomites der Berchtesgadener Decke steckenden Hallstätter Kalke erwiesen sich als ladinisch (von K. H. NAGEL 1971, S. 34ff. noch als Anis gedeutet; R. LEIN 1975, S. 222, Abb. 6; H. HÄUSLER & D. BERG, 1980, S. 69f.). Hier tritt auch in der Egger-Scholle im Hallstätter Schollenkranz SE Lofer entgegen dem Unkener Gebiet zum ersten Mal wiederum ladinischer Hallstätter Kalk auf (H. HÄUSLER & D. BERG, l. c.), sodaß der Wirkungsbereich des Südkanals auch hier im Westen zu spüren ist.

6. Der Ablauf des Gleitvorganges

Die bedeutendste Umgestaltung dieses paläogeographischen Bildes erfolgte nach dem oben Ausgeführten in der Zeit der oberjurassischen Gleittektonik. Mit zeitlichen Differenzen vom Unter- bis Obermalm zwischen Salzkammergut und Salzach-Gebiet durch Aufkippen des äußersten Südrandes des Kalkalpen-Troges kam zunächst die durch das mächtige salzreiche Haselgebirge unterlagerte hochmobile Hallstätter Masse des Südkanals ins Gleiten gegen Norden, wobei dieser Gleitvorgang die Schollenmasse aus dem Südkanal im Malm teils bis südlich des Nordka-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

nals (Grundlsee), teils bis auf den Nordkanal (Aussee-Ischl, Lammeröfen), teils bis nördlich jenseits des Nordkanals (Gollinger Schollen, Halleiner Gleitmasse) verfrachtete. Die Hallstätter Einheit des Südkanals ist also über die Dachsteinmasse und die nachmalmische Warscheneckdecke hinweggeglitten (Abb. 3).

Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ist ferner anzunehmen, daß die Verfrachtung der Dachsteindecke und Berchtesgadener Decke ebenfalls bereits mit einer folgenden, frühalpidischen Gleitung einsetzt, und zwar aus zwei Gründen. Zunächst ergibt sich aus faziellen Beobachtungen, daß die Schollen der Dachsteindecke und der Berchtesgadener Masse durch Riffansatz in Teilabschnitten an ihren Rändern auch im Westen (Gosaukamm im SW, Saalach-Stirnschuppe im NW) bzw. durch Verzahnung zur Beckenfazies (mitteltriadischer Hallstätter Kalk in der Hundshornscholle) offenbar bereits im Sedimentationsraum allseits begrenzte Plattform-Areale darstellten, die sich im Verband ihrerer sehr heterogenen Umgebung als Schubdecke nur schwer, als Gleitdecke leichter transportieren lassen würden. Ferner erscheint die eigenartige Stellung der Hallstatt-Plassen-Scholle, die nach ihrer Salzbergfazies sicherlich aus dem Südkanal über den Rücken der Dachsteindecke transportiert worden ist, entgegen dem „Salzauftrieb" eingeklemmt in tiefer Position zwischen den Teillappen der Dachsteindecke, bei früher Gleittektonik der Dachsteindecke leichter verständlich: Gerade durch ein solches ungleichmäßiges Gleiten könnte sich ein gegen Westen rascher öffnender Spalt in der Dachsteinmasse auftun, in den die Plassen-Hallstatt Masse absackt. Die steilen, den Hallstätter Salzberg begrenzenden Störungen wären dann als Gleitsymphysen zu deuten, die weder in den Untergrund, noch (wie etwa Seitenverschiebungen oder gewaltige vertikale Brüche) in der östlichen Fortsetzung der Dachsteindecke im Sarstein weiter fortsetzen.

Den späteren, vor- und nachgosauischen Schubdeckenbewegungen kommt in den Kalkhochalpen durch den kräftigen Weitertransport des Hochjuvavikums in Berchtesgadener- und Dachsteindecke etc. ansehnliche Bedeutung zu. Auch wenn diese Einheiten vielleicht ebenfalls im Malm erstmalig mobilisiert worden waren, so zeigt z. B. das Untertauchen des Oberjurazuges Jochwand-Ewige Wand bei Goisern unter die Dachsteindecke deutlich die Bedeutung des kretazischen Weiterschubes dieser Einheiten, die ja auch noch über den hochneokomen Ischler-/Roßfeld-Brekzie liegen.

7. Der Ostabschnitt der Hallstätter Zone

Die östliche Fortsetzung der Hallstätter Kanäle aus dem westlichen und mittleren Abschnitt der Hallstätter Zone war so lange nicht in endgültiger Form zu beantworten, solang der rasche vielfache seitliche Übergang von Plattformfazies über Schwellen- zu Beckenfazies im Nord- und Südkanal sowie Übergang von Zlambach- (Grundlsee-Fazies) in Salzbergfazies auch im Nordkanal im Sinne von W. SCHLAGER propagiert worden ist. Dann wären auch die wenigen isolierten Schollen in Salzbergfazies (Buntkalkfazies) im Ostabschnitt nicht von einem hypothetischen Südkanal abzuleiten, sondern aus der Nordfazies durch Übergänge zu erklären gewesen.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

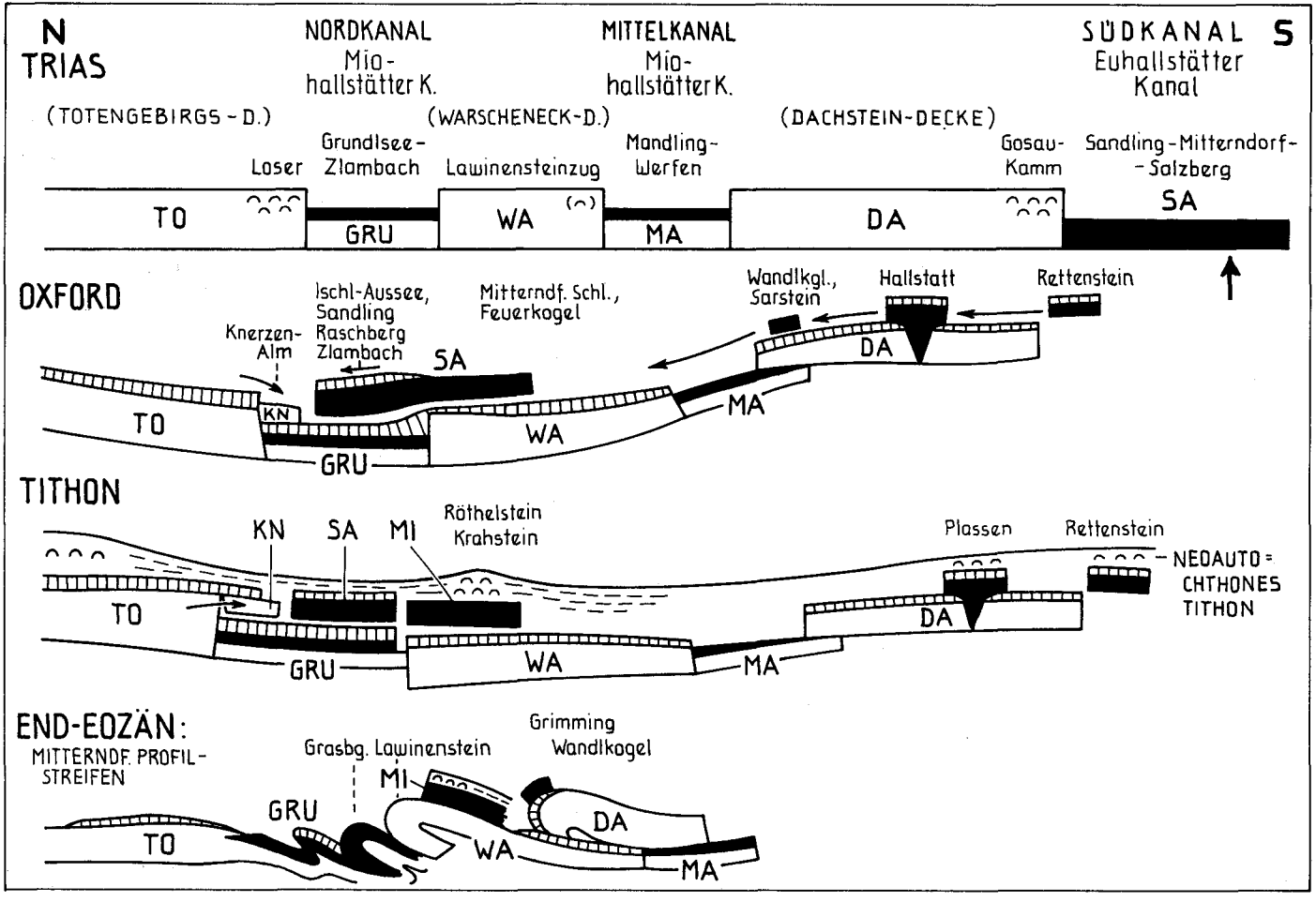


Abb. 3: Sammelprofil über die Hauptphasen der Gleittektonik und der späteren Einengungstektonik im Salzkammergut.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Nun hat sich die Ausgangssituation zur Deutung auch des erosiv stärker reduzierten Ostabschnittes der Hallstätter Zone insoferne geändert, als der zuvor geschilderte große Faziesgegensatz zwischen der Miohallstätter Entwicklung im Nordkanal (Grundlsee-Fazies) mit ihrem voralpinen Einschlag und der Euhallstätter Fazies im südlichen Kanal (Salzbergfazies) mit voller Hallstätter Kalkentwicklung ab der Mitteltrias – wie vom Verfasser 1960 (S. 87, Abb. 1 etc.) für das steirische Salzkammergut herausgearbeitet – sich als durchgreifendes Merkmal in der Hallstätter Zone herausgestellt hat.

Daher erscheint es wohl voll gerechtfertigt, dieses Prinzip auch auf den Ostabschnitt der Kalkhochalpen anzuwenden. R. LEIN (1981) hat dies in einer soeben erschienenen Arbeit getan, mit dem Ergebnis, daß dadurch nun das alte SPENGLER'sche Konzept (1959, Taf. 4) eines Südkanals mit Salzbergfazies rehabilitiert wird, mit den entsprechenden Abwandlungen, die der Fortschritt der Forschung inzwischen mit sich gebracht hat. Dieser Auffassung von R. LEIN stimme ich auch deshalb zu, da sich gerade zufolge der zuvor gestellten neuen Vorstellung der jurassischen Gleittektonik als Haupttransportmechanismus auch in diesem östlichen Abschnitt die Möglichkeit ergibt, auf einfachere Weise die Position von fernverfrachteten, isolierten Hallstätter Schollen in Salzbergfazies weit im Norden der Kalkhochalpen zu erklären, ohne flächenmäßig riesige, breite Schubdecken zu Hilfe holen zu müssen, die in der Hauptsache abgetragen wären und demnach eben ein außerordentlich breites Areal bei der Rekonstruktion erfordern würden.

Die Schwierigkeit der Verbindung vom Mittelabschnitt gegen Osten beruht darauf, daß der Nordkanal bereits östlich jenseits von Tauplitz und Salzsteigjoch nördlich von der Warscheneckdecke nicht mehr erfaßbar ist, vielleicht primär endete, und erst wiederum weit im Osten ein vielleicht ebenfalls blind endender Nordkanalabschnitt in der Mürztaler Fazies aufscheint.

Die Fortsetzung des Mittelkanales (Werfener Schuppenland, Mandlingzug) wäre etwas versetzt dann im Aflenzer Kanal gegeben, trotz fazieller Eigenständigkeit im Osten. Als grundsätzliche Gemeinsamkeit hat auch hier zu gelten, daß auch in diesem Mittelkanalbereich noch Miohallstätter-Entwicklung herrscht – im Westen wie im Osten.

Aus der Fortsetzung des Südkanals im Osten würde nach R. LEIN (1981) dann eine Reihe kleiner Schollen stammen, deren Neuuntersuchungen Schichtglieder in Salzbergfazies, z. T. bis in die Mitteltrias hinunter als Hallstätter Kalk ausgebildet, erbracht haben. Hierzu gehören z. B. Bergstein im Gamser Becken-Rahmen, die Rasing-Deckscholle S Mariazell mit Lac-Alaun Hallstätter Massenkalk und Hangendrotkalk, die Hiasbauernalm-Deckenscholle 4,5 km SE Gußwerk mit grauviolettem ladinischem bis unterkarnischem Bankkalk, ein eingewickelter Span unter dem Student-Westabfall mit Spaltenfüllungen aus oberkarnischem rotem Bankkalk und norischem Hangendrotkalk des Alaun, ferner weitere Hallstätter Schollen über Losenheim bis hinüber nach Hernstein nördlich der Hohen Wand. Diese Deutung ist insoferne befriedigend, als seit langem das Nichthineinpassen der fossilreichen Hallstätter Salzbergfaziesglieder in Positionen im Norden nahe dem Voralpin auffällig war, von der Hernsteiner Scholle an (die faziell in jeder Hinsicht unpassend nördlich vor der Riffkalkentwicklung der Hohen Wand liegt) bis hinüber zum Bergstein im Bereich der Göllerdecke östlich vom Gesäuse. Bei

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Anwendung des Gleittransportprinzips ist die Herkunft von einem Südkanal leichter verständlich.

Nicht aus dem Südkanal hingegen leiten wir gegenüber R. LEIN (1981) das große verkehrt liegende Hallstätter Element der Mürztaler Alpen, die Naßköhrschuppe, ab. Wenn hier auch R. LEIN den Übergang im Nor/Sevat im Bereich des Proles in die Rotkalkfazies beobachtet hat, so darf nicht vergessen werden, daß der Hauptkörper der Schuppe in Mürztaler Beckenfazies vorliegt. Ferner aber muß die Tatsache berücksichtigt werden, daß die Mitteltrias hier mit Wettersteindolomit auftritt. Damit ist die Naßköhr-Verkehrtschuppe aus einem miohallstätter Kanal (zu dem Nord- und Mittelkanal gehören) abzuleiten, nicht aber aus dem euhallstätter Südkanal mit Hallstätter Fazies bereits in der Mitteltrias.

Der Schneebergdecke und ihren Ausläufern im Westen kommt dann die gleiche Position zu wie der Dachstein- und Berchtesgadener Decke, durch Ansetzen von mitteltriadischem Hallstätter Kalk am Südrand im Roßkogel und Student auf den Südkanal in Salzbergfazies hinweisend. Ob die Hohe Veitsch auf Grund ähnlicher Südrandverhältnisse aus dem Verband der Mürzalpendecke herauszunehmen ist und ebenfalls aus dem Schneeberg-Streifen abzuleiten ist, was durch eine kräftige sekundäre südvergente Einwicklung an der Dobreinlinie ja theoretisch zu bewerkstelligen wäre, ist noch schwer entscheidbar, für die Gesamtfrage aber nicht wesentlich.

Auch im Osten müßten wie im Westen dort, wo noch Schollen der Schneebergdecke (die ja nördlich der Salzbergfazieszone beheimatet war) über Schollen aus dem Hallstätter Südkanal lagern, letztere als eingewickelt gedeutet werden.

8. Schwierigkeiten bei der Anwendung des Gleitmechanismus

Die Umgestaltung der Paläogeographie durch Gleittransport im oberen Jura ist im Ostabschnitt der Hallstätter Zone nicht so einfach zu belegen wie im mittleren und westlichen Teil, wo vielfach tatsächlich malmische Schichtglieder die tektonische Unterlage oder Umgebung der Hallstätter Schollen bilden. Im Osten treten wohl gelegentlich Jura (?)-Brekzien auf, aber im allgemeinen ruhen die Deckschollen auf wesentlich älteren Gesteinen, oft auch auf Triasdolomit auf, sodaß kein direkter Nachweis für den Gleittransport zu erbringen ist, ja sogar das Fehlen bedeutender Schichtmächtigkeiten am Rücken des Untergrundes ein noch nicht diskutiertes Problem aufwirft. Auch in den übrigen Abschnitten der Hallstätter Zone treten lokal analoge Probleme auf. So liegt z. B. der Mitterndorfer Hallstätter Schollenschwarm aus dem Südkanal zwar in der überwiegenden Masse dem z. T. mächtigen Radiolarit der Warscheneckdecke auf (gesamter Röthelstein-Feuerkogelstock, Hartlkogel, Rabenkogel-Westseite), auf der NW-Seite der diesem Verband angehörenden Rabenkogel-Krahsteinscholle aber kommt die Deckschollentrias bereits sehr nahe an den Dachsteinkalk des Untergrundes heran (T. STEIGER, 1980, Beil. 8). Es zeigt sich aber, daß am Dachsteinkalk des Sockels noch lokal (Brentenmöser) Radiolaritreste aufliegen, was den Hinweis geben mag, daß eine tieferjurassische Tektonik gebietsweise für das Verschwinden mehrerer Schichtglieder verantwortlich ist, dann Radiolarit auf verschiedenem Untergrund abgesetzt wurde und bereits bei kleineren Abquetschungen durch Gleittektonik

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

und auch kratazische transversale Schubtektonik die Auflagerung von Schollen auf älteren Gesteinen bewirkt worden sein kann. Trotzdem ist das Verschwinden von Schichtpaketen großen Umfanges, wie man es besonders im Liegenden der Hallstätter Schollen im Ostteil der Hallstätter Zone vielfach antrifft, gerade bei Gleittektonik nicht sehr einfach erklärbar.

Andererseits müßten beim angegebenen Beispiel der Mitterndorfer Schollen unmittelbar nach dem Gleittransport während der untermalmischen Radiolaritsedimentation sogleich wiederum benachbarte Teile des Untergrundes freigelegt gewesen sein, also nur eng begrenzte Schollen transportiert worden sein, da dann der höhere Oberjura (Oberalmer- und Tressensteinschichten) des Warscheneckdeckensockels ebenso wie jener auf der Hallstätter Scholle des Krahsteins (Plassenkalk) als neoautochthone Serie, über beide Einheiten hinwegsedimentiert, aufzufassen wäre – natürlich unter Berücksichtigung weiterer jüngerer, dazwischen durchlaufender Störungen. So gewinnt die Deutung, die E. FLÜGEL (1964) von der primären Nachbarschaft der beiden erwähnten Juraablagerungen gegeben hat, wiederum Interesse. Seine Schlußfolgerungen der Autochthonie der Hallstätter Deckschollen allerdings bleiben naturgemäß ungültig, aber die Nachbarschaft der erwähnten Oberjuraserien als neoautochthones Sediment wäre verständlich. Die erst jüngst gegebene konträre Deutung durch seinen Schüler T. STEIGER (1980) muß deshalb nicht als endgültige Lösung gesehen werden, da ja gerade innerhalb der westlich benachbarten Hallstätter Deckscholle des Röthelstein-Feuerkogel-Bergstockes ein analoger Faziesunterschied auf gleichem engstem Raum beidseits einer analog tiefgreifenden steilstehenden Störung auftritt: Plassenkalk am Röthelstein, die Oberalmer-Tressenstein-Agathakalk-Folge auf dem südlich vorgelagerten Sockel!

Die andere, oben erwähnte Schwierigkeit im Lichte der gleittektonischen Deutung stellt die weit verbreitete Situation des Auflagerns von ferntransportierten Schollen mit Salzbergfazies aus dem Südtrog über verschieden tief abgetragenen oder abgequetschten Triasserien des Untergrundes dar. Vielfach liegen solche Hallstätter Fernschollen direkt auf mitteltriadischem Dolomit, auf obertriadischem Dachsteinkalk und anderen Gliedern des Sockels. Ob hier der spättriadischen Abtragung der entscheidende Anteil an der Gestaltung zukommt, ob auch einer Abquetschung unter einer Gleitdecke oder Gleitscholle namhafte Veränderungen des Untergrundes zuzuschreiben sind, wird im einzelnen zu prüfen sein. Auffällig und schwierig zu erklären ist jedenfalls die Tatsache, daß vielfach auch nicht ein Rest des Radiolarites oder eines jurassischen Tiefbeckensedimentes unter der Bewegungsbahn der Deckschollen erhalten ist (besonders im Ostteil der Hallstätter Zone), sodaß wohl mit einem Zusammenspiel beider erwähnten Faktoren zu rechnen sein wird.

9. Frühere Vorstellungen über Gleittektonik in den Alpen

Im Band „Gravity and Tectonics", herausgegeben von K. DE JONG & R. SCHOLTEN (1973), werden die Meinungen über Gleittektonik auch in den West- und Ostalpen zusammengestellt. In den Westalpen haben die Préalps Romandes östlich des Genfer Sees das beste Beispiel für Gleittektonik geliefert: Die Art der

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Deckenaufhäufung in dieser Einheit in Form der Divertikulation – also dem tektonischen Übereinanderstapeln von Schichtpaketen in genau umgekehrter Reihenfolge ihrer Ablagerung – kann sicher durch keinen anderen Mechanismus erklärt werden als durch Gleitung, bei der die hangendsten Glieder vorauseilend zuerst im Zielgebiet eintreffen und dann die tieferen Späne wie bei einem durchmischten Spielkartenpaket jeweils später ankommen und daher tektonisch höher zu liegen kommen. Im konkreten klassischen Fall der ultrahelvetischen Deckenfolge der Préalps liegt die Plaine Morte-Decke mit Oberkreide und Flysch zutiefst, darüber folgen die Anzeinde-Decke (Malm und Mittelkreide), die Arveyre-Decke (Dogger und Flysch) und zuoberst die Bex-Laubhorn-Decke (Trias und Lias) – vgl. J. DEBELMAS & C. KERCKHOVE (1973, S. 193). Die Ablösung dieser Decken im Heimatgebiet erfolgte durch Kompression noch vor der einsetzenden Metamorphose im Heimatgebiet, also vor dem Ende des frühen Oligozäns. Ihre Ankunft im Zielgebiet durch Gleittransport fand nach Ablagerung der noch überfahrenen „Roten Molasse", also zwischen unterem und oberem Chatt (R. TRÜMPY, 1973, S. 242) statt.

Auch in den anderen Beispielen der Westalpen erfolgte der Gleittransport nach der „mesoalpinen" Einengungsphase des Obereozän/Unteroligozän: Bei den penninischen Flyschdecken der Schweiz analog wie bei den erwähnten Préalp-Decken im späten Oligozän, im Schweizer Helvetikum noch später, und zwar im obersten Oligozän bis tieferen Miozän, in welcher Zeit das Helvetikum erst seinen Faltenbau erhielt.

In diesem Band hat E. CLAR (1973, S. 267f.) ebendiese Vorstellung von den Westalpen auf die Ostalpen in Analogie zu P. FALLOT (1955) übertragen. Er verlegte die Gleittektonik in die jüngere Ära der alpidischen Tektonik, die im Anschluß an die ältere, durch Kompression gestaltete tektonische Formung erfolgt sein sollte. Heute sehen wir, daß die Reihenfolge der großen Deckengleitungen in den Ostalpen im Raum der Kalkhochalpen gerade umgekehrt ist, wie bei E. CLAR als Prinzip postuliert. Die Hauptgleitphase im Oberjura ging der Transversalschubtektonik in der Kreide und im Tertiär voraus, sie ist wohl tatsächlich als Abgleitvorgang auf dem hochmobilen Salzhorizont in einer Zeit der vertikalen Verstellung, vom Hoch am Kalkalpensüdrand zum Tiefseetrog davor zu verstehen, nicht als ein durch Transversaltektonik in Gang gesetztes Phänomen. Für bedeutende Gleitdeckenwanderung aus jüngstalpidischer Zeit haben wir in den Ostalpen keine Hinweise – etwa in der Art wie wir die Gleitdecken in der Vortiefe der Betischen Kordillere in Spanien, gleich wie in einer „geosynclinale des nappes" (ELLENBERGER), aufgehäuft angetroffen haben.

B) Neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen auf Grund der bisherigen Tiefbohrungen

1. Die Bedeutung der Tiefbohrungen

Da für manchen Geologen Tiefbohrungen die überzeugendsten Beweise für den tektonischen Bau eines Gebietes darstellen und nun in den letzten Jahren eine Reihe von Tiefbohrungen von Erdölfirmen in den Kalkalpen erstellt worden ist, die den doch so lang umstrittenen großzügigen Deckenbau voll bestätigt, ja viel-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Tabelle 1

Bohrung	Urmannsau 1	Berndorf 1	Mitterbach U 1	Vorderriß 1
Geologisch-geographische Position	NÖ. Kalkvoralpen Ötscherland SE Kienberg	NÖ. Kalkvoralpen Berndorf/Triesting	NÖ. Kalkvoralpen W Eben, N Mitterbach bei Mariazell	Bayerische Kalkalpen Isartal zwischen Vorderriß und Sylvensteinspeicher
Geologischer Standort	Sulzbachdecke (Tirolikum)	Göller-Decke (Tirolikum)	Unterbergdecke (Tirolikum)	Lechtaldecke, Wambergsattel (Bajuvarikum)
Erstellungsjahr	1965–1966 (ÖMV)	1978–1979 (ÖMV)	1980–1981 (ÖMV)	1977–1979 (Preussag et al.)
Literaturhinweis	A. KRÖLL & G. WESSELY 1967	A. KRÖLL et al. 1980	A. KRÖLL et al. 1981	H. BACHMANN et al. 1978/79; 1979
Position zur Kalkalpenfront und alpinen Deckenfront	7,5 km S Kalkalpenfront 14 km S Flyschfront	15 km hinter Kalkalpenfront 34 km hinter Flyschfront	20 km S Kalkalpenfront 25 km S Flyschfront	13,5 km S Kalkalpenfront 19 km S Flyschfront 20 km S Helvetikumsfront
Bohrdaten und geolog. Einheiten Kalkalpen	0– 14 m Quartär 14–1990 m **Kalkalpen** (3 Decken und 3 Schuppen) 14– 20 m Sulzbachdecke (Neokom) 20– 92 m Lunzer Decke (Mitteltrias) 92– 276 m Frankenfelser Decke, Hangendschuppe (Neokom-Obertrias) 276–1410 m Frankenf. D., Mittelschuppe (Neokom-Mitteltrias) 1410–1990 m Frankenf. Decke, verkehrte Liegendschuppe	0– 127 m Unterpannon-Kongl. d. Wiener Beckens 127–5640 m **Kalkalpen** (2 Decken, 3 Schuppen) 127–4158 m Göller-Decke mit drei Schuppen (Rhät-Anis) bis 573 m, 1720 m, 4158 m 4158–5640 m Unterbergdecke mit basaler Liegendfalte (Ladin – Permoskyth)	bis 2535 m **Kalkalpen** (3 Decken) Unterbergdecke (aufrecht) ab 409 m Sulzbachdecke (verkehrte steilstehende Serie); über 1200 m Bohrstrecke in Lunzer Schichten beider Decken ab 1545 m Lunzer Decke (aufrecht) Lunzer Schichten bis Perm-Anhydrit	0– 362 m Quartär 362–6401 m **Kalkalpen** (3 Decken, 2 Schuppen) 362–4186 m Lechtal-Decke (Nor – Anis; Schuppung im Hauptdolomit) 4186–6304 m Allgäu-Decke (Lias – Karn) 6304–6401 m Cenomanrandeinheit (2 Teilschuppen: 6304–6373 m U. Malm-O. Dogger 6373–6401 m Cenoman-Tiefjura)
Flysch und Helvetikum	1990–2097 m **Flyschdecke** (Oberkreideflysch) bei 2034–2072 m Ultrahelv. Neokom-Klippe eingeschuppt 2097–2925 m **Ultrahelvetikum-Decke** (Buntmergelserie: Gault bis Mitteleozän, mit Malm-Neokom-Klippen) bei 2363–2600 Allochthone Molasse-Einschuppung (Obereozän-Mitteloligozän)	5640–5910 m **Flyschdecke** (Oberkreide)	ab 2535 m **Flyschdecke** Einschuppung ultrahelvetischer Klippen (Lias, Keuper, Vulkanite) im Oberteil, Flysch d. höheren Unterkreide bei 3100 noch im Flysch beendet.	6401–6468 m **Helvetische Decke** Oberkreide (Wang-, Amdener-, Seewerschichten) 6468 m Endteufe. 6468–7500 m (seism.) noch Helvetikum und
Molasse	2925–3015 m **Molasse,** autochthon (Egerien = „Chatt-Aquitan" = O. Oligozän-Unterstmiozän)	5910–5945 m **Molasse,** autochthon (Egerien = „Chatt-Aquitan" = O. Oligozän-Unterstmiozän)		**Molasse** zu erwarten
Autochthoner Untergrund	3015–3033 m **Böhmische Masse** (Biotitgneis)	5945–6028 m **Böhmische Masse** (Biotitgneis)		7500–8200 m (seism.) **Autochthone** Kreide, Jura, Trias (?) zu erwarten 8200 m (seism.) **Kristallinbasis** zu erwarten

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

fach noch die gestellten Erwartungen übertroffen haben, erscheint es angebracht, hier gleichsam als Schlußstrich unter die Episode des neoautochthonen Denkversuches, ein paar Worte über diese objektiven Beweise vorzubringen. Die Ausführungen können kurz gefaßt werden, da die Tab. 1 eine für sich sprechende Übersicht gibt.

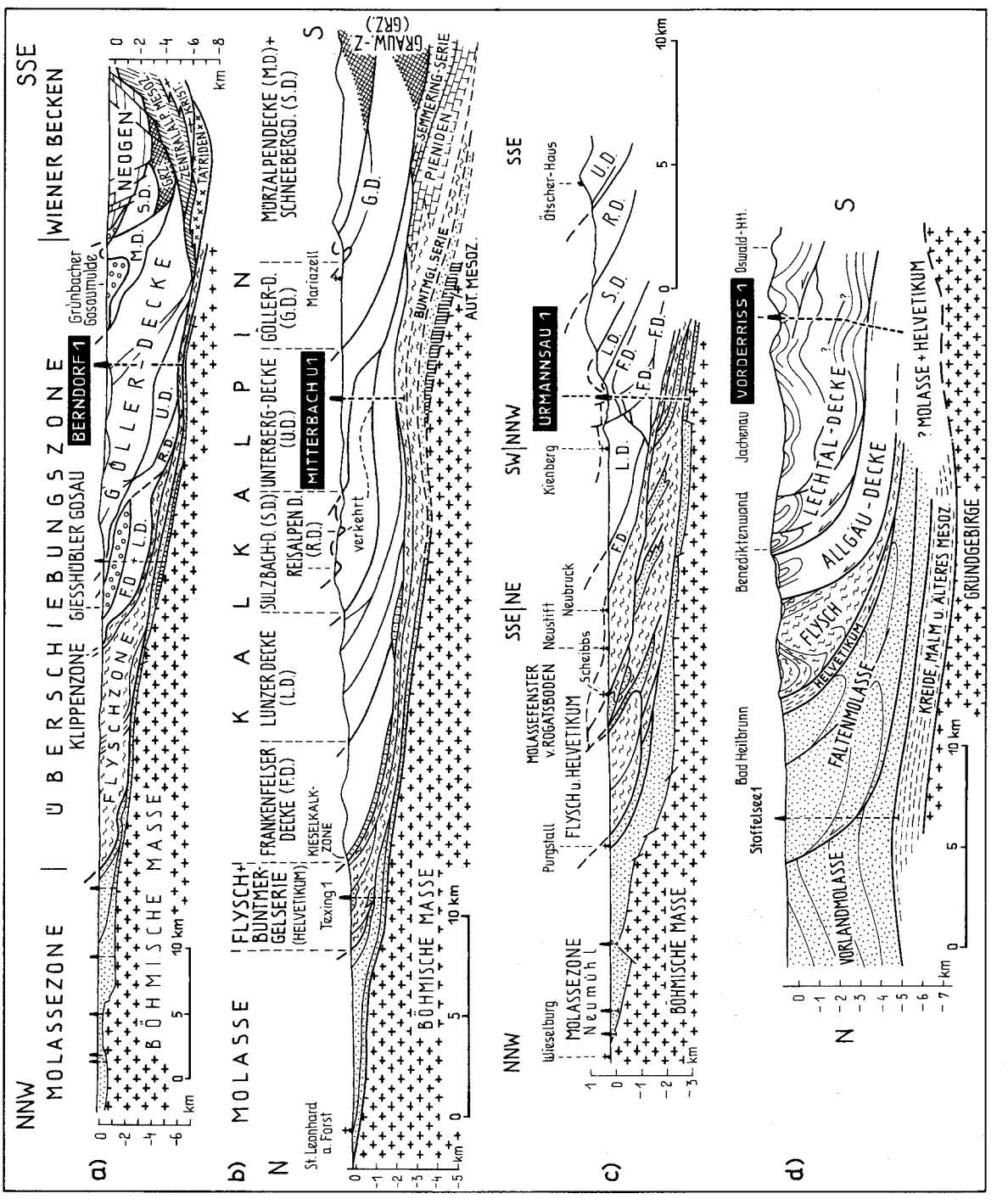
Erwähnung finden werden im folgenden jene Tiefbohrungen, die die gesamten Kalkalpen durchfahren haben und in den Untergrund eingedrungen sind. Nicht eingegangen hingegen wird hier auf kalkalpine Tiefbohrungen, die als Salz-, Wasser- und andere technische Bohrungen z. T. ebenfalls tief in die Kalkalpen vorgestoßen sind, nicht aber den Gesamtkörper der Kalkalpen durchörtert haben – wie zuletzt etwa die 1354 m tiefe Bohrung Vigaun U1 in Salzburg (H. KRAMER & A. KRÖLL, 1979). Ebenso wird nicht auf die zahllosen „Kalkalpenbohrungen" im Untergrund des Wiener Beckens eingegangen, die die Internstruktur dieser Einheit in vielen Abschnitten geklärt haben, aber nicht die Gesamtfrage der Kalkalpen als Ganzes betroffen haben.

Als generelles Ergebnis der hier besprochenen vier Kalkalpen-Tiefbohrungen, die in die Unterlage dieses Gebirgssystems vorgedrungen sind, sticht zunächst der Nachweis des von mancher Seite zunächst so lang bestrittenen Fernschubes ins Auge. Bis zu 20 km hinter der Kalkalpenfront wurden nun Flysch, Helvetikum und Molasse in wechselndem Ausmaß erbohrt, beweisend, daß wir die Kalkalpen allein aus dem Übereinander dieser (selbst wiederum über der autochthonen Molasse fernüberschobenen) Deckenschar entscheidend weit, mehr als Dutzende Kilometer, bei Abwicklung der Randtektonik zurücknehmen müssen. Für Manchen überraschend war sicher, daß in der Bohrung Berndorf 1 am Ostrand der Kalkalpen Molasse noch 34 km hinter der Flyschfront in der Tiefe angetroffen wurde. Überraschend ist ferner, daß diese südlichste autochthone Molasse in der Bohrung Urmannsau 1 und Berndorf 1 erst dem Egerien, also Oberoligozän bis Unterstmiozän angehört, während die älteren Molasseglieder des Obereozäns bis Mitteloligozäns, die noch weiter im Süden des Molassetroges abgelagert worden waren und eine noch weitere Ausdehnung der Molasse unter den Kalkalpen gegen Süden hin indizieren, nur als Schürflinge innerhalb des Ultrahelvetikums eingeschleppt, in der Bohrung Urmannsau 1 auftreten!

Der zweite Umstand, der durch diese Tiefbohrungen bestätigt worden war, ist die Existenz des Deckenbaues in allen untersuchten Abschnitten, den Innenbau des Kalkalpins betreffend. Deckenbau in einer Art und Weise und Abfolge, wie er oft bis ins Detail von den Anhängern der Deckenlehre vorhergesagt worden war, entweder schon seit langer Zeit (z. B. Fenster von Urmannsau – L. KOBER 1923, S. 169 und Abb. 80) oder auch nach neueren Untersuchungen (z. B. Ötscherland, Sulzbachdecke – A. TOLLMANN 1966, S. 154ff., Taf. 3; 1976a, Abb. 93, Taf. 5).

Abb. 4: Die vier durch Tiefbohrungen belegten Profile durch die Nördlichen Kalkalpen, von Osten (oben) nach Westen (unten) angeordnet. a) Bohrung Berndorf am Alpenostrand (nach A. KRÖLL et al. 1981); b) Bohrung Mitterbach bei Mariazell im Ötscherland (nach A. KRÖLL et al. 1981); c) Bohrung Urmannsau in Niederösterreich nahe westlich des letztgenannten Profiles (nach A. KRÖLL et al. 1967); d) Bohrung Vorderriß in den Bayerischen Kalkalpen (nach G. BACHMANN et al. 1979).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at



© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Das nächste prognostizierte Faktum, das nun belegt ist, ist das Umlegen der sekundär versteilten frontalen Überschiebungsbahnen der Kalkalpen und der ihr unterlagernden Einheiten auf flache Schubbahnen in der Tiefe weiter im Süden. Wo bereits in der Stirnzone ein flacheres Einfallen der Schubbahn auftritt, ist die Mächtigkeit des gesamten Deckenpaketes über dem Kristallinsockel geringer als erwartet, wie etwa in der Bohrung Urmannsau und Mitterbach U 1. In den übrigen Bohrungen aber wurden bedeutendere Mächtigkeiten angetroffen, als nach ersten seismischen Erkundungen zu erwarten gewesen wäre. Besonders die nun veranschlagte Tieflage des Kristallins im Meridian von Innsbruck (Bohrung Vorderriß 1 und begleitende neue seismische Arbeiten) in rund 8200 m – statt wie 1964 und 1965 von C. PPRODEHL geophysikalisch erschätzt in rund 5000 m – gibt Vorstellung von der Mächtigkeit des Sedimentkörpers.

2. Das heutige tektonische Gesamtbild der Kalkalpen

Gerade auf Grund der in dieser Studie dargelegten Neuergebnisse zur Struktur der Kalkalpen – teils auf Grund der Tiefbohrungen in den Kalkvoralpen, teils auf Grund der hier dargelegten Bedeutung der Gleittektonik im Gesamtraum der Kalkhochalpen – ist heute eine Bilanz über den Stand und die jüngste Entwicklung der Vorstellungen vom Bau der Kalkalpen gerechtfertigt. Bei einem solchen Überblick zeigt sich zunächst, daß die in den Jahren 1955–1960 vehement neu einsetzenden autochthonen Strömungen in deutschen Forscherkreisen am Objekt des Kalkalpendeckenstapels ungerechtfertigt waren. Dies konnte zwar bereits in den siebziger Jahren durch Studien in den westlichen Kalkalpen vom Verfasser auf Grund der Geländebefunde nachgewiesen werden und brachte auch tatsächlich die Rückwendung zu den dort von O. AMPFERER so früh erkannten Deckenstrukturen. Allein V. JACOBSHAGEN bestand in erneutem Ausfall im Jahre 1975 auf der gebundenen Tektonik (Antwort vom Verfasser 1977). JACOBSHAGEN, der sich die letzte (vom Verfasser selbst nicht besucht und daher trotz naheliegender Deckschollenstruktur nicht umgedeutete) der neu aufgestellte „Pilzfalten", jene des Karhornes bei Lech in Vorarlberg, für eigene Detailuntersuchungen reserviert hatte, mußte nun nach Ausführung dieser Studie ihm Rahmen einer Diplomarbeit von Renate ZYLKA diese „Pilzfalte" selbst in eine invers gebaute Deckscholle umdeuten, vom Untergrund noch dazu durch eine zwischengeschaltete tektonische Lamelle aus Kreideschiefern getrennt (R. ZYLKA & V. JACOBSHAGEN, 1980). Die Episode der gebundenen Tektonik – begleitet von einer Flut von heftigen und ungerechtfertigten Angriffen – ist beendet, auch in den westlichen Kalkalpen. Gerade dort hat die Bohrung Vorderriß 1 den Schlußpunkt unter die Debatte gesetzt, nachdem aber bereits zuvor so eindeutige feldgeologische Argumente aufgehäuft worden waren, daß der Deckenbau in den offiziellen Karten und Lehrbüchern der neuesten Zeit – bis hinauf zur bewundernswerten Karte von Tirol von R. BRANDNER (1980) – ohnehin bereits wiederum Eingang gefunden hatte.

Das neu aufgegriffene Konzept großtektonischer oberjurassischer Gleittektonik im gesamten Raum der Hallstätter Zone erscheint meines Erachtens in den Grundzügen zutreffend und gibt Erklärung für manches bisher Rätselhafte. Auf Grund der Neuheit aber muß es noch eingehend nach allen Gesichtspunkten

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

überprüft werden, bevor es seinen auch im Detail gesicherten Platz in unserer Vorstellung einnimmt. So etwa wird ein Prüfstein die nun im Detail mit dieser Fragestellung zu studierende Ausbildung der neoautochthonen Serien des höheren Malm in ihren Beziehungen zu den verschiedenen Untergrundeinheiten sein und es wird etwa die Frage nach Gleit- oder Schubtektonik im Hochjuvavikum von der Berchtesgadener über die Dachstein- bis zur Schneebergdecke erst nach weiterer Prüfung sicher zu beantworten sein. Trotz allem erscheint nun auch im letzten großen Problemkreis der Kalkalpen, der tektonischen Deutung der Hallstätter Region, der Weg zur endgültigen Klärung offenzustehen.

Literatur

BACHMANN, G., DOHR, G. et al.: Die Erdgas-Tiefenaufschlußbohrung Vorderriß 1 etc. – Compendium, **78/79**, Ergänzungsbd. Z. Erdöl Kohle etc., 14–40, 16 Abb., Leinfelden 1979.

BACHMANN, G. H. & MÜLLER, M.: Das stratigraphische und tektonische Ergebnis der Erdgastiefenaufschluß-Bohrung Vorderriß 1. – Erdoel-Erdgas-Z., **95** (6), S. 209, Hamburg 1979.

BRANDNER, R.: Geologische Übersichtskarte von Tirol, 1 : 300.000,— Tirol-Atlas, Innsbruck (Univ.-Verl. Wagner) 1980.

CLAR, E.: Revies of the Structure of the Eastern Alps. – [In:] K. DE JONG & R. SCHOLTEN [Hrsg.]: Gravity and Tectonics, 253–270, 9 Abb., New York etc. (J. Wiley) 1973.

DEBELMAS, J. & KERCKHOVE, C.: Large Gravity Nappes in the French-Italian and French-Swiss Alps. – [In:] K. DE JONG & R. SCHOLTEN [Hrsg.]: Gravity and Tectonics, 189–200, 8 Abb., New York etc. (J. Wiley) 1973.

DIERSCHE, V.: Upper Jurassic Radiolarites in the Northern Calcareous Alps (Upper Austroalpine Unit). – [In:] H. CLOOS et al. [Hrsg.]: Alps, Apennines, Hellenides, S. 113–117, 2 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1978.

– : Die Radiolarite des Oberjura im Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen. – Geotekt. Forsch., **58**, 1–217, 45 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Stuttgart 1980.

FALLOT, P.: Les dilemmes tectoniques des Alpes Orientales. – Ann. Soc. géol. Belgique, **78**, 147–170, Taf. 1–2, Liège 1955.

FAUPL, P. & TOLLMANN, A.: Die Roßfeldschichten: Ein Beispiel für Sedimentation im Bereich einer tektonisch aktiven Tiefseerinne etc. – Geol. Rdsch., **68**, 93–120, 10 Abb., Taf. 1–2, Stuttgart 1979.

FLÜGEL, E.: Ein neues Vorkommen von Plassenkalk (Ober-Jura) im Steirischen Salzkammergut, Österreich. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **120**, 213–232, 2 Abb., 1 Tab., Taf. 11–13, Stuttgart 1964.

GANSS, O., KÜMEL, F. & SPENGLER, E.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. – Wiss. Alpenvereinsh., **15**, 82 S., 3 Abb., Taf. 1–6, 1 geol. Kt., Innsbruck 1954.

HÄUSLER, H.: Zur Geologie und Tektonik der Hallstätter Zone im Bereich des Lammertales zwischen Golling und Abtenau (Sbg.). – Jb. geol. B.-A., **122**, 75–141, 17 Abb., Beil. 4, Wien 1979.

– : Zur tektonischen Gliederung der Lammer-Hallstätter Zone zwischen Golling und Abtenau (Salzburg). – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72** (1978/79), 403–413, 6 Abb., Wien 1980.

– : Stratigraphisch-tektonische Untersuchungen in der westlichen Hallstätter Zone zwischen Lammertal und Lofer (Kalkhochalpen). – Jber. 1979 Hochschulschwerpkt. S 15, **1**, 132–138, 7 Abb., Wien 1980.

– : Über die Einstufung der Hallstätter Schollen im Bereich der westlichen Lammermasse (Salzburger Kalkhochalpen). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **27**, 145–159, 2 Abb., Beil. 11, Wien 1981.

– : Zur Stratigraphie und Fazies einiger Hallstätter Schichtglieder in den salzburgisch-oberösterreichischen Kalkhochalpen. – Jber. 1980 Hochschulschwerpkt. S 15, **2**, 9 S., 1 Abb., Wien 1981.

– & BERG, D.: Neues zur Stratigraphie und Tektonik der Hallstätter Zone am Westrand der Berchtesgadener Masse. – Verh. geol. B.-A., **1980**, 63–95, 8 Abb., Taf. 1–2, Wien 1980.

HÖCK, V. & SCHLAGER, W.: Einsedimentierte Großschollen in den jurassischen Strubbergbreccien des Tennengebirges (Salzburg). – Anz. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., **101**, 228–229, Wien 1964.

JACOBSHAGEN, V.: Zur Struktur der südlichen Allgäuer Alpen. Gebundene Tektonik oder Deckenbau? – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **148**, 185–214, 7 Abb., Stuttgart 1975.

KRAMER, H. & KRÖLL, A.: Die Untersuchungsbohrung Vigaun U 1 bei Hallein in den Salzburger Kalkalpen. – Mitt. österr. geol. Ges., 70 (1977), 1–10, 3 Abb., Wien 1979.

KOBER, L.: Bau und Entstehung der Alpen. – 1. Auf., 183 S., 102 Abb., 8 Taf., Berlin (Borntraeger) 1923.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

– : Bau und Entstehung der Alpen. 2. Aufl. – 379 S., 100 Abb., 3 Taf., Wien (Deuticke) 1955.

KRISTAN-TOLLMANN, E. & TOLLMANN, A.: Die Mürzalpendecke – eine neue hochalpine Großeinheit der östlichen Kalkalpen. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **171**, 7–39, Taf. 1, Wien 1962.

KRÖLL, A., SCHIMUNEK, K. & WESSELY, G.: Ergebnisse und Erfahrungen bei der Exploration in der Kalkalpenzone in Ostösterreich. – Erdoel-Erdgas-Z., **97**, 134–148, 9 Abb., Hamburg/Wien 1981.

KRÖLL, A., WACHTEL, G. & PLÖCHINGER, B.: Exkursion in den Raum Hernstein – Hohe Wand und zur ÖMV-Bohrung Berndorf 1 etc. – Mitt. österr. geol. Ges., **73** (1980), S. 328, Wien 1980.

KRÖLL, A. & WESSELY, G.: Neue Erkenntnisse über Molasse, Flysch und Kalkalpen auf Grund der Ergebnisse der Bohrung Urmannsau 1. – Erdoel-Erdgas-Z., **83**, 342–353, 3 Abb., 1 Taf., Wien–Hamburg 1967.

KÜHNEL, J.: Geologie des Berchtesgadener Salzberges. – N. Jb. Miner. etc., Beil.-Bd. B, **61**, 447–559, 6 Abb., Taf. 17–22, Stuttgart 1929.

LEIN, R.: Stratigraphie und Fazies der Obertrias der Mürztaler Kalkalpen. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 144 S., 25 Abb., 13 Beil., Wien 1972.

– : Neue Ergebnisse über die Stellung und Stratigraphie der Hallstätter Zone südlich der Dachsteindecke. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., Abt. I, **184**, 197–235, 6 Abb., Wien (1975) 1976.

– : Deckschollen von Hallstätter Buntkalken in Salzbergfazies in den Mürztaler Alpen südlich von Mariazell (Steiermark). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **27**, 207–234, 4 Abb., 1 Taf., Beil. 12, Wien 1981.

MANDL, G.: Zur Geologie der Ischl-Ausseer Hallstätter Zone W des Raschberges etc. – Unveröff. Vorarb. Inst. Geol. Univ. Wien, 65 S., 37 Abb., 8 Taf., Wien 1980.

NAGEL, K. H.: Zur Geologie des Gebietes um das Hundshorn (östlich St. Martin/Berchtesgadener Alpen). – Unveröff. Dipl.-arb. Techn. Univ. Berlin, 65 S., 14 Diagr., 22 Abb., 3 Kt., 1 Profiltaf., Berlin 1971.

PISTOTNIK, U.: Fazies und Tektonik der Hallstätter Zone von Bad Ischl – Bad Aussee (Salzkammergut, Österreich). – Mitt. geol. Ges. Wien, **66–67** (1973/1974), 143–158, 2 Abb., Taf. 1–3, Wien 1975.

PLÖCHINGER, B.: Gravitativ transportiertes permisches Haselgebirge in den Oberalmer Schichten etc. – Verh. geol. B.-A., **1974**, 71–88, 5 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Wien 1974.

– : Die Oberalmer Schichten und die Platznahme der Hallstätter Masse in der Zone Hallein-Berchtesgaden. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **151**, 304–324, 7 Abb., Stuttgart 1976.

– : Führer zur Exkursion in die Nördlichen Kalkalpen Salzburgs. – Exk.-führer österr. geol. Ges., 9 S., 9 Abb., Wien (Xerokopie) 1976.

– : Die Untersuchungsbohrung Gutrathsberg B I südlich St. Leonhard im Salzachtal (Salzburg). – Verh. geol. B.-A., **1977**, 3–11, 2 Abb., Wien 1977.

– : Argumente für die intramalmische Eingleitung von Hallstätter Schollen bei Golling (Salzburg). – Verh. geol. B.-A., **1979**, 181–194, 3 Abb., Taf. 1, Wien 1979.

PRODEHL, C.: Auswertung von Refraktionsbeobachtungen im bayerischen Alpenvorland. – Z. Geophysik, **30**, 161–181, 7 Abb., Würzburg 1964.

– : Struktur der tieferen Erdkruste in Südbayern und längs eines Querprofiles durch die Ostalpen usf. – Bollettino Geofis. teoretica ed applicata, **7**, 34–88, 30 Abb., 1965.

SCHÄFFER, G.: Bericht 1972 über Aufnahmen auf Blatt 96 (Bad Ischl). – Verh. geol. B.-A., **1973**, A 52–53, Wien 1973.

– : Bericht 1974 über Aufnahmen auf Blatt 96 (Bad Ischl). – Verh. geol. B.-A., **1975**, A 67–68, Wien 1975.

– : Einführung zur Geologischen Karte der Republik Österreich. Blatt 96, Bad Ischl. – [In:] T. GATTINGER et al.: Arbeitstagg. Geol. Bundesanst. Salzkammergut 1976, 6–26, Abb. 4–24, Wien (Offsetdruck TU) 1976.

SCHLAGER, W.: Hallstätter und Dachsteinkalk-Fazies am Gosaukamm und die Vorstellung ortsgebundener Hallstätter Zonen in den Ostalpen. – Verh. geol. B.-A., **1967**, 50–70, 3 Taf., Wien 1967.

SCHÖLLNBERGER, W.: Die Verzahnung von Dachsteinkalk-Fazies und Hallstätter Fazies am Südrand des Toten Gebirges (Nördliche Kalkalpen). – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 179 S., 13 Abb., 9 Taf., Wien 1971.

– : Zur Verzahnung von Dachsteinkalk-Fazies und Hallstätter Fazies am Südrand des Toten Gebirges (Nördliche Kalkalpen, Österreich). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **22**, 95–153, 9 Abb., Taf. 6–9, Wien (1973) 1974.

SPENGLER, E.: Zur Einführung in die tektonischen Probleme der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. Reichsamt Bodenforsch. Zweigstelle Wien, **1943**, H. 5, 3–17, 2 Abb., Wien 1943.

– : Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. – Jb. geol. B.-A., 1. Teil: **96**, 1–64, 8 Abb., Taf. 1, 1953; 2. Tl: **99**, 1–74, 5 Abb., Taf. 1, 1956; 3. Tl.: **102**, 193–312, 5 Abb., Taf. 4, Wien 1959.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

– : Les zones de faciès du trias des Alpes Calcaires Septentrionales et leurs rapports avec la structure des nappes. – Livre mém. P. Fallot, **2**, 465–475, 1 Abb., Paris 1963.

STEIGER, T.: Geologische Aufnahme des Zauchenbachtales und des Krahstein-Massivs am Südrand des Toten Gebirges etc. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **26**, 213–245, 4 Abb., Taf. 1–4, Beil. 8, Wien 1980.

TOLLMANN, A.: Die Hallstätterzone des östlichen Salzkammergutes und ihr Rahmen. – Jb. geol. B.-A., **103**, 37–131, 4 Abb., Taf. 2–5, Wien 1960.

– : Geologie der Kalkvoralpen im Ötscherland als Beispiel alpiner Deckentektonik. – Mitt. geol. Ges. Wien, **58** (1965), 103–207, Taf. 1–4, Wien 1966.

– : Grundprinzipien der alpinen Deckentektonik. Monographie der Nördlichen Kalkalpen. Bd. **1**, XXIII, 404 S., 170 Abb., Wien 1973.

– : Zur Gliederung der triadischen Faziesregionen in den Ostalpen. – Schriftenr. erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss., **2**, 183–193, Wien 1974.

– : Zur Frage der Parautochthonie der Lammereinheit in der Salzburger Hallstätter Zone. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., Abt. I, **184**, 237–257, 8 Abb., Wien 1975.

– : Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums; Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen. – Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Bd. **2**, XVI, 580 S., 256 Abb., 3 Taf., Wien (Deuticke) 1976 a.

– : Der Bau der Nördlichen Kalkalpen etc. – Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Bd. **3**, IX, 449 + 7 S., 130 Abb., 7 Taf., Wien (Deuticke) 1976 b.

– : Stellungnahme zu V. JACOBSHAGEN: Zur Struktur der südlichen Allgäuer Alpen. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **153**, 28–32, Stuttgart 1977.

– & KRISTAN-TOLLMANN, E.: Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen im Westabschnitt der Hallstätter Zone in den Ostalpen. – Geologica et Palaeontologica, **4**, 87–145, 20 Abb., 8 Taf., Marburg/L. 1970.

TRAUTH, F.: Über die tektonische Gliederung der östlichen Nordalpen. – Mitt. geol. Ges. Wien, **29** (1936), 473–573, 1 Kt., Wien 1937.

TRÜMPY, R.: The Timing of Orogenic Events in the Central Alps. – [In:] K. DE JONG & R. SCHOLTEN [Hrsg.]: Gravity and Tectonics, 229–251, 3 Abb., New York etc. (J. Wiley) 1973.

ZANKL, H.: Die Karbonatsedimente der Obertrias in den nördlichen Kalkalpen. – Geol. Rdsch., **56**, 128–139, 1 Abb., Stuttgart 1967.

ZYLKA, R. & JACOBSHAGEN, V.: Das Karhorn bei Lech/Vorarlberg – eine Deckscholle. – Ann. nat.-hist. Mus. Wien, **83**, 387–398, 3 Abb., Wien 1980.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Austrian Journal of Earth Sciences

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: 74_75

Autor(en)/Author(s): Tollmann Alexander

Artikel/Article: Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozeß der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen. 167-195