

# MITTEILUNGEN

der Gesellschaft der  
Geologie- und Bergbaustudenten  
in Österreich



32. Band

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	32	Wien, 1986
---------------------------------------	----	------------

VORSTAND FÜR DAS JAHR 1984/84

Obmann:	W. LEITHNER
Obmann-Stellvertreter:	F. OTTNER
1. Kassier:	M. ROCKENSCHAUB
2. Kassier:	H. STEININGER
Rechnungsprüfer:	Prof. Dr. P. FAUPL
Schriftführer:	M. WAGREICH

SCHRIFTFLEITUNG

H. FRIMMEL (Institut für Geologie, Universität Wien)

BEIRAT:

Dr. R. LEIN

Dr. R. POISEL

Zeichner: Leo LEITNER

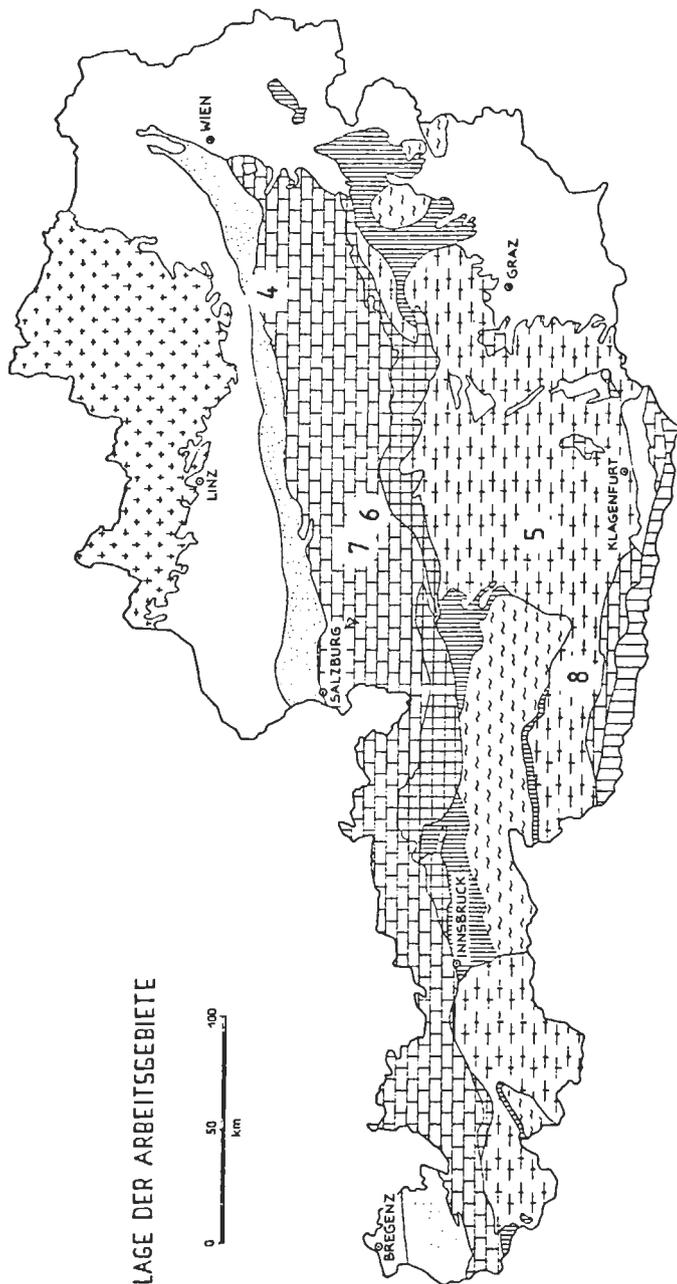
Alle Rechte vorbehalten.

Die Artikel stellen die Auffassungen der Autoren selbst dar.  
Für Inhalt und Form sind die Verfasser verantwortlich.

Herausgeber, Eigentümer und Verleger:  
Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich,  
am Institut für Geologie der Universität Wien,  
A-1010 Wien, Universitätsstraße 7.

Druck: Offsetdruckerei Anton Riegelnik  
A-1080 Wien, Piaristengasse 19

Lage der Arbeitsgebiete



## Wir danken den, Förderern und Spendern dieses Bandes

Dr. H. ALBER  
 Dr. K. AUGUSTIN  
 Dr. F. BAUER  
 Dr. A. BERNHAUSER  
 DDr. H. BERTLE  
 Dr. F. BOROWICZINY  
 Dr. H. BÖGEL  
 Dr. H. BRANDECKER  
 Prof. Dr. E. BRAUMÜLLER  
 Ing. Dr. F. BRIX  
 Dr. K.-H. BUCHNER  
 Prof. Dr. E. CLAR  
 H. CLARICI  
 Dr. W. DEMMER  
 Dr. H. EFFENBERGER  
 Prof. Dr. P. FAUPL  
 Dr. H. FISCHER  
 Prof. Dr. W. FRISCH  
 Prof. Dr. G. GRAF  
 Prof. Dr. K. GÖTZINGER  
 Dr. R. GRILL  
 Dr. H. HALBMAYR  
 Dr. W. HAMILTON  
 Dr. M. HEINRICH

Dr. F. KAHLER  
 Dr. H. LOBITZER  
 Dr. H. M. LIEBERMAN  
 Prof. Dr. F. MAKOVEC  
 Ing. Dr. E. MIKURA  
 Dr. J. MÖRTL  
 G. A. NICOL  
 Dr. W. NOWY  
 Dr. H. PEER  
 Prof. Dr. W. E. PETRASCHECK  
 Dr. H. PIRKL  
 Dr. W. RESCH  
 Dr. G. RIEHL-HERWIRSCH  
 Dr. A. W. RUTTNER  
 Dr. R. SAUER  
 Dr. M. E. SCHMID  
 Prof. Dr. E. SCHROLL  
 Prof. Dr. G. SPAUN  
 Prof. Dr. Dipl. Ing. R. STERN  
 Hon.-Prof. Dr. H. STOWASSER  
 Dr. F. X. TRAUB  
 Doz. Dr. N. VAVRA  
 Dr. A. WARCH  
 Dr. L. WEBER

Unser Dank gilt ebenso den hier nicht genannten Spendern.

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	Herrn Univ.-Prof. Dr. Christof Exner zum 70. Geburtstag . . . . .	1
2.	Verzeichnis der wissenschaftlichen Publikationen von Prof. Exner . . . . .	7
3.	Verzeichnis der von Prof. Exner betreuten Dissertationen . . . . .	15
4.	Michael WAGREICH Schichtfolge und Fazies der Gosau von Lilienfeld . . . . .	19
5.	Hartwig FRIMMEL Petrographie, Gefügemerkmale und geochronologische Daten von Kristallin- geröllen aus dem Oberkarbon der Gurktaler Decke im Vergleich zum benach- barten Altkristallin . . . . .	39
6.	Franz KOHLBECK, Roman LAHODYNSKY & Adrian E. SCHEIDEGGER Gebirgsspannungsmessungen im Ischler Salzberg, Oberösterreich . . . . .	67
7.	Rudolf SCHWINGENSCHLÖGL Photogeologie und Bruchtektonik des Totengebirgsplateaus . . . . .	79
8.	Alexander DEUTSCH Geochemie oligozäner shoshonitischer Ganggesteine aus der Kreuzeckgruppe (Kärnten/Osttirol) . . . . .	105
9.	Hermann HÄUSLER Beispiele wehrgeologischer Aufgaben im 2. Weltkrieg . . . . .	125
10.	Baba SENOWBARI-DARYAN Neue Erkenntnisse über die Morphologie der Gattung <i>Pseudocucurbita</i> BORZA & SAMUEL (Foraminifera) . . . . .	137
11.	Zusammenfassungen der im Studienjahr 1984/85 und bis Ende 1985 approbier- ten Dissertationen am Institut für Geologie der Universität Wien . . . . .	149
12.	Buchbesprechungen . . . . .	161
13.	Hinweise für die Autoren . . . . .	175
14.	Veranstaltungen und Vorträge im Jahr 1985 . . . . .	179
15.	Bisher erschienene Bände mit Kurztiteln der Arbeiten . . . . .	180
	Nachruf Alexander Strauß	

HERRN UNIV.-PROF. DR. CHRISTOF EXNER  
ZUM 70. GEBURTSTAG

Wenn dieser Band der Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten, der Herrn Professor Exner zum 70. Geburtstag gewidmet ist, auch verspätet zu diesem Ereignis erscheint, so möge dies verziehen werden. Die lose Organisationsform der von sich einander rasch ablösenden, erst heranwachsenden Fachkollegen getragene Vereinigung bringt das einfach mit sich. Mit der Widmung des Bandes will die Wiener Geologie-Studentenschaft ihre sehr enge Verbundenheit mit dem Jubilar und ihre große Wertschätzung dieses akademischen Lehrers zum Ausdruck bringen. Herr Professor Exner hat sich stets mit besonderem Interesse und Sorgfalt studentischen Belangen gewidmet, ist den Studenten mit Rat und Tat zur Seite gestanden und hat die studentische Vereinigung, die ihren Sitz von Anbeginn im Wiener Geologischen Institut hatte, gefördert. Alle Schüler dieses Institutes und Freunde und Förderer der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten werden dies dankbar in ihrer Erinnerung behalten.

Exner kann auf ein reichhaltiges Forscherleben zurückblicken. Mag es auch nicht so sehr im Sinne der bescheidenen Art des Jubilars sein, hier seine Verdienste um die Geologie von Österreich und das Wiener Geologische Institut hervorzuheben, so sei doch ein kurzer Umriss der wichtigsten Lebensstationen und des Schaffens von Professor Exner in den folgenden Zeilen gestattet.

Herr Professor Dr. Christof Exner entstammt einer bedeutenden Wiener Forscherfamilie und ist der Sohn des Meteorologen und Physikers Professor Dr. Felix Exner, Ritter von Erwarten. Er wurde am 20. März 1915 in Innsbruck geboren, besuchte das humanistische Gymnasium und studierte in den Jahren 1933–1939 an der Universität Wien. Nach Grundstudien in Geographie, Astronomie, Chemie, Biologie und Paläontologie wendete er sich bald ausschließlich dem Studium der Geologie in Verbindung mit Petrographie und Mineralogie zu. Exner nahm bei Professor Kober eine Dissertation über ein Gebiet in den östlichen Hohen Tauern zwischen Mur- und Maltatal an, das seit den Aufnahmen F. Beckes dreißig Jahre zuvor geologisch nicht mehr bearbeitet worden war. 1939 promovierte er zum Doktor der Philosophie.

Bereits 1937 war Exner am Geologischen Institut der Universität Wien wissenschaftliche Hilfskraft geworden, 1939 Assistent. 1940 wurde er zur Wehrmacht eingezogen und diente bis zum Kriegsende, die meiste Zeit als Wehrgeologe. Am 1. Juli 1945 konnte Exner bereits wieder seine Tätigkeit als Assistent am Geologischen Institut aufnehmen.

Nun begann Exner sehr zielstrebig und stetig die Berufsleiter emporzusteigen. Am 12. Oktober 1945 wurde ihm die *venia docendi* für Geologie bestätigt. Am 18. Jänner 1955 wurde ihm der Titel eines Professors verliehen. Am 16. September 1958 erfolgte die Ernennung zum Außerordentlichen Professor und die Bestellung zum Mitvorstand des Geologischen Institutes der Universität Wien an der Seite von Professor Clar. Mit Entschluß vom 29. September 1964 erfolgte die Verleihung des Titels eines Ordentlichen Universitätsprofessors und mit Entschluß vom 27. Jänner 1967 wurde Exner zum ordentlichen Universitätsprofessor für das Gesamtfach der Geologie ernannt. Als Ausdruck besonderer Ehrungen wurde Professor Exner zum korrespondierenden Mitglied der Österr. Akademie der Wissenschaften, zum auswärtigen Mitglied der *Accademia Nazionale dei Lincei* in Rom, zum Ehrenmitglied der Österr. Geol. Gesellschaft und zum korrespondierenden Mitglied der Geol. Bundesanstalt und des Naturwiss. Vereines für Kärnten gewählt. Der Geologischen Bundesanstalt gehörte Exner in den Jahren 1950–1958 an. Die übrige Zeit blieb er der Universität Wien treu.

Soweit die trockenen Daten. Wer Exner kennt, der kennt auch seine immense

Schaffenskraft, seine fundierte und seriöse, stets auf Beobachtung, nie auf zu weit vorgewagte Interpretation beruhende Arbeitsweise, seine angenehme aber bestimmte Art im Gespräch, und der weiß, daß das, was Exner sagt, stets wohl überlegt und nicht ohne weiteres angreifbar ist. Seine wissenschaftliche Laufbahn begann im östlichen Tauernfenster – ein Gebiet, dem er bis zuletzt treu geblieben ist, und das er in unheimlich arbeitsintensiver Weise aufgenommen und bearbeitet hat.

Die Geologie des östlichen Tauernfensters ist unauslöschlich mit dem Namen Exner verknüpft. Es mögen heute junge Wissenschaftler mit modernen Methoden kommen und viel Neues finden. Aber die Grundlagen, auf denen all diese Arbeiten aufbauen und aufbauen werden, sind von Exner geschaffen und werden durch ihre exakte Darstellung selbst im Laufe der Jahre ihren Wert nicht einbüßen.

Zwei Drittel der über 160 Veröffentlichungen Exners sind dem Tauernfenster gewidmet. Es sind meist petrographisch orientierte Arbeiten, von denen jene über das Zentralgneisproblem und die Ausbildung und Typisierung von Feldspäten besonders hervorgehoben zu werden verdienen, aber natürlich auch die Arbeiten in der Schieferhülle. Am bekanntesten sind die drei großen Kartenwerke: Geologische Karte der Umgebung von Gastein (1956), der Sonnblickgruppe (1962) sowie der Hafnergruppe (1983). Damit hat Exner einen beachtlichen Teil der in der Nachkriegszeit neu erschienenen geologischen Karten Österreichs geschaffen. Diese Kartenwerke und ihre ausführlichen Erläuterungen sind Musterbeispiele exakter Beobachtung und Darstellung und reihen sich würdevoll neben die in den Dreißigerjahren von Cornelius & Clar geschaffene Karte des Großglocknergebietes ein.

Exner ist aber nicht nur dem Tauernfenster verbunden. Zwei weitere Schwerpunkte seiner Forschung liegen in der Böhmisches Masse des Waldviertels und an der Periadriatischen Narbe. Im Waldviertel begann Exner Anfang der Fünfzigerjahre Aufnahmen beim Bau des Kampkraftwerkes durchzuführen. Es folgten weitere Arbeiten, und das einmal geweckte Interesse an der Geologie der Böhmisches Masse fand auch seinen Niederschlag in mehreren Dissertationsarbeiten unter der Betreuung Exners. Die Untersuchungen an der Periadriatischen Narbe konzentrieren sich auf die entlang dieses Lineaments enorm ausgewalzten Intrusivkörper, brachten aber auch viele andere Ergebnisse ein. Dazu kommen Arbeiten im ostalpinen Kristallin, die zusammen mit Doktoranden vor allem in den Siebzigerjahren durchgeführt wurden. Vermittelnd zwischen diesem Kristallin und dem Tauernfenster stand die Katschbergzone wiederholt im Interesse Exners, die bis in jüngste Zeit für Überraschungen sorgte. Die Vielseitigkeit des Jubilars wird durch eine Anzahl weiterer Arbeiten unterstrichen. Hierher gehören die zusammen mit Geodäten durchgeführten Feinnivellementmessungen entlang der Tauernbahn und über die Katschbergzone hinweg, aber auch Arbeiten über Magmatite und Kristallingerölle im Rhenodanubischen Flysch, der Klippenzone und der Molassezone.

Exners geologische Arbeiten sind im wesentlichen auf den österreichischen Raum beschränkt. Exner unternahm aber zahlreiche Forschungsreisen ins Ausland, die ihn sehr befruchteten. Die dort gesammelten Erfahrungen konnte er bei seinen Arbeiten im Inland mit Erfolg nutzen und gab sie auch in vorbildlich abgehaltenen Lehrveranstaltungen und Vorträgen wie in eigenen Publikationen weiter. Hervorzuheben ist ein halbjähriger Aufenthalt als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Pomona College in Südkalifornien, dem eine Veröffentlichung über die dort gemachten geologischen Studien folgte. Die Fachliteratur wurde aber auch mit Arbeiten über den Brasilianischen Schild, die Pyrenäen, die Westalpen, Schlesien und Südfinnland bereichert. Zu nennen blei-

ben schließlich noch die instruktiven Exkursionsführer über das östliche Tauernfenster und eine Einführung in die „Geologie von Österreich“, die als Erläuterung zur Geologischen- und Lagerstättenkarte von Österreich 1 : 1 Mio. erschienen ist. Über die Einzelheiten des reichhaltigen Wirkens Exners möge das unten angeführte Schriftenverzeichnis informieren.

Mit Exner emeritierte eine Forscherpersönlichkeit und ein Lehrer, der sich der Tradition verbunden fühlt, aber dessenungeachtet stets den Fortschritt in unserem in letzter Zeit sich so rasch entwickelnden Fach aufmerksam verfolgte und förderte. An dem Institut, an dem Exner und Clar so viele Jahre gemeinsam wirkten, herrschte stets ein so freizügiger, offener Geist, der alleine es ermöglichte, daß sich eine bunte Vielfalt von Schülern frei entwickeln konnte. Die Schüler Exners gingen ganz verschiedene Wege und brachten es in den allermeisten Fällen im Berufsleben zu guten Erfolgen. Wie alle, die wir in dieser Ära am Wiener Geologischen Institut studieren durften, werden stets dankbar sein für die schöne und in angenehmster Weise so lehrreiche Zeit. Hier ist es am Platz, dem Emeritus für seine wunderbaren Lehrveranstaltungen zu danken, die sich durch die ungemein verständliche und klare Vortragsweise auszeichneten.

Exner konnte durchaus auch launisch sein. Hatte ein Dissertant ausfindig gemacht, daß er an diesem Tag guter Laune war, strömten alsbald andere zu seiner Türe, um ihre neuesten Erkenntnisse vorzutragen. Gab es einmal ein Gewitter, war es bald wieder vergessen. Was aber in Erinnerung bleibt, sind viele freundschaftliche Gespräche, und Exner verstand es stets, eine gemütliche Atmosphäre zu verbreiten – dadurch, daß er sich Zeit nahm, dem Gesprächspartner wirklich zuhören konnte, und nicht selten dabei seine Zigarre rauchte. Dies war immer das beste Stimmungsbarometer. In schöner Erinnerung bleiben auch die gemütlichen Abende auf Exkursionen, und wenn sich Exner dann ein Viertell genehmigte, sang er dann und wann voller Heiterkeit und mit zungenbrecherischer Akrobatik das Lied von den zehn kleinen Negerlein.

Für uns bleibt zu hoffen, daß der Jubilar seinen Emeritusstatus bei guter Gesundheit genießt, daß er im Geologenkreis weiterhin aktiv bleibt und seinen Erfahrungsschatz zur Verfügung stellt. Die auch im vergangenen Sommer in alter Frische und mit altem Elan ausgeführte Geländearbeit bestärkt diese Hoffnung. Zum anderen wünschen wir dem Jubilar, daß er, frei von Verpflichtungen, sich ganz seinen Neigungen hingeben kann und sein so harmonisches Familienleben noch viele Jahre genießen kann. Ad multos annos!

W. Frisch



VERZEICHNIS DER WISSENSCHAFTLICHEN PUBLIKATIONEN  
VON PROF. DR. CHRISTOF EXNER:

- 01) Das Ostende der Hohen Tauern zwischen Mur- und Maltatal. I. Teil. — Jb. Reichsst. Bodenforsch., Zweigst. Wien (Jb. Geol. B.-A.), 89, 285–314, 2 Taf., Wien 1939.
- 02) Das Ostende der Hohen Tauern zwischen Mur- und Maltatal. II. Teil. Bewegungsbild der Silbereckmulde. — Mitt. Reichsst. Bodenforsch., Zweigst. Wien, 1, 241–306, 14 Abb., 7 Taf., Wien 1941.
- 03) Geologische Beobachtungen in der Katschbergzone (Das Ostende der Hohen Tauern zwischen Mur- und Maltatal, III. Teil). — Mitt. Alpenländ. Geol. Vereins (Mitt. Geol. Ges. Wien), 35 (1942), 49–106, 8 Abb., 4 Taf., Wien 1944.
- 04) Das geologische Profil des Radhausberg-Unterbaustollens in den östlichen Hohen Tauern (Vorbericht). — Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 1946, 64–72, Wien 1946.
- 05) Das Gneisproblem in den östlichen Hohen Tauern. — Tschermaks min. petr. Mitt., 3. Folge, 1, 82–87, Wien 1947?
- 06) Tektonik, Feldspatenausbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern (Beiträge zur Kenntnis der Zentralgneisfazies, I. Teil). — Tschermaks min. petr. Mitt., 3. Folge, 1, 197–284, 21 Abb., Wien 1949.
- 07) Mallnitzer Rollfalte und Stirnfront des Sonnblick-Gneiskernes. — Jb. Geol. B.-A., 93 (1948), 57–81, 4 Abb., Wien 1949.
- 08) Das geologisch-petrographische Profil des Siglitz-Unterbaustollens zwischen Gastein- und Rauristal. Beiträge zur Kenntnis der Zentralgneisfazies, II. Teil. — Sitzungsber. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, 158, 375–418, 2 Abb., 1 Taf., Wien 1949.
- 09) Beitrag zur Kenntnis der jungen Hebung der östlichen Hohen Tauern. — Mitt. geograph. Ges. Wien, 91, 186–196, 1 Taf., Wien 1949.
- 10) Die Feldspatholoblasten des alpidischen Granitisationshofes im Radhausberg-Unterbaustollen bei Badgastein. — Anz. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 1949, 267–286, Wien 1949.
- 11) Bericht über die Tauernexkursion 30. Juni – 6. Juli 1949 und ihre wissenschaftlichen Neuergebnisse. — Mitt. Ges. Geologie- und Bergbaustudenten Wien, 1, 38–43, Wien 1949.
- 12) Beryll (Aquamarin) — Funde aus der Goldberggruppe in Kärnten. — Der Karinthin, 6, 107–108, Klagenfurt 1949.
- 13) Die geologische Position des Radhausberg-Unterbaustollens bei Badgastein (Beiträge zur Kenntnis der Zentralgneisfazies, III. Teil). — Berg- und hüttenmänn. Monatshefte, 95, 1–21, 16 Abb., Wien 1950.
- 14) Die Feldspatenausbildung in den Gesteinen der östlichen Hohen Tauern und ihre petrogenetische Deutung (Vortragsbericht). — Tschermaks min.-petr. Mitt., 3. Folge, 2, 129–132, Wien 1950.
- 15) Ein geologischer Ausflug zu den Schieferplatten am Hüttenkogel-Graukogel. — Badgasteiner Badeblatt, 10, 47–49, 2 Abb., Badgastein 1950.
- 16) gem. m. H. POHL: Granosyenitischer Gneis und Gesteins-Radioaktivität bei Badgastein (Beiträge zur Kenntnis der Zentralgneisfazies, IV.). — Jb. Geol. B.-A., 94, 1–57, 5 Abb., 1 Taf., Wien 1951.

- 17) Mikroklinporphyroblasten mit helzitischen Einschlußzügen bei Badgastein. Beiträge zur Kenntnis der Zentralgneisfazies. V. Teil. – *Tschermaks min.-petr. Mitt.*, 2, 111–130, 8 Abb., Wien 1951.
- 18) Tauernfenster (Gastein–Mallnitz; (mit einem Beitrag von S. PREY). Aus: *Geologischer Führer zu den Exkursionen*. – *Verh. Geol. B.-A., Sonderh. A*, 76–88, Taf. 13 und 14, Wien 1951.
- 19) Der rezente Sial-Tiefenwulst unter den östlichen Hohen Tauern. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 39–41 (1946–1948), 75–84, 3 Abb., Wien 1951.
- 20) Bericht (1948) über Aufnahmen auf Blatt Gmünd – Spittal (5251). – *Verh. Geol. B.-A.*, 1949 (1–3), 35–42, Wien 1951.
- 21) Bericht (1949) über lagerstättenkundliche Untersuchungen im Golderzgebiet bei Badgastein. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1950/51 (1), 51–56, Wien 1951.
- 22) Aufnahmen auf Blatt Rauris (154) mit dem östlichen Grenzgebiet auf Blatt Hofgastein (155). (Bericht 1950). – *Verh. Geol. B.-A.*, 1950/51 (2), 18–19, Wien 1951.
- 23) Artikel über „Bergbau“. [In:] *Danubia-Volkslexikon*, Wien 1951.
- 24) Geologische Probleme der Hohen Tauern. – *Verh. Geol. B.-A., Sonderh. C*, 86–95, 1 Taf., Wien 1952.
- 25) Zur Geologie und Petrographie des Radhausberg–Unterbaustollens bei Badgastein. – *Tschermaks min.-petr. Mitt.*, 3. Folge, 3, 79–81, Wien 1952.
- 26) Erscheinungen der Granitisation in den Hohen Tauern, besonders im Raume Badgastein. – *Tschermaks min.-petr. Mitt.*, 3. Folge, 3, 81–83, Wien 1952.
- 27) Aufnahmen auf Blatt Rauris (154) mit dem östlichen Grenzgebiet auf Blatt Hofgastein (155). (Bericht 1951). – *Verh. Geol. B.-A.*, 1952, 13–16, Wien 1952.
- 28) Aufnahmen beim Bau der Kampkraftwerke (Bericht 1951). – *Verh. Geol. B.-A.*, 1952, 30–32, Wien 1952.
- 29) Prähistorischer Bergsturz des Mausarkogels bei Bad Hofgastein. – *Badgasteiner Badeblatt*, 1952, Nr. 11, 8 S., 1 Abb., Bad Gastein 1952.
- 30) Über das Vorkommen von Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen in Quarz aus Gesteinen der östlichen Hohen Tauern. – *Der Karinthin*, 18, 141–144, Klagenfurt 1952.
- 31) Über geologische Aufnahmen beim Bau der Kampkraftwerke (Südliche Böhmisches Masse). – *Jb. Geol. B.-A.*, 96, 217–252, 1 Abb., 3 Taf., Wien 1953.
- 32) gem. m. H. KÜPPER & H. GRUBINGER (Herausgabe von): *Skizzen zum Antlitz der Erde. Geologische Arbeiten, herausgegeben aus Anlaß des 70. Geburtstages von Prof. Dr. L. KOBER, Universität Wien*, Wien 1953.
- 33) gem. m. G. GÖTZINGER: *Kristallingerölle und -scherlinge des Wienerwaldflysches und der Molasse südlich der Donau*. – *Skizzen zum Antlitz der Erde*, 81–106, 2 Abb., Wien 1953.
- 34) *Zum Zentralgneis-Problem der östlichen Hohen Tauern*. – *Radex Rundschau*, 1953, 417–433, 17 Abb., Radenthein 1953.
- 35) *Gneisgranitkerne und Schiefererrien der Tauern um Mallnitz*. – *Carinthia II*, 143 (63), 171–175, 2 Beil., Klagenfurt 1953.
- 36) *Vom Katschbergpaß zum Kareckhaus*. – *Carinthia II*, 63 (143), 124–128, 2 Beil., Klagenfurt 1953.
- 37) *Petrographische Beobachtungen beim Bau der Kamp-Kraftwerke im Niederösterreichischen Waldviertel*. – *Tschermaks min.-petr. Mitt.*, 3. Folge, 3, 403–404, Wien 1953.
- 38) *Aufnahmen 1952 auf den Blättern Hofgastein (155) und Rauris (154)*. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1953, 27–31, Wien 1953.

- 39) Aufnahmen zum Bau der Kampkraftwerke (Blatt Horn 4555/3). (Bericht 1952). – Verh. Geol. B.-A., 1953, S. 20, Wien 1953.
- 40) Die Süd-Ost-Ecke des Tauernfensters bei Spittal an der Drau. – Jb. Geol. B.-A., 97, 17–37, 3 Taf., Wien 1954.
- 41) Über Muskowit-Epidot-Albitkornbildung im Mauthausener Granit (Südliche Böhmisches Masse). – Tschermaks min.-petr. Mitt., 3. Folge, 4 (SANDER-Festband), 312–319, 3 Abb., Wien 1954.
- 42) gem. mit A. KÖHLER: Bemerkungen zu einigen chemischen Analysen von Mischgesteinen aus der Südböhmischen Masse. – Verh. Geol. B.-A., 1954, 216–222, 1 Abb., Wien 1954.
- 43) Aufnahmen 1953 auf Blatt Hofgastein (155) und im weiteren Gebiete des Tauern-Ostendes. – Verh. Geol. B.-A., 1954, 34–38, Wien 1954.
- 44) Erratische Blöcke am Gasteiner Höhenweg. – Badgasteiner Badeblatt, 1954, Nr. 15, 8 S., 3 Abb., Bad Gastein 1954.
- 45) Eine geologische Forschungsreise nach Gastein vor 150 Jahren. – Badgasteiner Badeblatt, 1954, 5 S., 1 Abb., Bad Gastein 1954.
- 46) Aufnahmen 1954 in den östlichen Hohen Tauern und im südlichen Randgebiet (Blätter 154, 155, 180, 181). – Verh. Geol. B.-A., 1955, 17–22, Wien 1955.
- 47) Bericht über eine Reise in Süd-Finnland. Vergleichende kristalline geologische Beobachtungen. – Tschermaks min.-petr. Mitt., 3. Folge, 5, 415–418, Wien 1956.
- 48) Geologische Karte der Umgebung von Gastein. Maßstab 1 : 50.000, Geol. B.-A., Wien 1956.
- 49) Aufnahmen (1955) im Eruptivgebiet von Eisenkappel (Blatt 213). – Verh. Geol. B.-A., 1956, 24–27, Wien 1956.
- 50) Geologische Beobachtungen (1955) in der Kreuzeck-, Sadnig-, Rieserferner-, und Reisseckgruppe (Kartenblätter 177, 180, 181, 182). – Verh. Geol. B.-A., 1956, 24–27, Wien 1956.
- 51) Geologische Aufnahmen (1955) in den Südwesthängen der Sonnblickgruppe in den Hohen Tauern (Kartenblätter 154 und 180). – Verh. Geol. B.-A., 1956, S. 27, Wien 1956.
- 52) Erläuterung zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein. Maßstab 1:50.000 (Ausgabe 1956). – Geol. B.-A., 158 S., 8 Abb., 8 Taf., Wien 1957.
- 53) Geologisches Panorama vom Zitterauer Tisch SW vom Stubnerkogel bei Badgastein, Salzburg, Österreich. Beiheft zur geologischen Karte von Gastein, Geol. B.-A., Wien 1957.
- 54) Sedimentkeile und Mylonite im altkristallinen Glimmerschiefer der Kreuzeckgruppe (Kärnten). – Carinthia II, Sonderheft 20 (ANGEL-Festschrift), 32–39, 3 Abb., Klagenfurt 1957.
- 55) Aufnahmen (1956) in der Sonnblickgruppe und in den Osthängen des Petzeckgebietes (Kartenblätter 154, 179 und 180). – Verh. Geol. B.-A., 1957, 16–18, Wien 1957.
- 56) Beobachtungen (1957) im Kristallin der Buckligen Welt und des Hochwechsels (Kartenblätter 105 und 106). – Verh. Geol. B.-A., 1958, 206–208, Wien 1958.
- 57) Geologische Aufnahmen (1957) in der Sonnblickgruppe (Kartenblätter 154 und 180). – Verh. Geol. B.-A., 1958, S. 208, Wien 1958.
- 58) gem. mit G. FRASL & A. TOLLMANN: Östliche und Mittlere Hohe Tauern und die Radstädter Tauern. – Exkursionsführer Nr. H9 zur Tagung der Geologischen Gesellschaft in Wien im Herbst 1958. – 14 S., 5 Taf., Wien 1958.

- 59) Bericht über geologische Studien in Südkalifornien. – Verh. Geol. B.-A., 1959, 19–44, Wien 1959.
- 60) Geologische Aufnahmen 1958 im nördlichen Randgebiet der Schober- und Sadniggruppe (180). – Verh. Geol. B.-A., A15–A17, Wien 1959.
- 61) Mehrere geologische Beschreibungen, Gastein, etc. – [In:] Amtliches Österreichisches Bäderbuch. Bearbeitet von F. SCHEMINZKY und W. WEIS, Wien 1959.
- 62) Geologische Aufnahmen 1959 im Sonnblickgebiet und im unteren Mölltal (154, 180 und 181). – Verh. Geol. B.-A., 1960, A17–A19, Wien 1960.
- 63) Geologische Beobachtungen 1959 in der Hochalm–Ankogelgruppe (156). – Verh. Geol. B.-A., 1960, A19–A20, Wien 1960.
- 64) Schachbrettalbit und Myrmekit. Eine Verteilungsregel im Hochalm–Ankogelmassiv. – Verh. Geol. B.-A., 1961, 59–63, 1 Abb., Wien 1961.
- 65) Bericht über eine Vergleichsexkursion im Venediger Kern. – Verh. Geol. B.-A., 1961, 56–59, Wien 1961.
- 66) Geologische Notizen aus der Adamellogruppe zur Beurteilung des Eruptivgebietes von Eisenkappel (Karawanken). – Anz. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 1960, 303–308, Wien 1961.
- 67) Der Granodiorit von Wöllatratten (Mölltal) und die hydrothermale Veränderung der diskordanten Ganggesteine der Kreuzeckgruppe. – Carinthia II, 71 (151), 41–50, Klagenfurt 1961.
- 68) Über die Lage der B-Achsen in einigen Stöcken von Feinkorngranit des Typus Mauthausen (Südliche Böhmisches Masse). – Der Karinthin, 42, 140–146, 2 Abb., Klagenfurt 1961.
- 69) Lineation und Faltung im Forellengneis (Hohe Tauern). – Der Karinthin, 42, 146–148, Klagenfurt 1961.
- 70) Geologische Karte und Panorama der Umgebung von Gastein. – Badgasteiner Badeblatt, 1962, Nr. 23, 7 S., 3 Abb., Badgastein 1962.
- 71) Aufnahmen 1960 in der Hochalm–Ankogel-Gruppe (156). – Verh. Geol. B.-A., 1961, A20–A21, Wien 1961.
- 72) Aufnahmen 1960 im Gebiet von Eisenkappel östlich der Vellach (213). – Verh. Geol. B.-A., 1961, A21–A23, Wien 1961.
- 73) Geologische Karte der Sonnblickgruppe. Maßstab 1 : 50.000. – Geol. B.-A., Wien 1962.
- 74) Professor Joos Cadisch, Bern. – Österr. Hochschulzeitung, 13, Nr. 4, Wien 1961.
- 75) Sonnblicklamelle und Mölltallinie. – Jb. Geol. B.-A., 105, 273–286, 2 Abb., 1 Taf., Wien 1962.
- 76) Die Perm–Trias-Mulde des Gödnachgrabens an der Störungslinie von Zwischenbergen (Kreuzeckgruppe, östlich Lienz). – Verh. Geol. B.-A., 1962, 76–80, 1 Abb., Wien 1962.
- 77) gem. mit E. J. ZIRKL: Serpentin und Ophicalcit vom Steinbruch „Tommach“ bei Gstadt (Klippenzone bei Waidhofen a. d. Ybbs). – Verh. Geol. B.-A., 1962, 45–49, 1 Abb., Wien 1962.
- 78) Der Adamello–Pluton und seine Kontakte im Lichte der neueren italienischen Forschungen. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 54 (1961), 261–265, Wien 1962.
- 79) gem. mit E. WANDERER: Zur Kenntnis des Eklogit amphibolits im Debanttal (Schobergruppe, Osttirol). – Der Karinthin, 45/46, 228–234, Klagenfurt 1962.
- 80) Aufnahmen 1961 in der Hochalm–Ankogel-Gruppe (156). – Verh. Geol. B.-A.,

- 1962, A19–A21, Wien 1962.
- 81) Aufnahmen 1961 im Gebiet von Eisenkappel, östlich der Vellach (213). – Verh. Geol. B.-A., 1962, A21–A22, Wien 1962.
  - 82) Structures anciennes et recentes dans les gneiss polymetamorphiques de la zone penique des Hohe Tauern. – Fallot-Festschr., 2, 503–516, 6 Abb., 1 Tab., Paris 1963.
  - 83) Tauern–Westalpen. Ein Vergleich. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 58 (1965), 1–21, Wien 1966.
  - 84) Aufnahmen 1962 im Gebiet von Eisenkappel, östlich der Vellach (213). – Verh. Geol. B.-A., 1963 (3), A15–A16, Wien 1964.
  - 85) Aufnahmen 1962 in der Hochalm–Ankogelgruppe (156). – Verh. Geol. B.-A., 1963 (3), S. A 15, Wien 1964.
  - 86) Exkursion I/3: Sonnblickgruppe (östl. Hohe Tauern). – Petrographie und Tektonik im Tauernfenster. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 57 (1), 33–48, Wien 1964.
  - 87) Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe. Maßstab 1:50.000. – Geol. B.-A., 3–130 und 152–170, 8 Abb., 1 Tab., 8 Taf., Wien 1964.
  - 88) Exkursionsführer. Beitrag zu W. MEDWENITSCH u. W. SCHLAGER: Exkursion I/5. Ostalpenübersichtsexkursion. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 57 (1), 57–106, Wien 1964.
  - 89) Aufnahmen 1963 in der Hochalm–Ankogel-Gruppe (1956). – Verh. Geol. B.-A., 1964 (3), A16–A17, Wien 1964.
  - 90) Phengit in Gesteinen der östlichen Hohen Tauern. – Carinthia II, 75(155), 80–89, Klagenfurt 1965.
  - 91) Exkursionen zum karbonatischen Kambrium in Schlesien, Montagne Noire und östlichen Pyrenäen. – Mitt. Geol. Ges. Bergbaustud., 14/15 (1963/64), 197–203, Wien 1965.
  - 92) Vergleichende kristallingeologische Exkursionen im mittleren und nördlichen Teil der Böhmisches Masse. – Der Karinthin, 52, 136–145, Klagenfurt 1965.
  - 93) Die Geologie des Thermalstollens und seiner Umgebung. – [Aus]: F. SCHEMINZKY: Der Thermalstollen von Badgastein–Böckstein. Seine Geschichte, Erforschung und Heilkraft. – Band 5 der Reihe „Forschungen und Forscher der Tiroler Ärzteschule, 85–98, Abb. 30–33, Innsbruck 1965.
  - 94) Aufnahmen 1964 in der Hochalm–Ankogel-Gruppe (156). – Verh. Geol. B.-A., 1965, A24–A25, Wien 1966.
  - 95) Geologie von Österreich. – Erläuterungen zur geologischen und zur Lagerstättenkarte 1 : 1,000.000 von Österreich, Geol. B.-A., 67–75, 1 Taf., Wien 1966.
  - 96) Geology of Austria. – Ebenda. Geol. B.-A., 77–84, 1 Taf., Wien 1966.
  - 97) La geologie de l’Austrie. – Ebenda. Geol. B.-A., 85–94, 1 Taf., Wien 1966.
  - 98) Zur geologischen Position des Auftretens von Sillimanit in metamorphen Gesteinen der Ostalpen. – Der Karinthin, 55, 228–232, Klagenfurt 1966.
  - 99) Orthit in den Gesteinen der Sonnblickgruppe (Hohe Tauern). – Tscherma min.-petr. Mitt., 3. Folge, 11, 358–372, 11 Abb., Wien 1966.
  - 100) Aufnahmen 1965 in der Hochalm–Ankogel-Gruppe (Blatt 156). – Verh. Geol. B.-A., 1966, S. A23, Wien 1966.
  - 101) Staurolith und Polymetamorphose im Umkreis der östlichen Hohen Tauern. – Verh. Geol. B.-A., 1967, 98–108, Wien 1968.
  - 102) Aufnahmen 1966 in der Hochalm–Ankogel-Gruppe (Blatt 156). – Verh. Geol. B.-A., 1967, A19–A21, Wien 1968.

- 103) Aufnahmen 1967 auf den Blättern Muhr (156) und Tamsweg (157). – Verh. Geol. B.-A., 1968 (3), A21–A23, Wien 1968.
- 104) Eberhard Clar – 65 Jahre. – Österr. Hochschulzeitung, 21, Nr. 14, Wien 1969.
- 105) Zur Rastenberger Granittektonik im Bereiche der Kampkraftwerke (Südliche Böhmisches Masse). – Mitt. Geol. Ges. Wien, 61 (1968), 6–39, 9 Abb., Wien 1969.
- 106) Zur Geologie und Petrologie des Brasilianischen Schildes. – Tscherma's min.-petr. Mitt., 3. Folge, 13, 341–344, Wien 1969.
- 107) Aufnahmen 1968 auf den Blättern Muhr (156) und Tamsweg (157). – Verh. Geol. B.-A., 1969 (3), A21–A25, Wien 1969.
- 108) Leopold Kober. – Österr. Hochschulzeitung, 22, Nr. 17, vom 1. Nov. 1970, Wien 1970.
- 109) gem. mit P. FAUPL: Die Anorthitgehalte der Plagioklase in einigen Gesteinsgruppen der zentralen Ostalpen. – Verh. Geol. B.-A., 1970 (2), 245–266, 3 Taf., Wien 1970.
- 110) Geologie der peripheren Hafnergruppe (Hohe Tauern). – Jb. Geol. B.-A., 114 (1), 1–119, 16 Abb., 6 Taf., Wien 1971.
- 111) Stilpnomelan im Gneis der Radstädter Tauern. – Der Karinthn, 64, 219–224, Klagenfurt 1971.
- 112) Über Oligoklas-Blasten in metamorphen Schieferen der östlichen Hohen Tauern und Umgebung. – Carinthia II, Sonderheft 28, Festschrift Kahler, 221–238, 5 Abb., Klagenfurt 1971.
- 113) Aufnahmen 1969 auf Blatt Muhr (156). – Verh. Geol. B.-A., 1970 (5), A24–A25, Wien 1971.
- 114) gem. mit E. ERKAN: Authigene Plagioklase in Kalkgeröllen der Gosauschichten bei Puchberg am Schneeberg (N. Ö.). – Verh. Geol. B.-A., 1971 (1), 153–162, 1 Abb., Wien 1971.
- 115) Geologie der Karawankenplutone östlich Eisenkappel, Kärnten. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 64 (1971), 1–108, 17 Abb., 1 Taf., Wien 1972.
- 116) Aufnahmen 1970 auf Blatt Muhr (156) und Vergleichsbegehungen auf Blatt Spittal an der Drau (182). – Verh. Geol. B.-A., 1971 (4), A28–A30, Wien 1972.
- 117) Aufnahmen 1970 im Gebiet von Eisenkappel, östlich der Vellach (213). – Verh. Geol. B.-A., 1971 (4), S. A31, Wien 1972.
- 118) gem. mit E. SENFTL: Rezente Hebung der Hohen Tauern und geologischen Interpretation. – Verh. Geol. B.-A., 1973 (2), 209–234, 3 Abb., Wien 1973.
- 119) gem. mit H.-P. SCHÖNLAUB: Neue Beobachtungen an der Periadriatischen Narbe im Gailtal und im Karbon von Nötsch. – Verh. Geol. B.-A., 1973 (3), 357–365, 1 Abb., Wien 1973.
- 120) Aufnahmen 1971 auf Blatt Muhr (156) und Vergleichsbegehungen auf Blatt Spittal an der Drau (182). – Verh. Geol. B.-A., 1972 (3), A30–A31, Wien 1973.
- 121) Aufnahmen 1971 im Gebiet von Eisenkappel, östlich der Vellach (Blätter Eisenkappel 213 und Völkermarkt 204). – Verh. Geol. B.-A., 1972 (3), A32–A33, Wien 1973.
- 122) Exkursionsführer: Karawankenplutone östlich Eisenkappel. – Arbeitstagung Österreichischer Geologen 1973, Völkermarkt, Kärnten. – Geol. B.-A., 7–10, 2 Abb., 2 Taf., Wien 1973.

- 123) Fortschritte der geologischen Forschung im Tauernfenster (Österreich und Italien). – Zentralbl. f. Geol. u. Paläont., Teil I, 1973 (5/6), 187–210, Stuttgart 1974.
- 124) Granitgerölle im Permo-Skyth-Sandstein des Drauzuges bei Stockenboi (Kärnten). – Verh. Geol. B.-A., 1974 (1), 131–137, Wien 1974.
- 125) Eberhard Clar als Lehrer. – Mitt. Geol. Ges. in Wien, Eberhard Clar Festschrift, 66–67, 4 S., Wien 1974.
- 126) Bericht 1972 über geologische Untersuchungen am Ostende der Hohen Tauern (Blätter 156, 157, 182 und 183). – Verh. Geol. B.-A., 1973 (4), A59–A61, Blätter 1974.
- 127) Diskussionsbemerkung zum Vortrag von H. BÖGEL: „Zur Literatur über die Periadriatische Naht“. – Verh. Geol. B.-A., 1975 (2/3), 197–198, Wien 1975.
- 128) Activities of the Institute of Geology of the University of Vienna (Institut für Geologie der Universität Wien). [In:] Report of Austria on National Activities in the International Geodynamics Project 1972–1975. – Austrian National Committee for the I G P. Österr. Akad. Wiss., Wien 1975.
- 129) Aufnahmen 1973 auf Blatt Muhr (156). – Verh. Geol. B.-A., 1974 (4), A33–A34, Wien 1975.
- 130) Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineamentes. – Verh. Geol. B.-A., 1976 (2), 3–64, 13 Abb., Wien 1976.
- 131) gem. mit H. P. SCHÖNLAUB & A. NOWOTNY: Das Altpaläozoikum des Katschberges und seiner Umgebung (Österreich). – Verh. Geol. B.-A., 1976 (2), 115–145, 3 Abb., 3 Taf., Wien 1976.
- 132) gem. mit A. DEUTSCH & H. HEINZ: Geologisch-petrographische Untersuchung der Goldeckgruppe. – Geologischer Tiefbau der Ostalpen (Hochschulschwerpunkt N 25), 3. Bericht 1975, 8–9, Wien 1976.
- 133) Beiträge zum Exkursionsführer. Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1977, Waldviertel. – Geol. B.-A., Wien 1977.
- 134) gem. mit A. DEUTSCH: Geologisch-petrographische Untersuchung der Goldeckgruppe im Jahr 1976. – Geologischer Tiefbau der Ostalpen (Hochschulschwerpunkt N 25), (5), S. 28, Wien 1977.
- 135) gem. mit A. DEUTSCH & J. MEYER: Geologisch-petrographische Untersuchung der Goldeckgruppe und der südlichen Kreuzeckgruppe im Jahr 1977. – Geologischer Tiefbau der Ostalpen (Hochschulschwerpunkt N 25) (6), 1977, I. Teil, 7–21, 5 Abb., 2 Tab., Wien 1978.
- 136) Das Präkambrium-Problem in Österreich. – Materials to the IGCP Project No. 22, Precambrian in Younger Fold Belts, 46 S., 3 Abb., Prag 1978.
- 137) Zur Geologie der Ankogel–Hochalmgruppe. – Alpenvereins-Jahrb., 1979, 5–15, 10 Abb., 1 geol. Kt., Innsbruck 1979.
- 138) Geologie des Salzachtales zwischen Taxenbach und Lend. – Jb. Geol. B.-A., 122 (1), 1–73, 7 Abb., 3 Taf., Wien 1979.
- 139) Geologisches Profil durch die Torscharte mit Kennzeichnung der Zerrüttungszone. Maßstab 1 : 25.000. – Geowiss. Mitt. Inst. Landesvermessung Techn. Univ., 15, S. 277, Wien 1979.
- 140) Geologie der Hohen Tauern bei Gmünd in Kärnten. – Jb. Geol. B.-A., 123 (2), 343–410, 10 Abb., 6 Taf., Wien 1980.
- 141) Das Kristallin östlich der Katschbergzone. – Mitt. österr. Geol. Ges., 71/72 (1978/1979), 167–189, 2 Abb., Wien 1980.

- 142) Old and Young Structures along some Fault Zones of the Central Eastern Alps. – Results of the Austrian Investigations in the International Geodynamics Project, 75–79, 1 Abb., Wien 1981.
- 143) gem. mit F. K. BAUER et al.: Geologische Karte der Karawanken 1 : 25.000, Ostteil. – Geol. B.-A., Wien 1981.
- 144) gem. mit A. W. RUTTNER: Österreich. – Carte tectonique internationale de l'Europe et des regions avoisinantes 1 : 2,500.000. 2. Aufl., UNESCO, Moskau und Paris 1981.
- 145) Geologische Karte der Hafnergruppe (Blatt Muhr, Ö. K. 156 – Südteil), Maßstab 1 : 25.000. – Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., Wien 1982.
- 146) Geologie der zentralen Hafnergruppe (Hohe Tauern). – Jb. Geol. B.-A., 125, 51–154, 22 Abb., 5 Taf., Wien 1982.
- 147) Erläuterungen zur Geologischen Karte der Hafnergruppe, 1 : 25.000. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 29, 41–74, Wien 1983.
- 148) Bericht 1979 über geologische Aufnahmen auf Blatt Muhr 156. – Verh. Geol. B.-A., 1980 (1), A115–A116, Wien 1983.
- 149) Bericht 1982 über geologische Aufnahmen auf Blatt 157, Tamsweg. – Jb. Geol. B.-A., 126 (2), 319–320, Wien 1983.
- 150) Ein neues Vorkommen von Karawanken–Tonalitgneis westlich der Vellach südlich Eisenkappel. – Jb. Geol. B.-A., 126 (2), 211–213, 1 Abb., Wien 1983.
- 151) Zur Petrographie von Gneisgeröllern im Karbon von Nötsch (Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., 126 (2), 215–217, Wien 1983.
- 152) Ein neues Vorkommen von Karawanken–Tonalitgneis westlich der Vellach südlich Eisenkappel. – Jb. Geol. B.-A., 126 (2), 211–213, 1 Abb., Wien 1983.
- 153) gem. mit F. K. BAUER et al.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Karawanken 1 : 25.000, Ostteil. – 86 S., Geol. B.-A., Wien 1983.
- 154) Bericht 1982 über geologische Aufnahmen auf Blatt Spittal/Drau. – Jb. Geol. B.-A., 126 (2), 330–331, Wien 1983.
- 155) Plagioklas-Gänge im Kalkschiefer bei Mühldorf im Mölltal. – Carinthia II, 174/ (94), 1–8, 2 Abb., Klagenfurt 1984.
- 156) Der Südrand des Tauernfensters bei Spittal an der Drau. – Jb. Geol. B.-A., 127 (3), 349–367, 9 Abb., Wien 1984.
- 157) gem. mit H.-P. SCHÖNLAUB: Ein neues Vorkommen von Tonalitgneis und Gailtalkristallin im mittleren Gailtal. – Jb. Geol. B.-A., 127 (2), 181–186, 2 Abb., Wien 1984.
- 158) Bericht 1980 über geologische Aufnahmen auf Blatt 156 Muhr. – Verh. Geol. B.-A., 1981 (1), A 92, Wien 1984.
- 159) Bericht 1981 über geologische Aufnahmen auf Blatt 157 Tamsweg. – Verh. Geol. B.-A., 1982 (1), A78, Wien 1984.
- 160) Bericht 1981 über geologische Aufnahmen auf Blatt 182 Spittal/Drau. – Verh. Geol. B.-A., 1982 (1), A83, Wien 1984.
- 161) Petrographie und Tektonik des Granitzuges von Nötsch (Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., 127 (4), 557–570, 4 Abb., Wien 1985.
- 162) Beitrag zu H. P. SCHÖNLAUB's geologischer Farbkarte 1 : 25.000: Das Karbon von Nötsch und sein Rahmen. – Jb. Geol. B.-A., 127 (4), Wien 1985.
- 163) Der Tonalitgneis von Ebriach (Karawanken, Kärnten). – Carinthia II, 175, 61–67, 2 Abb., Klagenfurt 1985.

## Verzeichnis der von Prof. Dr. Christof EXNER betreuten Dissertationen

1965

MATURA, Alois: „Zur Geologie des Türchlwand–Kramkogel-Gebietes (zwischen Gasteiner Tal und Rauris Tal).“

Begutachter: EXNER, WIESENER

1966

EPPENSTEINER, Walter: „Studien über Sedimentation und Diagenese des oberen Wettersteinkalkes in Bleiberg–Kreuth (Kärnten).“

Begutachter: CLAR, EXNER

ZISCHINSKY, Ulf: „Instabile Talflanken. (Über Bergzerreißung und Talzuschub).“

Begutachter: CLAR, EXNER

1967

DA COSTA, Luis Alfredo Moutino: „Der Rastenberger Pluton im österreichischen Moldanubikum.“

Begutachter: WIESENER, EXNER

FAUPL, Peter: „Zur Geologie des Gebietes Trattenbach und Fröschnitz/NÖ–Stmk. (Wechselgebiet).“

Begutachter: EXNER, CLAR

FRISCH, Wolfgang: „Zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxbach und Tuxer Hauptkamm bei Lanersbach (Zillertal, Tirol).“

Begutachter: EXNER, CLAR

1968

HUSKA, Gerhard: „Die Geologie der Umgebung von Waldbach (Das Problem des südlichen Wechselfensters).“

Begutachter: EXNER, CLAR

KHAFFAGY, Mahmoud: „Zur Genese der Spitzer Gneise und der Paragneisserie des Kamptales im niederösterreichischen Waldviertel.“

Begutachter: WIESENER, EXNER

RIEDMÜLLER, Adolf Gunther: „Zur Geologie des NW-Teiles der Buckligen Welt.“

Begutachter: EXNER, CLAR

SCHWARZBÖCK, Helmut: „Zur Geologie des obersten Gradentales (Schobergruppe).“

Begutachter: EXNER, CLAR

1969

SOMMER, Dieter: „Die Präbichl-Schichten als permotriadische Basis der nördlichen Kalkalpen in der östlichen Grauwackenzone.“

Begutachter: CLAR, EXNER

VETTERS, Wolfgang: „Zur Geologie des westlichen Wechselgebietes zwischen Rettenegg und Feistritzsattel.“

Begutachter: EXNER, CLAR

1970

AKIN, Yildir: „Zur Geologie des östlichen Königsbergzuges.“

Begutachter: EXNER, CLAR

EILBEIGUI, M. Djamschid: „Zur Geologie des Grundgebirges des Manhartsberges (südliche Böhmisches Masse).“

Begutachter: EXNER, CLAR

- HALBMAYER, Helmut: „Zur Geologie des Gebietes zwischen Aspang und Mönch-  
kirchen/NÖ (Wechselgebiet).“  
Begutachter: EXNER, CLAR
- LEMBERGER, Peter: „Geologische Neuaufnahme des Wechselgebietes im Raume  
Aspang—St. Corona—Trattenbach.“  
Begutachter: EXNER, CLAR
- THEYER, Peter: „Zur Geologie des Gebietes zwischen Paal- und Lorenzgraben  
(Oberes Murtal, Steiermark).“  
Begutachter: CLAR, EXNER

1971

- BERTLE, Heiner: „Zur Geologie des Fensters von Gargellen (Vorarlberg) und seines  
kristallinen Rahmens.“  
Begutachter: CLAR, EXNER
- PISTOTNIK, Julian: „Zur Geologie der Umgebung von Innerkrems (Nockgebiet,  
Gurktaler Alpen.“  
Begutachter: CLAR, EXNER

1972

- FÜRLINGER, Werner: „Talzuschub und Wildbachverbauung.“  
Begutachter: CLAR, EXNER
- JORDAN, Otmar: „Die geologischen Verhältnisse des Quarzitzuges Stickelberg—  
Landsee und seine Umrahmung (Bucklige Welt, Niederösterreich).“  
Begutachter: EXNER, CLAR
- KUNZ, Ferenc: „Geologische Gliederung, Tektonik und Metamorphose des Raumes  
Dobritsch—Althofen, östlich vom Metnitztal bis zum Urtil- und Ratteingraben in  
Kärnten.“  
Begutachter: CLAR, EXNER
- MAŁECKI, Gerhard: „Zur Geologie des Silberpfennig-Gebietes, Hohe Tauern (Salz-  
burg).“  
Begutachter: EXNER, CLAR
- PIRKL, Herbert: „Tauernschieferhüllbereich des unteren Mölltales zwischen Ober-  
vellach und Kolbnitz (Kärnten) und seine quartäre bis rezente Gefügeprägung.“  
Begutachter: CLAR, EXNER

1973

- ZARRABI, Abdollah: „Zur Geologie der moravischen Zone im Thayatal zwischen  
Schloß Karlslust und Hardegg (Niederösterreich).“  
Begutachter: EXNER, CLAR

1974

- SMUK, Andreas: „Zur Geologie des Thayatales zwischen Kollmitzgraben und Eiben-  
stein (Moldanubikum, Niederösterreichisches Waldviertel).“  
Begutachter: EXNER, TOLLMANN
- WACHTEL, Georg: „Zur Geologie des Pulkautales und seiner Umgebung (Moravikum,  
NÖ).“  
Begutachter: EXNER, TOLLMANN

1975

- DAURER, Albert: „Das Moldanubikum im Bereich der Donaustörung zwischen Jo-  
chenstein und Schlögen (O.Ö.).“  
Begutachter: EXNER, WIESENER

PONGRACZ, Ladislaus: „Zur Geologie der Umgebung von Drosendorf (Moldanubikum, N.Ö.).“

Begutachter: EXNER, TOLLMANN

#### 1976

ALBER, Johann: „Seriengliederung, Metamorphose und Tektonik des Hocharngiebtes (Rauristal/Salzburg).“

Begutachter: FRANK, EXNER

DEUTSCH, Alexander: „Geologie der mittleren Goldeckgruppe zwischen Oberam-lach und Baldramsdorf (Ktn.).“

Begutachter: EXNER, WIESENER

HEINRICH, Maria: „Zur Geologie des Jungtertiärbeckens von Tamsweg mit kristalli-ner Umrahmung.“

Begutachter: EXNER, WIESENER

HEINZ, Herbert: „Geologie der östlichen Goldeckgruppe (Mittelkärnten).“

Begutachter: EXNER, TOLLMANN

SOLIMAN, Mohamed Ahmed: „Sedimentpetrographische Untersuchungen im ost-steirischen Tertiärbecken.“

Begutachter: WIESENER, EXNER

ZEZULA, Gerhard: „Die Lessacher Phyllonitzone am Südrand der Schladminger Tauern (Lungau, Salzburg).“

Begutachter: EXNER, WIESENER

#### 1977

MEYER, Johann: „Geologie des mittleren Liesertales mit Gmeineck und Tschier-nock (Kärnten).“

Begutachter: EXNER, RICHTER

NOWOTNY, Axel: „Die Geologie des Katschberges und seiner Umgebung.“

Begutachter: EXNER, RICHTER

#### 1978

HÄUSLER, Hermann: „Zur Geologie und Tektonik der Hallstätter Zone im Bereich des Lammertales zwischen Golling und Abtenau (Salzburger Kalkalpen).“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

ZIMMER, Wolfgang: „Geologie der Nordrahmenzone der Hohen Tauern bei Großarl.“

Begutachter: EXNER, RICHTER

#### 1979

PEER, Helmuth: „Geologie der Nordrahmenzone der Hohen Tauern zwischen Gastei-ner Ache und Schuhflicker.“

Begutachter: EXNER, RICHTER

HINTEREGGER, Hubert: „Fazies und Stratigraphie der Opponitzer Schichten, aus-gehend vom Lunzer Raum.“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

#### 1980

GROISZ, Roman: „Kristallines Grundgebirge und tertiäre Verwitterung im Raume von Artstetten (N.Ö., Südliche Böhmisches Masse).“

Begutachter: EXNER, TOLLMANN

PROCHASKA, Walter: „Der Kontakthof der Rieserfernerintrusion in Ost- und Süd-tirol.“

Begutachter: RICHTER, EXNER

SAUER, Roman: „Zur Stratigraphie und Sedimentologie der Gießhübler Schichten im Bereich der Gießhübler Gosamulde (Nördliche Kalkalpen).“  
Begutachter: TOLLMANN, EXNER

## 1981

HAMILTON, Walter: „Die Hallstätter Zone des östlichen Lammertales und ihre geologischen Beziehungen zum Tennengebirgstirolikum (Nördliche Kalkalpen, Salzburg).“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

MESSNER, Konrad: „Geologie, Tektonik und Metamorphose der Tauernschieferhülle zwischen Mühlwalder- und Weissenbachtal (Ahrntal – Südtirol).“

Begutachter: FRISCH, EXNER

SEIFERT, Peter: „Das Eozän der Waschbergzone (N.Ö.) (und die angrenzenden Teile des Oberpaleozän und Unteroligozän). Stratigraphie, Mikrofazies, Paläogeographie und Tektonik.“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

## 1982

POPP, Friedrich: „Geologische Untersuchungen in der Schieferhülle des Tauernfensters im Gerlostal (Tirol).“

Begutachter: FRISCH, EXNER

## 1983

MANDL, Gerhard, W.: „Vergleichende Untersuchung der Hallstätter Faziesräume des mittleren Salzkammergutes (Gosaukammvorland, Hallstatt, Ischl – Aussee), Fazies, Stratigraphie und tektonische Modelle.“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

PINZ, Franz: „Geologische Neuaufnahme der Westkarawanken zwischen Feistritz- und Worounitzagraben.“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

## 1984

AL BABA, Mohamad Nizar: „Geologie der Nördlichen Kalkalpen-Randzone zwischen Leonstein und Micheldorf im Bereich der Ternberger–Reichraminger Decke (Oberösterreich).“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

## 1985

HÖSCH, Konrad: „Zur lithofaziellen Entwicklung der Greifensteiner Schichten in der Flyschzone des Wienerwaldes.“

Begutachter: FAUPL, EXNER

PAVLIK, Wolfgang: „Geologische Untersuchungen in den Kalkhochalpen (Tirolikum und Juvavikum) im Gebiet Halltal–Student (Steiermark).“

Begutachter: TOLLMANN, EXNER

Schichtfolge und Fazies der Gosau von Lilienfeld  
(Oberkreide; niederösterreichische Kalkvoralpen)

von

Michael WAGREICH

mit 5 Abb., 1 Tab. und 1 Beil.

Anschrift des Verfassers  
Michael Wagreich  
Institut für Geologie der Universität Wien  
Universitätsstraße 7/III  
A-1010 Wien

## Inhalt

1. Zusammenfassung . . . . .	20
Summary . . . . .	21
2. Einleitung . . . . .	21
3. Lage und Gliederung der Gosau von Lilienfeld . . . . .	22
4. Die Tiefere Gosau . . . . .	22
4.1. Basiskonglomerate . . . . .	24
4.2. Marine Sandsteine und Konglomerate . . . . .	26
4.3. Interpretation des sedimentären Environments . . . . .	26
5. Nierentaler Schichten . . . . .	27
5.1. Zur stratigraphischen Einstufung der Nierentaler Schichten . . . . .	28
5.2. Lithofazies der Nierentaler Schichten . . . . .	29
5.3. Der Sedimentationsbereich der Nierentaler Schichten . . . . .	29
6. Karbonatbreccien-Serie . . . . .	29
6.1. Lithofazies der Karbonatbreccien . . . . .	30
6.2. Sedimentäres Environment der Karbonatbreccien . . . . .	30
7. Höllgrabenschichten . . . . .	31
7.1. Zur stratigraphischen Stellung der Höllgrabenschichten . . . . .	31
7.2. Die lithofazielle Ausbildung der Höllgrabenschichten . . . . .	31
7.2.1. Sandsteine und Konglomerate . . . . .	31
7.2.2. Pelite . . . . .	32
7.3. Zusammensetzung des terrigenen Materials . . . . .	32
7.4. Ablagerungsbedingungen und Sedimentationsmodell . . . . .	33
8. Die Lilienfelder Gosau im Vergleich mit benachbarten Gosauvorkommen des Hochbajuvarikums . . . . .	35
8.1. Tiefere Gosau . . . . .	35
8.2. Flyschgosau . . . . .	35
Dank . . . . .	36
9. Literatur . . . . .	36

## 1. Zusammenfassung

Das auf der Lunzer Decke gelegene Oberkreidevorkommen von Lilienfeld konnte in vier lithofazielle Einheiten gegliedert werden.

Der liegende Abschnitt der Tieferen Gosau umfaßt Santon bis fragliches Campan. Die bis zu 100 m mächtigen, exotikaführenden Basiskonglomerate werden als Ablagerungen eines alluvialen Schwemmfächers mit Schüttung aus N interpretiert. Darüber folgen geringmächtige Fan-Delta-Sedimente. In den Schwermineralspektren dominieren Chromspinell und Zirkon.

Nierentaler Schichten des Campans folgen diskordant über der Tieferen Gosau. Die bunten Kalkmergel mit planktonischen Foraminiferen werden einem bathyalen Hangbereich zugeordnet. Eingeschaltete Breccien- und Sandsteinbänke zeigen Transportrichtungen aus S. Chromspinell ist das dominierende Schwermineral. Die folgende Karbonatbreccienserie markiert einen Zeitraum tektonischer Unruhe im höheren Obercampan bis beginnenden Maastricht.

Die Turbiditfazies der Höllgrabenschichten des Maastrichts wird als Ablagerung

eines mittleren Tiefseefächer–Abschnittes interpretiert. Rinnenfüllungszyklen mit Konglomeraten und amalgamierten Sandsteinbänken sowie mächtige Mergelintervalle sind kennzeichnend. Paläoströmungsdaten zeigen Transport aus S. Die Schwermineralspektren führen Granat und Chromspinell.

Vergleichbare Entwicklungen benachbarter Gosauvorkommen lassen auf eine weitgehend übereinstimmende Entwicklung der Oberkreide des östlichen Hochbajuvarikums schließen.

### Summary

The Upper Cretaceous "Gosau"-sequence of the area around Lilienfeld (Eastern part of the Northern Calcareous Alps) is divided into four lithostratigraphic units. The basal conglomeratic unit of the Lower Gosauian Complex (Santonian – ? L. Campanian) is interpreted as an alluvial-fan – fan-delta depositional system. Conglomerates of a stream-dominated alluvial fan (Basiskonglomerate) are overlain by conglomerates and sandstones bearing marine bioclasts. These sediments are attributed to marine reworking of fluvial gravel deposits. Exotic material, mainly porphyres and ophiolitic detritus, came from a vanished source area in the north.

The Nierental Formation (M.–U. Campanian) rests disconformably on the folded Lower Gosauian Complex. It consists of variegated marls and marly limestones of a bathyal slope environment. Locally, breccias and thin turbiditic sandstone layers are intercalated. Chrome spinel is the dominating heavy mineral. Deposition of breccia-masses on local submarine talus fans marks a period of intensified tectonic activity at the Campanian–Maastrichtian-boundary.

The Maastrichtian Höllgraben Formation records the deposition on a rather small deep-sea fan. Thinning- and fining-upward-sequences consisting of conglomerates, thick sandstone layers without BOUMA-sequence, thin classic turbidites and thick marl-beds are characteristic features of a mid-fan-environment with channels and interchannel areas. There is evidence of deposition below the CCD. Flute casts indicate a north-dipping paleoslope. Garnet is the dominating heavy mineral, but chrome spinel is also present, especially in the lower part of the Höllgraben Fm.

In comparison with the Gosau-successions of the Weyerer Bögen and the Gießhübl area a uniform tectonical and lithofacial evolution of the Gosau Group in the north-eastern part of the Northern Calcareous Alps is proposed.

## 2. Einleitung

Die Gosau von Lilienfeld ist ein kleines Oberkreidevorkommen in der westlichen Fortsetzung des Gosaustreifens von Gießhübl und Alland (vgl. Abb. 1). Es liegt im Bereich der Kartenblätter 56 (St. Pölten) und 74 (Hohenberg) der Österreichischen Karte 1 : 50.000.

Ausgehend von einer Kartierung des Gosaubereiches im Maßstab 1 : 10.000 (WAGREICH, 1983) wurde versucht, dieses Gosauvorkommen in stratigraphischer und fazieller Hinsicht zu gliedern. Dabei konnte auf die Arbeiten von BITTNER (1901), SPENGLER (1928), NEUBAUER (1949), OBERHAUSER (1963) und ERKAN (1970, 1973) zurückgegriffen werden.

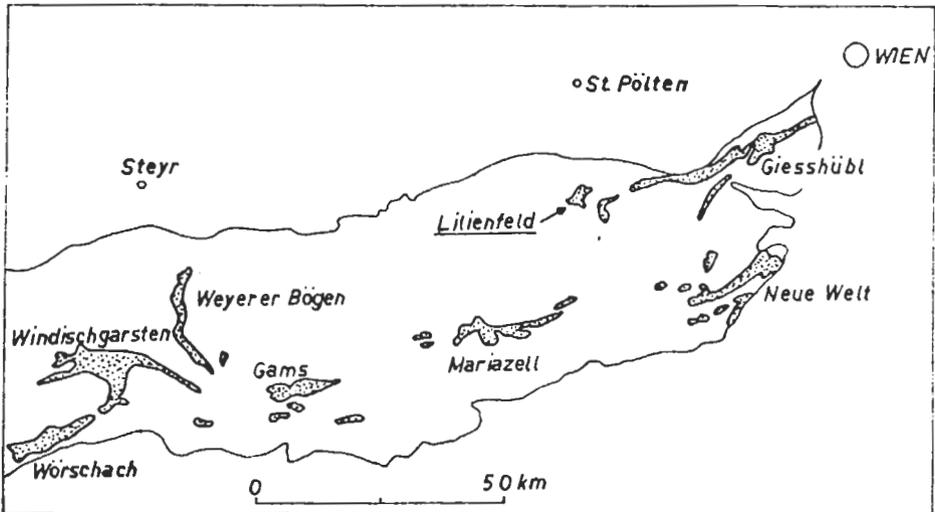


Abb. 1: Übersichtsskizze der Gosauvorkommen im Ostteil der Nördlichen Kalkalpen (Gosau – gepunktete Bereiche).

Insbesondere für die Interpretation und Korrelation oberkretazischer Konglomeratserien war und ist der Lilienfelder Bereich von wesentlicher Bedeutung (vgl. ERKAN, 1970).

### 3. Lage und Gliederung der Gosau von Lilienfeld

Die Oberkreideschichtfolge von Lilienfeld erreicht eine Gesamtmächtigkeit von über 300 m. Sie bildet einen N–S-streichenden Höhenzug östlich und südlich Lilienfelds zwischen dem Traisental und dem Muckenkogel. Das Gebiet gliedert sich in die Bereiche der Vordereben (E–SE), der Klostereben (S) und der Hintereben (S-Rand).

Die Gosau liegt diskordant auf einer gefalteten und verschuppten Trias- bis Unterkreideschichtfolge der Lunzer Decke auf. Nachgosauisch wurden Reisalpendecke und Sulzbachdecke (sensu TOLLMANN, 1967) aufgeschoben, womit sich die Erhaltung der Oberkreide an der Front des Ötscher–Deckensystems erklärt (vgl. Beil.).

Innerhalb der Gosau konnten vier kartierbare lithostratigraphische Einheiten unterschieden werden (Abb. 2): Über der liegenden Tieferen Gosau (Gosau i. e. S. nach TOLLMANN, 1976: 403; "first sedimentary phase" nach BUTT, 1981; "Lower Gosauian Complex" nach FAUPL et al., in Vorb.) liegt eine Abfolge mit Nierentaler Schichten, einer Karbonatbreccienserie und einer hangenden Turbiditfazies, den Höllgrabenschichten (Gosau i. w. S. nach TOLLMANN, 1976; "Upper Gosauian Complex" nach FAUPL et al., in Vorb.). Diese vier Einheiten stehen zueinander in diskordanter Beziehung.

### 4. Die Tiefere Gosau

Der Begriff der "Tieferen Gosau" faßt jene Gesteinsserien zusammen, die diskor-

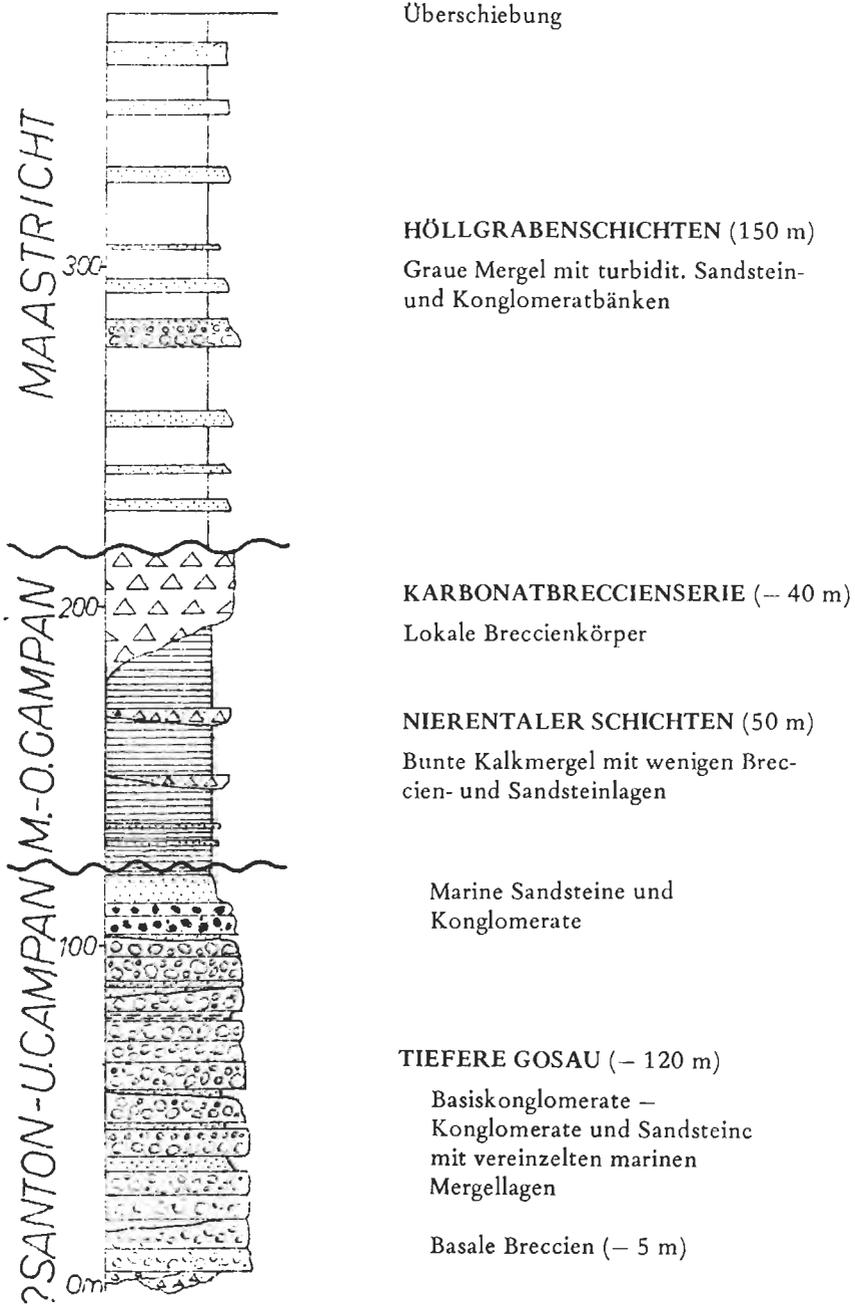


Abb. 2: Schematisches Idealprofil der Gosauschichtfolge von Lilienfeld.

dant auf dem vorgosauischen Untergrund aufliegen und ihrerseits diskordant von Nierentaler Schichten überlagert werden. Dieser Schichtkomplex erreicht seine maximale Mächtigkeit von 120 m im Bereich der Vordereben (Aufschlüsse an der Forststraße zum Gehöft Leopoldsöder), gegen S wird die Abfolge geringmächtiger (vgl. ERKAN, 1970:114).

Innerhalb der Tieferen Gosau konnten zwei Faziesbereiche unterschieden werden:

1. Mächtige Basiskonglomerate mit sehr seltenen marinen Mergel einschaltungen.
2. Marine Sandsteine und Konglomerate von geringer Mächtigkeit, vorwiegend im Hangenden der Basiskonglomerate erhalten.

Eine genaue stratigraphische Einstufung dieser grobdetritären Sedimente ist kaum möglich. ERKAN (1973:72) berichtet von einer Mergellage unterhalb der Konglomerate mit *Globotruncana lapparenti*, *G. fornicata* und *G. coronata*. Im Hangenden der marinen Sandsteine konnte eine spärliche Fauna mit Globotruncanen der *lapparenti*- und der *fornicata*-Gruppe gefunden werden. Diese dürtigen Faunen weisen auf Santon bis Campan hin (BUTT, 1981; ROBASZYNSKI et al., 1984). Das Fehlen von Globotruncanen der *elevata*-Gruppe würde eher gegen Campan sprechen.

#### 4.1. Basiskonglomerate

Die basale Konglomeratabfolge wurde von ERKAN (1970, 1973) als „Lilienfelder Konglomerat“ bezeichnet. Oft sind geringmächtige Breccien aus Lokalmaterial an der Basis vorhanden.

Die Konglomerate sind komponentgestützt und meist schlecht sortiert. Die durchschnittliche Geröllgröße liegt bei wenigen Zentimetern, vereinzelt treten Komponenten bis 30 cm auf. Die sandig-feinbrecciöse Matrix ist rotgefärbt.

Die Konglomerate erscheinen ungeschichtet bis grob gebankt (Lithofazies Gm nach MIALI, 1977 bzw. RUST, 1979). Selten treten großformatige Schrägschichtungen auf (Lithofazies Gp, Gt). Imbrikationen sind meist nur schwach ausgebildet.

Eingeschaltet in den Konglomeratabfolgen sind bis zu zwei Meter mächtige, lateral auskeilende Sandsteinlagen. Ebene Lamination (Fazies Sh) und ebene sowie trogförmige Schrägschichtungen (Fazies Sp, St) sind kennzeichnend für diese Sandsteine. Sehr selten sind Feinsandsteine mit Strömungsrippeln (Fazies Sr) oder rötliche Pelite (Fazies Fl oder Fsc) im Hangenden von Sandsteinbänken erhalten. Eine komplette Abfolge von groben Konglomeraten zu Sandsteinen und Peliten konnte gefunden werden.

Vereinzelt finden sich in den Konglomeratabfolgen bis 1 m mächtige, graue Mergellagen mit Foraminiferen.

Den Geröllbestand der Basiskonglomerate dominieren karbonatische Gesteinsfragmente aus der kalkalpinen Schichtfolge. Häufig finden sich aber auch exotische Gerölle wie Quarzporphyre, schwach- und mäßig metamorphe Quarzite und Quarz-Feldspat-Hellglimmer(-Chlorit)-Aggregate (vgl. ERKAN, 1970, 1973). Der Chemismus der Quarzporphyre zeigt mit SiO<sub>2</sub>-Gehalten um 75 % und hohen K<sub>2</sub>O-Gehalten um 7 % Ähnlichkeiten zu Quarzporphyrgeröllen der Gosau von Kössen (DIETRICH & FRANZ, 1976). Daneben treten Orbitulinen-führende Kalkgerölle im N-Bereich der Vordereben auf (ERKAN, 1973:74).

Die Schwermineralspektren aus Sandsteinen der Basiskonglomerate dominieren Zirkone (abzuleiten aus den Porphyren) und Chromspinell (vgl. Tab. 1).

	Zirkon	Turmalin	Rutil	Apatit	Granat	Chloritoid	Chrom- spinell	Andere SM
1. Höllgrabenschichten								
1.1. Hangender Anteil (8 Proben)	3 (1-6)	7 (2-16)	9 (3-25)	9 (1-21)	63 (30-81)	3 (1-6)	4 (0-13)	1 (0-2)
1.2. Basaler Anteil (3 Proben)	9 (7-10)	12 (8-16)	5 (4-7)	5 (1-8)	34 (31-37)	3 (2-6)	29 (24-38)	3 (0-7)
2. Nierentaler Schichten (6 Proben)	13 (5-26)	11 (4-21)	6 (3-8)	6 (1-15)	4 (2-9)	1 (0-2)	60 (48-74)	-
3. Tiefere Gosau (7 Proben)	27 (12-46)	17 (8-29)	12 (1-24)	9 (2-21)	2 (0-7)	-	34 (17-73)	-

Korngrößenspektrum: 0,4 – 0,063 mm

Tabelle 1: Die Schwermineralführung von Sandsteinen der Lilienfelder Gosauschichten  
(Mittelwerte und Variationsbreite in Kornprozent)

#### 4.2. Marine Sandsteine und Konglomerate

Marine Schichten sind rudimentär mit Mächtigkeiten bis 20 m über den Basiskonglomeraten erhalten (z. B. Vordereben NW' Leopoldsöder, im Höllgraben oder am Südrand der Hintereben).

Der liegende Abschnitt dieses Komplexes ist durch graue oder bräunliche, dicht gepackte Konglomerate mit Klasten bis maximal 10 cm gekennzeichnet. Wenige miliolide Foraminiferen, Bohrspuren an Karbonatgeröllen und Rudistenbruchstücke lassen auf einen marinen Ablagerungsraum schließen.

Gegen das Hangende gehen die Konglomerate in graue, geschichtete Grobarenite und bimodale, vereinzelt geröllführende fein- bis mittelkörnige Sandsteine über. Charakteristisch ist der hohe Anteil an Biogendetritus dieser Sandsteine (Rotalgen, benthonische Foraminiferen, Bryozoenreste, Bivalvenschalen, Schwammnadeln und Echinodermen). In feinkörnigen Sandsteinen des Hangendbereiches finden sich vereinzelt planktonische Foraminiferen.

Das terrigene Material dieser Serie ist dem der Basiskonglomerate vergleichbar. Einzelne Sandsteinlagen sind durch gehäuftes Auftreten von Chloritserpentinkörnern gekennzeichnet (ophiolithischer Detritus vergl. DIETRICH & FRANZ, 1976). Die Schwermineralspektren dieser Sandsteine führen hohe Chromspinnelgehalte (Tab. 1).

#### 4.3. Interpretation des sedimentären Environments

Die Basiskonglomerate der Tieferen Gosau repräsentieren eine fluviatile Grobfazies mit sehr seltenen marinen Mergelzwischenlagen. Die Korngröße und Zurundung der Gerölle läßt kurze Transportweiten unter 10 km vermuten.

Die Lithofazies Gm nach MIALL (1977) dominiert die Abfolgen. Diese Fazies wird als Ablagerung longitudinaler Kiesbänke eines Grobfracht-führenden "braided-stream"-Sedimentationsmilieus interpretiert. Zyklen von Konglomeraten zu schräggeschichteten Sandsteinen und roten Peliten (vgl. Abb. 3) können Rinnenfüllungen dieser groben Flußfazies zugeordnet werden.

Konglomerate mit fehlender Internschichtung oder Imbrikation und polymodaler Korngrößenverteilung ohne deutlichen Korngrößenunterschied zwischen Matrix und Geröllen könnten auch als Ablagerungen aus hochenergetischen Schichtfluten (BALLANCE, 1984) oder Schuttströmen angesehen werden.

Die beschriebenen Konglomeratabfolgen entsprechen dem Scott-Modell im Einteilungsschema von braided-rivers nach MIALL (1977). Diese Fazies tritt in mittleren bis distalen Bereichen alluvialer Schwemmfächer auf, wobei das Fehlen echter Schlammströme gegen ein arides oder semiarides Paläoklima spricht. Gegen S (Hintereben) werden die Abfolgen reicher an Sandsteinen und markieren möglicherweise den Übergang der Schwemmfächerfazies in eine proximale braidplain-Sedimentation. Vergleichbare Konglomeratbildungen aus der Wörschacher Gosau beschrieb POBER (1983, 1984).

Der Übergang der Basiskonglomerate in marine Schichten vollzieht sich graduell. Die alluviale Schüttung erfolgt direkt in den marinen Bereich, in dem nur geringe Aufarbeitungsprozesse stattfinden. Derartige Faziesübergänge können als "coastal alluvial fan" (RUST, 1979:10) oder als "fan-delta" (z. B. WESCOTT & ETHRIDGE, 1980) bezeichnet werden. Ähnliche alluvial-flachmarine Übergangsserien finden sich auch

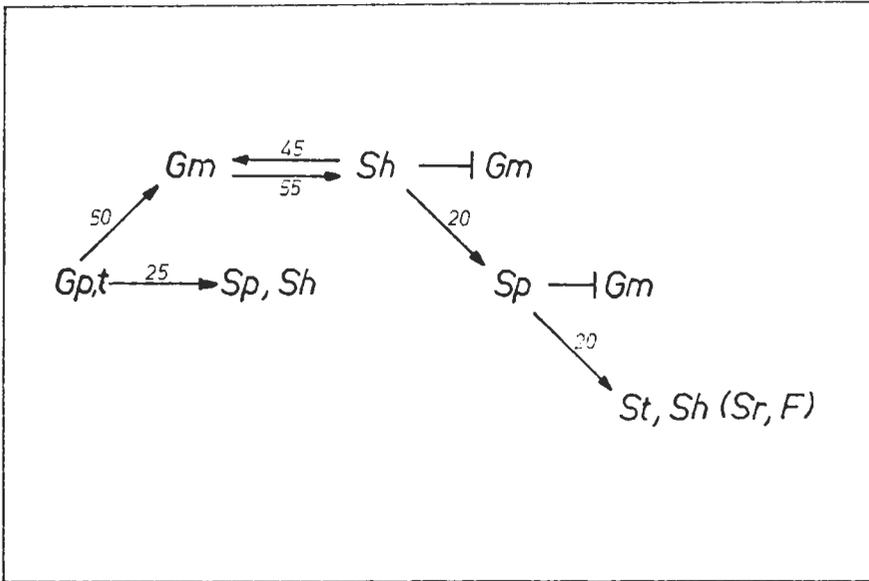


Abb. 3: Vertikale Lithofazieszyklen innerhalb der Basiskonglomerate, beruhend auf Markov-Ketten-Analyse. Faziescode nach MIALL, 1977 und RUST, 1979. (Erläuterungen siehe Text). Pfeile bedeuten Faziesübergänge, die jeweiligen Zahlen geben die Häufigkeit des Auftretens in % an. Senkrechte Striche kennzeichnen bevorzugte Erosionskontakte.

in anderen Gosauvorkommen wie im Krappfeld (HERRMANN & WASCHER, 1972), in Wörschach (POBER, 1984) und in Gosau (KOLLMANN in PLÖCHINGER, 1982; WAGREICH, im Druck). Die marinen Konglomerate und Sandsteine entsprechen dabei dem Übergangsbereich zwischen dem alluvialen Schwemmfächer und vollmariner Seichtwassersedimentation (vgl. schematisches Modell in Abb. 4). Nach WESCOTT & ETHRIDGE (1980:394) entstehen marine Grobsedimente an erosiven Konglomeratstränden durch Aufarbeitung alluvialer Geröllbänke.

Das Abnehmen der groben Schüttung gegen das Hangende und das Auftreten planktonischer Foraminiferen zeigt zunehmend landfernere Bedingungen des Sedimentationsraumes.

Aus den geringeren Mächtigkeiten und Korngrößen der Basiskonglomerate gegen S schloß ERKAN (1970:114; 1973:94 f.) auf Schüttung der Gerölle aus dem Norden. Die Messungen fluviatiler Schrägschichtungen bestätigen den Transport aus einem nördlichen bis westlichen Sektor.

## 5. Nierentaler Schichten

Über der Tieferen Gosau folgen mit deutlicher Winkeldiskordanz die Nierentaler Schichten. Diese Diskordanz ist an der Forststraße 100 m S' Leopoldsöder (Vordereben) und an der Straße auf die Klostereben, Kote 600, aufgeschlossen. Selten liegen Nierentaler Schichten direkt auf vorgosauischem Untergrund auf wie am SW-Rand der Hintereben.

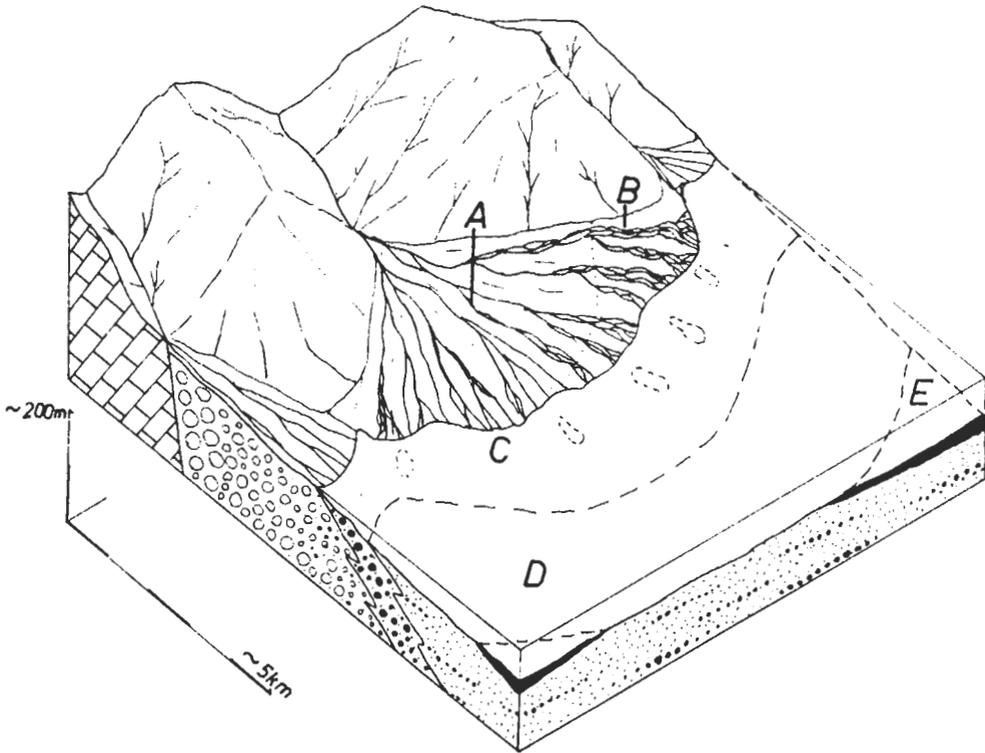


Abb. 4: Stark schematisiertes Modell des Ablagerungsraumes der Gesteine der Tieferen Gosau von Lilienfeld (Mächtigkeiten nicht maßstäblich) (A) Grobe Konglomerate (Kiesbank-, ? Schichtflutfazies) eines alluvialen Schwemmfächers. (B) Konglomerate mit häufigeren Sandsteinlagen (Kiesbank- und Rinnenfüllungsfazies) eines distalen Schwemmfächers mit möglichen Übergängen zu einer Braid-plain. (C) Marine Konglomerate mit Biodetritus (z. T. grobe Strandfazies) eines Fan-Deltas, übergehend in (D) Biodetritus-reiche Sandsteine mit einzelnen Geröllagen (seichtmarine Arenitfazies). (E) Biogenreiche Feinsandsteine mit planktonischen Foraminiferen (Übergangsbereich zu Schelfmergelfazies).

### 5.1. Zur stratigraphischen Einstufung der Nierentaler Schichten

Zur Alterseinstufung der Nierentaler Schichten des Bereiches von Lilienfeld liegen Daten von OBERHAUSER (1963) – Obersanton bis Campan – und ERKAN (1970) – Obercampan bis fragliches Maastricht – vor. Die Foraminiferenfaunen (u. a. mit *Globotruncana arca* (CUSHMAN), *G. stuartiformis* (DALBIEZ), *Rosita fornicata* (PLUMMER) und *R. patelliformis* (GANDOLFI) erlauben eine Einstufung in das Campan, wobei oberes Campan wahrscheinlich ist („ventricosa“- und „calcarata“-Zonen nach ROBASYNSKI et al., 1984). Nannofloren aus dem hangenden Abschnitt der Nierentaler Schichten bestätigen nach H. STRADNER das Campanalter mit *Broinsonia parca* und sprechen gegen Maastricht.

## 5.2. Lithofazies der Nierentaler Schichten

Harte, stückige Mergel und Mergelkalke mit Karbonatgehalten von 55 bis 80 % dominieren die Abfolgen der Nierentaler Schichten. Sie sind von grauer bis violetter oder roter Färbung. Die primär vorhandene Lamination kann durch Bioturbationserscheinungen zerstört werden. Vereinzelt finden sich Schalenbruchstücke von Inoceramen und Crinoidenstielglieder. Im Einteilungsschema von WILSON (1975) entsprechen die Mergel dem Standardmikrofaziestyp 3 – pelagische Mud- oder Wackestones mit planktonischen Foraminiferen.

In diesen Mergeln treten sowohl Einschaltungen von Breccienbänken als auch von turbiditischen Sandsteinen auf.

Die Sandsteinbänke sind bis zu 20 cm dick und entsprechen BOUMA-Abfolgen ohne deutlichen T<sub>a</sub>-Abschnitt. Derartige „distale“ Turbiditbänke mit mächtigeren Mergelzwischenlagen sind auf der Vordereben im liegenden Anteil der Nierentaler Schichten aufgeschlossen. Den Kornbestand dominieren karbonatische Gesteinsfragmente und lagenweise gehäufte Foraminiferenschalen. In den Schwermineralspektren (Tab. 1) fällt der hohe Chromspinellgehalt von 60 % auf.

Die Breccienbänke innerhalb der Nierentaler Schichten zeigen korngestützte Gefüge. Gradierungen oder Imbrikationen fehlen. Dolomitkomponenten überwiegen den Kornbestand. Zwischen den Klasten ist eine mikritische Mergelmatrix vorhanden, die teilweise zu neomorphen Sparit rekrystallisiert ist. Über jeder Breccienbank folgt eine geringmächtige Sandsteinlage mit unvollständiger BOUMA-Zyklus, deren Kornbestand und Schwermineralspektrum den beschriebenen „distalen“ Turbiditbänken gleicht.

## 5.3. Der Sedimentationsbereich der Nierentaler Schichten

Die pelitische Karbonatsedimentation mit planktonischen Foraminiferen und Coccolithen läßt auf einen niedrigerenergetischen, pelagischen Ablagerungsraum schließen. Der hohe Planktonanteil der Mikrofaunen (> 80 %) weist auf tieferes Wasser des oberen bis mittleren Bathyals nach BUTT (1981:57) hin.

Die Breccienbänke werden auf mass-flow-Phänomene in einem Hangbereich zurückgeführt. Die Sandsteinlagen im Hangenden der Breccienbänke sowie die „distalen“ Turbiditbänke lassen Sedimentation aus dem turbiditischen „Schwanz“ im Gefolge subaquatischer Schuttströme vermuten. Die Grobfazies ist als lokale Sedimentation von Schuttkörpern anzusehen, die ihre Entstehung möglicherweise Störungen im Hangbereich verdanken. Ein Indiz für ein nordgerichtetes Paläogefälle ist der Wechsel von über 1 m mächtigen Breccienbänken im Klosterebenbereich zu dünnen Breccienlagen und „distalen“ Sandsteinbänken nur 2 km weiter im N (Vordereben). Der Chromspinellreichtum der Schwermineralspektren weist auf das Problem eines kalkalpeninternen Liefergebietes ultrabasischen Materials im Süden hin (vgl. SAUER, 1980; FAUPL, 1983).

## 6. Karbonatbreccienserie

Über den Nierentaler Schichten sind auf der Vordereben (S' Leopoldsöder bis Großriegler) und im Gebiet der Klostereben (S' Grub) diskordant streichende, bis

zu 40 m mächtige Breccienkörper aufgeschlossen. Auch der Sandsteinkomplex der Hintereben wird diesem Breccienniveau zugeordnet.

NEUBAUER (1949) faßte die Breccien mit den überlagernden turbiditischen Höllgrabenschichten unter dem Begriff „Himmel Schichten“ zusammen.

Auf Grund der Position zwischen Nierentaler Schichten und Höllgrabenschichten kann für die Breccien eine stratigraphische Reichweite von höherem Obercampan bis unterem Maastricht angenommen werden. Vereinzelt Globotruncanenfundamente aus der Breccienmatrix widersprechen dieser Einstufung nicht.

### 6.1. Lithofazies der Karbonatbreccien

Die Breccien gleichen in ihrem Erscheinungsbild den Breccienbänken der Nierentaler Schichten. Allerdings fehlen Sandstein- oder Mergelzwischenlagen.

Die Breccien sind komponentgestützt. Bankungen im dm- bis m-Bereich sind typisch. Nur selten treten aufrechte oder inverse Gradierungen auf. Im Basisbereich sind größere, aufgearbeitete Klaster (> 30 cm) von Nierentaler Schichten häufig.

Die Matrix der Breccien ist mergelig, z. T. stark rekristallisiert. Den Komponentenbestand dominieren Dolomite (Hauptdolomit) und andere Gesteine des Untergrundes. Siliziklastisches Material tritt nur untergeordnet auf.

Nur in einem aufgelassenen Steinbruch E' Leopoldsöder (Punkt L5 bei ERKAN, 1973) konnten Quarzporphyrgerölle im basalen Abschnitt der Karbonatbreccienserie gefunden werden. Die Quarzporphyre zeigen Umlagerungserscheinungen (zerbrochene Gerölle). Auch ERKAN (1973: 91) leitet einen Teil dieser Prophyre aus den Basiskonglomeraten durch Wiederaufarbeitung ab. Somit ist diese Breccie nur schwer einem überregional ausgebildetem „Krampener Konglomerat“ der Gosauschichten zuzuordnen.

Eine Sonderstellung in bezug auf Fazies und Kornbestand nimmt der Sandsteinzug der Hintereben (E'Neuhoferkapelle) ein. Dabei handelt es sich um Kalkarenite mit Seichtwasser-Biogendetritus und Echinodermenschutt. Charakteristisch sind Mikritsäume um Komponenten. Möglicherweise ist dieser schlecht aufgeschlossene Sandsteinkomplex als eine eingegliederte Großscholle innerhalb der Breccienserie zu interpretieren. Vergleichbare Schollen von Seichtwasser-Kalkareniten der Tieferen Gosau wurden von FAUPL (1983) aus den breccienreichen Spitzenbachschichten der Gosau der Weyerer Bögen beschrieben.

### 6.2. Sedimentäres Environment der Karbonatbreccien

Aus der lokalen Verbreitung, den lateral wechselnden Mächtigkeiten und dem Überwiegen von karbonatischem Grobshutt mit schlechter Rundung kann auf begrenzte Sedimentationsbereiche submariner Schuttfächer geschlossen werden. Die Ausbildung der Breccien entspricht den in Kontinentalhangbereichen auftretenden "debris sheets" nach DAVIES (1977). Breccienbildungen in einem Hangbereich entstehen bevorzugt an Störungen oder Bruchtreppen insbesondere in Zeiträumen tektonischer Unruhe (vgl. z. B. FÜCHTBAUER & RICHTER, 1983). Dabei kommt es zur Ablagerung lokaler Schuttkörper mit geringen Transportweiten des groben Materials. Suspensionsströme, wie sie bei der Ablagerung von Grobklastika im Sedimentationsraum submariner Fächer auftreten, sind hier kaum am Transport betei-

ligt. Eine direkt vergleichbare Fazies stellen die Spitzenbachschichten der Gosau der Weyerer Bögen dar, die von FAUPL (1983) einer Sedimentationsphase der aktiven Beckenumgestaltung an einem durch Bruchtreppen gegliederten Hang zugeordnet werden. Inwiefern die einsedimentierten Kalkarenitschollen der Spitzenbachschichten ihre Entsprechung im Sandsteinkomplex der Hinterebenen haben, konnte auf Grund der mangelhaften Aufschlüsse nicht endgültig geklärt werden.

## 7. Höllgrabenschichten

Die Höllgrabenschichten bilden einen 150 m mächtigen Streifen am NE-Hang des Muckenkogels S' Lilienfelds. Aus dem Kartenbild (vgl. Beil.) ist eine diskordante Beziehung zu den unterlagernden Nierentaler Schichten und zur Karbonatbreccienserie ersichtlich. Auf Grund der stratigraphischen Position und der turbiditischen Fazies ist dieser Komplex mit den Gießhübler Schichten (SAUER, 1980) und den Brunnbachschichten der Weyerer Bögen (FAUPL, 1983) vergleichbar. Als namensgebende Lokalität bietet der Höllgraben in der Fortsetzung des Hölltales N' des Muckenkogelgipfels ein weitgehend vollständiges Profil von Kote 650 bis 800 (WAGREICH, 1983). Im Hangenden werden diese Schichten tektonisch von der Reisalpendecke bzw. der Hirschensteinschuppe als Teil der Sulzbachdecke (sensu TOLLMANN, 1967) begrenzt.

### 7.1. Zur stratigraphischen Stellung der Höllgrabenschichten

Schon die tiefste Probe im Höllgraben (680 m) enthielt eine Maastricht-Nannoflora mit *Arkhangelskiella cymbiformis* und *Quadrum trifidum* (det. H. STRADNER). In der Foraminiferenfauna belegen *Rosita contusa* (CUSHMAN), *Globotruncana stuarti* (de LAPPARENT) und *Pseudotextularia varians* RZEHAK Maastricht.

In etwa 720 m im Höllgraben sind erste Hinweise auf Obermaastricht in der Nannoflora mit *Lithraphidites quadratus* (det. H. STRADNER) enthalten. *Abathomphalus mayaroensis* (BOLLI) aus einer Probe in 780 m Höhe zeigt ebenfalls Obermaastricht an. Hinweise auf ein Hinaufreichen der Schichtfolge im Höllgraben bis ins Paläozän konnten weder in der Mikrofauna noch in den Nannofloren gefunden werden.

### 7.2. Die lithofazielle Ausbildung der Höllgrabenschichten

Die Höllgrabenschichten sind eine pelitreiche Turbiditfazies mit z. T. mächtigen Sandstein- und Konglomeratbänken. Der Quotient Psammit zu Pelit beträgt 0,7 bis 1. Im Liegenden überwiegen pelitische Anteile.

#### 7.2.1. Sandsteine und Konglomerate

Die turbiditischen Sandsteinbänke entsprechen nur zu einem geringen Teil der BOUMA-Abfolge. Es überwiegen bis 3 m dicke Bänke mit Lamination und flachen Strömungsrippelschichtungen in mehrfacher Wiederholung übereinander. Mehrere Gradierungszyklen innerhalb einer Bank belegen Amalgamationen. Laterale Ände-

rungen der Bankmächtigkeiten innerhalb weniger Meter sprechen gegen weit ausgehende, flächenhafte Turbiditsedimentation.

Sohlmarken an der Basis von Sandsteinbänken sind auf Grund der flachen Lagerung nur selten beobachtbar. Meist handelt es sich um Belastungsmarken an der Basis grobkörniger Bänke. Die spärlichen Paläoströmungsdaten (10 Messungen) zeigen überwiegend Transportrichtungen aus SSW bis SE.

Konglomerateinschaltungen treten ab etwa 30 m über der Basis der Höllgrabenschichten auf. Meist bilden die dichten, komponentgestützten Konglomerate den liegenden Teil von Sandsteinbänken. Durch Bankamalgamationen entstehen aber auch bis 7 m mächtige Konglomeratbänke. Eine 3 m mächtige Bank (Höllgraben, 770 m) mit großen, verdrückten Mergelklasten und groben Karbonatkomponenten in mergeliger Matrix wird als Olisthostrom-artige Bildung gedeutet.

### 7.2.2. Pelite

Die Pelitintervalle der Höllgrabenschichten entsprechen zum Großteil dem turbiditischen  $T_e$ -Abschnitt. Mächtigkeiten von mehreren Metern sind charakteristisch.

Die Pelite sind überwiegend von grauer Färbung. Selten treten Farbabfolgen von grau oder grau-grün zu rot auf. Der durchschnittliche Karbonatgehalt der turbiditischen Pelite liegt mit 35 % deutlich unter den Werten der Mergel der Nierentaler Schichten. Die stark schwankenden Gehalte von 63 bis 14 % (8 Proben) sind durch die Probennahme aus verschiedenen Abschnitten des pelitischen Turbiditintervalles erklärbar, der eine Gradierung in bezug auf das Karbonatmaterial aufweist (FAUPL & SAUER, 1978).

In einem Fall (Höllgraben, Kt. 680) konnte über dem karbonatischen roten Mergelintervall noch ein 5 bis 10 cm dünner, grauer Pelitabschnitt mit einem Karbonatgehalt unter 5 % gefunden werden. In Übereinstimmung mit Ergebnissen aus Turbiditabfolgen anderer Gosauvorkommen (siehe HESSE & BUTT, 1976, und FAUPL & SAUER, 1978) wird diese Tonsteinlage als hemipelagisches autochthones Intervall interpretiert. Daneben liegen Hinweise auf Ablagerung unter der lokalen Kalzit-Kompensationstiefe in Form von karbonatfreien Tonklasten (rip-up clasts) in groben Konglomeratlagen vor.

### 7.3. Zusammensetzung des terrigenen Materials

Makroskopisch sind die Sandsteine der Höllgrabenschichten durch ihren Glimmerreichtum gekennzeichnet. Der Kornbestand setzt sich aus einem Gemisch siliziklastischer (vorwiegend Quarzkörner) und karbonatlithischer Komponenten zusammen. Untergeordnet treten Fragmente von Rotalgen und Großforaminiferen (Orbitoiden) auf. In höheren Bankabschnitten (BOUMA- $T_c$ ,  $T_d$ ) sind Schalen planktonischer Foraminiferen in Lagen gehäuft. Gegen das Hangende der Höllgrabenschichten nehmen Feldspäte (überwiegend stark gefüllte Plagioklase mit wenigen Zwillingslamellen) steigende Anteile bis zu 20 % des Kornbestandes ein. Insgesamt sind die Sandsteine als lithische Arenite zu bezeichnen.

An kalkalpenfremdem Material konnten v. a. Gerölle von Quarziten, Phylliten, Glimmerschiefern, Granatglimmerschiefern, Chlorit-Biotit-Schiefern und Chlorit-

quarziten gefunden werden. Sie lassen auf Abtragung kristalliner Bereiche im Süden der Kalkalpen (Grauwackenzone und Zentralalpen) schließen.

Auf Grund der Schwermineralspektren (Tab. 1) läßt sich ein basaler, etwa 30 m mächtiger Abschnitt innerhalb der Höllgrabenschichten mit annähernd gleichen Gehalten an Granat und Chromspinell abtrennen. In der Folge nimmt der Granatanteil stark zu und erreicht Werte von über 80 %. Daneben belegen Chloritoid, Staurolith und Epidot den hohen Anteil metamorpher Materials an der Schüttung. Diese Spektren sind gut vergleichbar mit jenen aus den Unteren und Mittleren Gießhübler Schichten nach SAUER (1980) und den grobklastischen Brunnbachschichten der Weyerer Bögen (vgl. FAUPL & WAGREICH, 1983:154).

#### 7.4. Ablagerungsbedingungen und Sedimentationsmodell

Im folgenden wird versucht, die Turbiditfazies der Höllgrabenschichten im Sinne eines submarinen Fächermodells (z. B. WALKER, 1978) zu interpretieren, wobei v. a. auf das Profil des Höllgrabens Bezug genommen wird.

Von wesentlicher Bedeutung für die Faziesinterpretation sind Zyklen mit gegen das Hangende zu abnehmenden Bankmächtigkeiten und Korngrößen (z. B. im Höllgraben, 700 – 750 m, siehe Abb. 5). Sie lassen auf Verlagerung bzw. Auffüllung von Rinnen in einem submarinen Fächerbereich schließen (WALKER, 1978). Die Rinnenfüllungen beginnen mit groben Konglomeratbänken der Turbiditfazies A nach WALKER & MUTTI (1973). Diese groben Sedimente verlegen nach WALKER (1978) den Rinnenbereich, sodaß folgende Suspensionsströme zunehmend die Rinne verlassen und abnehmende Bankmächtigkeiten auftreten. Kennzeichnend für diese Sandsteinbänke ist das Fehlen der BOUMA-Zyklus, lateral wechselnde Mächtigkeiten, auskeilende Feinsandsteinlagen in grobsandigen Abfolgen sowie großformatige Schrägschichtungen mit Sets bis 50 cm und Bankamalgamationen (z. T. Turbiditfazies B2 nach WALKER & MUTTI, 1973).

Zwischen diesen Abfolgen treten einzelne dünne, „klassische“ Turbiditbänke mit BOUMA-Zyklus (Turbiditfazies C oder D) als Abschluß der Rinnenfüllungen auf. Sie sind mit turbiditischen Mergelintervallen von mehreren Metern verbunden. Auffallend sind die von der vorherrschenden Paläoströmungsrichtung aus dem S abweichenden Strömungskolke an der Basis einer dieser Turbiditbänke. Mit einem Transport aus ESE zeigen sie etwa normal auf die Hauptrichtung, charakteristisch für Rinnenrand- und Zwischenrinnenablagerungen („channel margin – interchannel facies“ nach MUTTI, 1977, und PICKERING, 1982).

Als Sedimentationsmodell für die Höllgrabenschichten ergibt sich ein Tiefseefächer mit Rinnen und untergeordneten Zwischenrinnengebieten. Dieser Faziesassoziation entspricht ein mittlerer Fächerbereich (mid-fan) nach den Modellen von WALKER & MUTTI (1973) und WALKER (1978). Dimension und Ausbildung der Rinnenfazies spricht für einen kleinräumigen Tiefseefächer mit verzweigenden Rinnen (PICKERING, 1982).

Auf Grund der Paläoströmungsdaten erscheint dieser Fächer als Teil eines nordgerichteten Paläogefälles bis unter die CCD im Maastricht. Vergleichbare Faziesausbildungen finden sich in vielen anderen Gosauvorkommen der Nördlichen Kalkalpen (vgl. HESSE & BUTT, 1976; FAUPL, 1978 und 1983; BUTT, 1981; SAUER, 1980; POBER, 1984). Aus dem südlichen Liefergebiet wurde neben dem metamorphen und

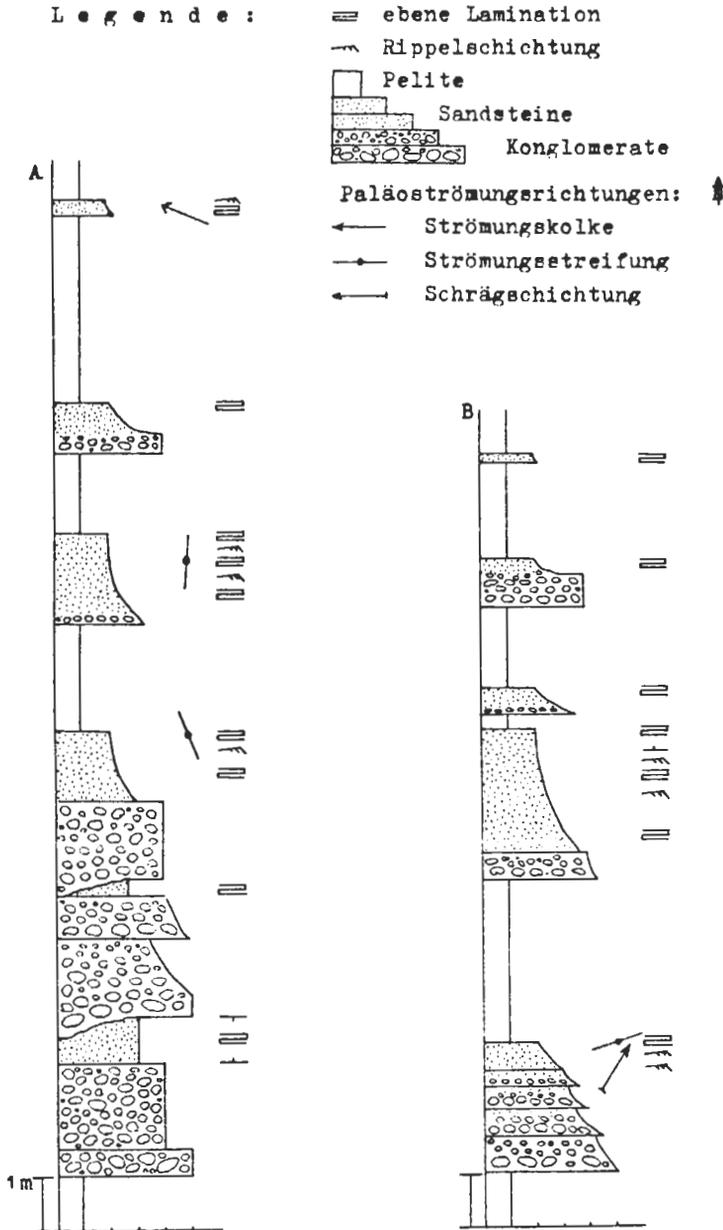


Abb. 5: Zwei Beispiele für "thinning and fining upward sequences" der Höllgrabenschichten. Diese Zyklen werden als Rinnenfüllungen eines Tiefseefächers interpretiert. A – Höllgraben 700–725 m, B – Höllgraben 735–750 m.

karbonatischen Detritus in den basalen Höllgrabenschichten (? Unteres Maastricht) auch weiterhin noch Chromspinell geschüttet.

## 8. Die Lilienfelder Gosau im Vergleich mit benachbarten Gosauvorkommen des Hochbajuvarikums

In ihrer tektonischen Position direkt vergleichbar mit dem Lilienfelder Bereich sind die Gosauvorkommen der Gießhübler Mulde im E und der Weyerer Bögen im W. Die südlich auf höheren Deckeneinheiten gelegenen Vorkommen der Neuen Welt und des Gebietes von Mariazell sind nur bedingt mit der Lilienfelder Abfolge korrelierbar.

Den drei hochbajuvarischen Vorkommen gemeinsam ist die Zweiteilung in einen tieferen fluviatilen bis flachmarinen Abschnitt des Coniac-Santons („Tiefere Gosau“) und einem hangenden Anteil von Sedimenten tieferen Wassers („Flyschgosau“). Kennzeichnend ist die ausgeprägte Diskordanz zwischen diesen beiden Komplexen in Lilienfeld und in den Weyerer Bögen (FAUPL, 1983).

### 8.1. Tiefere Gosau

Die Tiefere Gosau zeigt eine faziell unterschiedliche Ausbildung seichtmariner, randlich-mariner und fluviatil-alluvialer Ablagerungssysteme. In Lilienfeld dominieren Sedimente eines alluvialen Schwemmfächers mit Übergängen zu einem Fan-Delta-Environment. Feinklastische, vollmarine Sandsteine treten im hangenden Abschnitt der Tieferen Gosau auf. Sie entsprechen dem biogenführenden Arenitkomplex des Coniac-Santons der Gießhübler Gosau (WESSELY, 1974:271).

Die Gosau der Weyerer Bögen weist nur geringmächtige Konglomeratbildungen neben den dominierenden Schelfmergeln (RUTTNER & WOLETZ, 1956; FAUPL, 1983) auf. Möglicherweise ist diese in vielen anderen Gosauvorkommen auftretende Fazies der „Inoceramenmergel“ (vgl. FAUPL et al., in Vorb.) in Lilienfeld nach der Faltung der Tieferen Gosau erodiert worden.

Das siliziklastische Material der Tieferen Gosau stammt überwiegend aus dem Norden von einer heute verschwundenen Hochzone am N-Rand der Kalkalpen. Von dieser Zone wird exotisches Material nach S geschüttet. Neben Kristallindetritus sind Quarzporphyre und Chloritserpentinkomponenten auffällig (vgl. AMPFERER, 1919; DIETRICH & FRANZ, 1976). Diese Mischserie verschiedenster Gesteine kann als Produkt des plattentektonischen Geschehens im N der „ostalpinen Platte“ angesehen werden und wirkt bis in das Untercampan als Liefergebiet für die Sedimente der Tieferen Gosau (FAUPL, 1978; OBERHAUSER, 1980).

### 8.2. Flyschgosau

Über den nun gekippten oder gefalteten Schichten der Tieferen Gosau setzt im Campan die bathyale Hangfazies der Nierentaler Schichten ein. In den Weyerer Bögen ist dieser Abschnitt stark reduziert (FAUPL, 1983). Breccieneinschaltungen in den Nierentaler Schichten bzw. eine hangende Karbonatbreccienserie lokaler submariner Schuttfächer (Spitzenbachschichten der Weyerer Bögen, Breccienmassen von Li-

lienfeld und Gießhübl) sind allen drei betrachteten Vorkommen gemeinsam. In den Weyerer Bögen setzt diese Phase tektonischer Hangumgestaltung an der Wende Unter- zu Obercampan ein (FAUPL, 1983). In Lilienfeld (Oberes Obercampan bis Grenze Obercampan–Maastricht) und Gießhübl (größtenteils Maastricht nach WESSELY, 1974) zeigt sich ein deutlich späteres Einsetzen dieser Fazies. FAUPL & WAGREICH (1983) schließen daraus auf einen NE–SW-streichenden, nordfallenden Hang im Grenzbereich Campan–Maastricht, wobei das Gebiet der Weyerer Bögen schon die Ausbildung einer Tiefwasserfazies unter der Kalzit-Kompensationstiefe in diesem Zeitraum zeigt.

Im Laufe des Maastrichts werden auch Lilienfeld und der Gießhübler Bereich (Grenze Maastricht–Paleozän nach SAUER, 1980) von dieser Tiefwasserturbiditfazies erfaßt. Die gut vergleichbaren Schwermineralspektren aus Sedimenten dieses Abschnittes lassen ein Liefergebiet ähnlicher Zusammensetzung im S vermuten. Dabei ist das weitere Auftreten von Chromspinell ein charakteristisches Merkmal.

Die Ausbildung der Turbiditfazies wechselt mit der Position des Ablagerungsraumes auf den eher kleinräumigen Tiefseefächern. In den Brunnbachschichten konnten ein Mid-fan-Bereich mit flachen Rinnen und ein äußerer, pelitdominierter Abschnitt unterschieden werden (FAUPL, 1983). Die geringmächtige Turbiditfolge der Höllgrabenschichten von Lilienfeld ist den klastikreichen Mid-fan-Abschnitten der Brunnbachschichten vergleichbar. Die Gießhübler Schichten erschließen sowohl „proximale“ als auch „distale“ Sedimentationsbereiche eines Tiefseefächers nach SAUER (1980).

Im Überblick läßt sich eine weitgehende Übereinstimmung der lithofaziellen Abfolgen der Gosauvorkommen der Gießhübler Mulde, von Lilienfeld und der Weyerer Bögen erkennen. Zeitlich setzen die Umstellungsphasen im W früher ein als im E. Insgesamt kann somit auf eine vergleichbare Sedimentationsgeschichte und intragosauische Tektonik des östlichen Hochbajuvarikums in Oberkreide und Alttertiär geschlossen werden.

**Dank:** Diese Arbeit wurde aus Mitteln des Forschungsprojektes S-15/11 des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt. Univ. Prof. Dr. P. FAUPL danke ich für die eingehende Betreuung im Rahmen dieses Projektes. Meinen Kollegen am Institut für Geologie der Universität Wien, insbesondere Frau Dr. E. POBER, danke ich für viele Diskussionen und Ratschläge. Die Bestimmung der Nanofossilproben führte Dr. H. STRADNER (Geol. B.-A., Wien) in dankenswerter Weise durch.

## 9. Literatur

- AMPFERER, O.: Geologische Untersuchungen über die exotischen Gerölle und die Tektonik Niederösterreichischer Gosau-Ablagerungen. – Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., 96, 1–56, Wien 1919.
- BALLANCE, P. F.: Sheet-flow-dominated gravel fans of the non-marine Cenozoic Simmler Formation, Central California. – *Sediment. Geol.*, 38, 337–359, Amsterdam, 1984.
- BITTNER, A.: Aus den Kalkvoralpen des Traisenthal, den Umgebungen von Lilien-

- feld und St. Veit an der Gölzen. — Verh. geol. B.-A., 1901, 153–168, Wien 1901.
- BUTT, A.: Depositional environments of the Upper Cretaceous rocks in the northern part of the Eastern Alps. — Cushman Found. Foram. Res., Spec. Publ., 20, 1–119, Washington 1981.
- DAVIES, G. R.: Turbidites, debris sheets, and truncation structures in upper Paleozoic deep-water carbonates of the Sverdrup basin, arctic Archipelago. — In: COOK, H. E. & ENOS, P. (Eds.): Deep-water carbonate environments, Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Publ., 25, 221–247, Tulsa 1977.
- DIETRICH, V. J. & FRANZ, U.: Ophiolith-Detritus in den santonen Gosau-Schichten (Nördliche Kalkalpen). — Geotekt. Forsch., 50, 85–109, Stuttgart 1976.
- ERKAN, E.: Die exotischen Gerölle in der Gosaukreide der nordöstlichen Kalkalpen. — Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 154 S., Wien 1970.
- Die exotischen Gerölle in der Gosaukreide der nordöstlichen Kalkalpen. — Mitt. geol. Ges. Wien, 65 (1972), 33–108, Wien 1973.
- FAUPL, P.: Zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung von Breccien- und Turbiditserien in den Ostalpen. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 25, 81–110, Wien 1978.
- Die Flyschfazies in der Gosau der Weyerer Bögen (Oberkreide, Nördliche Kalkalpen, Österreich). — Jb. geol. B.-A., 126, 219–244, Wien 1983.
- , POBER, E. & WAGREICH, M.: Facies development of the Gosau Group of the eastern parts of the Northern Calcareous Alps during Cretaceous and Paleogene. — Wien (in Vorbereitung).
- & SAUER, R.: Zur Genese roter Pelite in Turbiditen der Flyschgosau in den Ostalpen (Oberkreide–Alttertiär). — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1978, 65–86, Stuttgart, 1978.
- & WAGREICH, M.: Bericht über Studien in der Gosau bei Lilienfeld/Niederösterreich (Östliche Kalkalpen). — Jber. Hochschulschwerpkt. S-15, 1982, 145–159, Graz 1983.
- FÜCHTBAUER, H. & RICHTER, D. K.: Relations between submarine fissures, internal breccias and mass flows during Triassic and earlier rifting periods. — Geol. Rundsch., 72, 53–66, Stuttgart 1983.
- HERRMANN, P. & WASCHER, W.: Basiskonglomerate der Krappfeldgosau bei Rotenstein/Kärnten. — Verh. geol. B.-A., 1972, 299–308, Wien 1972.
- HESSE, R. & BUTT, A.: Paleobathymetry of Cretaceous turbidite basins of the East Alps relative to the calcite compensation level. — Jour. Geol., 84, 505–533, Chicago 1976.
- MIALL, A. D.: A review of the braided-river depositional environment. — Earth-Sci. Rev., 13, 1–62, Amsterdam 1977.
- MUTTI, E.: Distinctive thin-bedded turbidite facies and related depositional environments in the Eocene Hecho Group (South-central Pyrenees, Spain). — Sedimentology, 24, 107–131, Oxford 1977.
- NEUBAUER, W.: Geologie der nordöstlichen Kalkvorpalpen um Lilienfeld. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 1(1), 1–44, Wien 1949.
- OBERHAUSER, R.: Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. — Jb. geol. B.-A., 106, 1–88, Wien 1963.
- Das Altaipidikum. — In: OBERHAUSER, R. (ed.): Der geologische Aufbau Österreichs, 35–48, Wien (Springer-Verlag), 1980.
- PICKERING, K. T.: Middle-fan deposits from the Late Precambrian Kongsfjord For-

- mation submarine fan, northeast Finnmark, northern Norway. — *Sediment. Geol.*, 33, 79–110, Amsterdam 1982.
- PLÖCHINGER, B.: Erläuterungen zu Blatt 95 St. Wolfgang im Salzkammergut. — 74 S., Wien (Geol. B.-A.), 1982.
- POBER, E.: Fazielle Aspekte der Schichtfolge der Wörschacher Gosau. — *Jber. Hochschulschwerpkt. S-15*, 1982, 129–134, Graz 1983.
- Stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in der Gosau von Wörschach (Steiermark). — Unveröff. Diss. Formal-Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 149 S., Wien 1984.
- ROBASZYNSKI, F., CARON, M., GONZALES DONOSO, J. M. & WONDERS, A. A. H. (Eds.): Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids. — *Rev. Micropaleont.*, 26 (3–4), 145–305, Paris 1984.
- RUST, B. R.: Coarse alluvial deposits. — In: WALKER, R. G. (Ed.): *Facies Models*, Geoscience Canada, Reprint Series 1, Ontario 1979.
- RUTTNER, A. & WOLETZ, G.: Die Gosau von Weißwasser bei Unterlaussa. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 48, 221–256, Wien 1956.
- SAUER, R.: Zur Stratigraphie und Sedimentologie der Gießhübler Schichten im Bereich der Gießhübler Gosaumulde (Nördliche Kalkalpen). — Unveröff. Diss. Formal-Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 181 S., Wien 1980.
- SPENGLER, E.: Der geologische Bau der Kalkalpen des Traisenthales und des oberen Pielachgebietes. — *Jb. geol. B.-A.*, 78, 53–144, Wien 1928.
- TOLLMANN, A.: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen. 1. Teil: Der Ostabschnitt. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 59, 231–253, Taf. 1–2, Wien 1967.
- Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen. — Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Bd. 2, 580 S., Wien (Deuticke) 1976.
- WAGREICH, M.: Lithofazielle und stratigraphische Gliederung der Gosauschichten von Lilienfeld. — Unveröff. Vorarb. Inst. Geol. Univ. Wien, 84 S., Wien 1983.
- (im Druck): Zur Lithofazies der Gosauschichten im Gebiet von Gosau und Rußbach (Oberösterreich und Salzburg). — *Anz. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, 121, 11–15, Wien.
- WALKER, R. G.: Deep-water sandstone facies and Ancient submarine fans: Models for the exploration for stratigraphic traps. — *Americ. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 62, 932–966, Tulsa 1978.
- & MUTTI, E.: Turbidite facies and facies associations. — *Soc. Econ. Paleont. Miner. Pacific Sect., Short Course*, 119–157, Anaheim 1973.
- WESCOTT, W. A. & ETHRIDGE, F. G.: Fan-delta sedimentology and tectonic setting — Yallahs fan delta, southeast Jamaica. — *Americ. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 64, 374–399, Tulsa 1980.
- WESSELY, G.: Rand und Untergrund des Wiener Beckens — Verbindung und Vergleiche. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 66/67, 265–287, Wien 1974.
- WILSON, J. L.: Carbonate Facies in Geologic History. — 471 S., Berlin, Heidelberg, New York (Springer-Verlag) 1975.

Manuskript eingelangt am 26. 04. 1985

Manuskript angenommen am 24. 05. 1985.

# GEOLOGISCHE KARTE DER LILIENFELDER GOSAU

M. WAGREICH (1982-83)

## Legende:

-  Hüttgrabenschichten
-  Nierentaler Schichten
-  Karbonatbreccienserie
-  Sandstein Hintereben

## Tiefere Gosau:

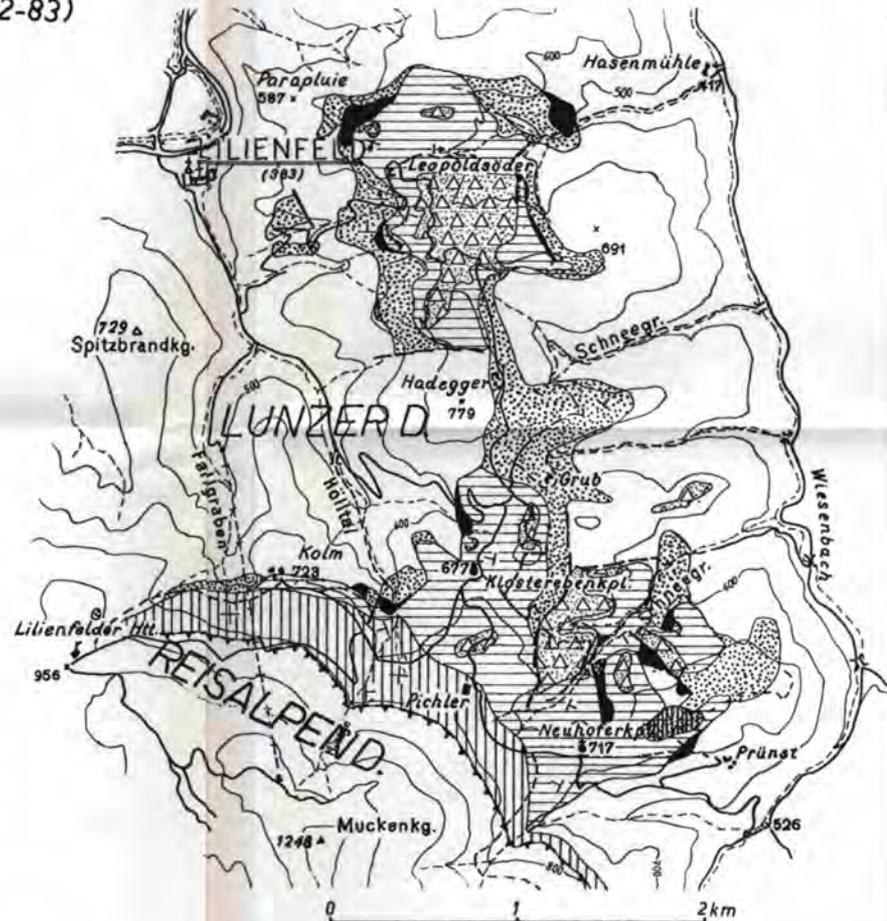
-  Marine Serie
-  Basiskonglomerate

--- Störung

▲ Deckengrenze

## Faltzeichen:

- + 0-5°
- ⊥ -30°
- ⊥ -60°
- ⊥ -85°
- ⊥ -90°



MASSSTAB 1:25000

Petrographie, Gefügemerkmale und geochronologische Daten  
von Kristallingeröllen aus dem Oberkarbon der Gurktaler Decke  
im Vergleich zum benachbarten Altkristallin

von

Hartwig FRIMMEL

mit 8 Abb. und 2 Tab.

Anschrift des Verfassers  
Institut für Geologie  
der Universität Wien  
Universitätsstraße 7/III  
A-1010 Wien

Mitt. Ges. Geol.- Bergbaustud. Österr.	32	S. 39-65	Wien, 1986
--	----	----------	------------

## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung, Summary	40, 41
2. Einleitung	41
3. Vorkommen von Gneisgeröllen	43
4. Gneisgeröll-führende Konglomerate	44
5. Petrographie der Kristallingerölle	44
5.1. Orthogneisgerölle	44
5.2. Paragneisgerölle	46
5.3. Quarzitgerölle	46
6. Gefügemerkmale der Kristallingerölle	46
7. Vergleich mit dem benachbarten Altkristallin	47
8. Geochronologische Ergebnisse	55
9. Interpretation und Schlußfolgerungen	59
10. Literaturverzeichnis	64

## 1. Zusammenfassung

Kristallingerölle, überwiegend Orthogneis-, untergeordnet auch Paragneis- und Quarzitgerölle können in den heute liegenden Konglomeraten des Königstuhl-, Turra-cher und Stangalm-Karbons (NW' Gurktaler Decke) als häufiges Charakteristikum gefunden werden. Der petrographische, strukturelle und geochronologische Vergleich der Gerölle mit dem benachbarten Altkristallin zeigt, daß die Kristallingerölle von letzterem hergeleitet werden können. Vor allem zwischen den Orthogneisgeröllen und den Bundschuh-Orthogneisen können signifikante Ähnlichkeiten festgestellt werden.

Bestehende Unterschiede zwischen Geröllen und Altkristallin in Mineralbestand und Gefüge lassen sich durch eine zusätzliche Überprägung des Altkristallins während der alpidischen Metamorphose erklären, vor der die Gerölle weitgehend verschont blieben.

Mit der Rb/Sr-Methode ermittelte Gesamtgesteins-Isochronen von den Bundschuh-Orthogneisen und Orthogneisgeröllen ergeben sehr hohe initiale  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse (0,7144 bis 0,7405 bzw. 0,7512) und ähnliche Alterswerte von 363, 373 und 392 Ma für die Bundschuh-Orthogneise beziehungsweise 403 Ma für die Gerölle. Diese Daten werden als kaledonisch (?) – variszische Mischalter interpretiert.

Sowohl in den Bundschuh-Orthogneisen als auch in den Orthogneisgeröllen konnten frühvariszische Hellglimmeralter bestimmt werden (350–354 Ma bzw. 364–370 Ma). Variszische Tektonik hinterließ eine in den Geröllen noch erhaltene schwache Kleinkreis- bis Kreuzgürtelregelung mit  $\pm$  rhombischer Symmetrie im Quarzgefüge.

Die Bundschuh-Orthogneise hingegen unterlagen während der alpidischen Metamorphose noch einer, besonders im Randbereich zu den umhüllenden Paragesteinen intensiven Plättung, die in den Quarzgefügen eine ausgeprägte Kreuzgürtelregelung bewirkte. Schräggürtel weisen in einzelnen Horizonten auf E-vergente Scherbewegungen hin.

Mit zunehmender Intensität, an alpidischer Verformung geht auch eine zunehmende deformationsinduzierte Verjüngung der Hellglimmer in den Bundschuh-Orthogneisen einher. Das jüngste Alter liegt bei 91 Ma. Demnach dürfte der Temperaturhöhe-

punkt der kretazischen Metamorphose mindestens bis zu diesem Zeitpunkt ange-dauert haben.

Vor allem die spezifischen isotopengeologischen Ergebnisse geben ein starkes Argument dafür, daß das Karbon der Gurktaler Decke und das Bundschuh-Kristallin ursprünglich benachbarte Positionen einnahmen.

### Summary

Orthogneiss pebbles and in minor quantities paragneiss and quartzite pebbles are characteristic components of the basal Upper Carboniferous conglomerates in the NW' part of the Gurktal nappe (Carboniferous of the Königstuhl, Turrach and the Brunnachhöhe). They have been compared with the metamorphic rocks of the Altkristallin adjoining the Carboniferous sediments, in particular the Bundschuh orthogneiss. On the basis of petrographic and structural observations as well as geochronological investigations a derivation of the pebbles from a source area similar to the Altkristallin seems probable.

Differences between the pebbles and the Altkristallin with regard to petrography and structure are thought to be a result of alpine metamorphism which reached a considerable higher grade in the Altkristallin in comparison with the Carboniferous sediments.

Rb/Sr-whole rock isochrons of the Bundschuh orthogneiss and orthogneiss pebbles are characterized by high initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios (0.7144–0.7405 resp. 0.7513) and similar ages of 363, 373 and 392 my for the Bundschuh orthogneiss respectively 403 my for the pebbles. These figures are interpreted as Caledonian (?) – Variscan mixed ages, partly influenced by the Hercynian event.

In the Bundschuh orthogneiss as well as in the orthogneiss pebbles early Variscan muscovite ages could be detected (350–354 my resp. 364–370 my). Small girdle and cross girdle orientations in the quartz fabrics of the pebbles are due to Variscan tectonics.

The today's Bundschuh orthogneiss suffered an alpine deformation of the type of plane strain and during a later stage an E-vergent simple shear deformation. Especially the contact zone to the neighbouring paragneiss has been affected by this deformation which produced well developed cross girdles with monoclinic symmetry in the quartz fabrics.

In these zones of high alpine deformation muscovite ages become more and more rejuvenated with increasing strain reaching ages up to 91 my. Accordingly, the thermal peak of the Cretaceous metamorphism continued at least up to this time.

Especially the geochronological results are a good argument for a primary adjoining position of the Bundschuh crystalline relative to the Upper Carboniferous sediments of the "Upper Austroalpine" Gurktal nappe.

## 2. Einleitung

Aus dem nordwestlichen Teil des Gurktaler Deckensystems sind seit langem mehrere Vorkommen grobklastischer terrigener Sedimente bekannt, die als postvariszische Transgressionsserie in das Oberkarbon gestellt werden: Karbon der Brunnachhöhe

(Stangalm-Karbon), Königstuhl-Karbon, Turracher Karbon, Paaler Karbon. Es handelt sich dabei vorwiegend um monomikte Quarzkonglomerate, polymikte Konglomerate sowie Sand- bis Siltsteine beziehungsweise Grauwacken. Diesen können einzelne Silt- bis Tonschieferlagen zwischengeschaltet sein, aus denen im Karbon der Brunnachhöhe und dem Königstuhl-Karbon Pflanzenfossilien bekannt wurden, die eine zeitliche Einstufung in das Westphal D (JONGMANS, 1938) beziehungsweise Westphal C bis Unterstefan (FRITZ & BOERSMA, 1983) erlauben. Aus den übrigen Oberkarbon-Vorkommen fehlen bestimmbare Pflanzenreste, ihre altersmäßige Gleichstellung beruht auf lithologischen Vergleichen.

Abgesehen von einer Ausnahme im Oberhof-Fenster, wo nach v. GOSEN et al. (1985) oberkarbone Sedimente direkt auf dem Altkristallin lagern sollen, bilden stets Gesteine der Gurktaler Decke den Untergrund für diese klastischen Sedimente. Einen Transgressionsverband zwischen beiden in inverser Lagerung beschreibt LIEGLER (1973) aus dem Bereich der Brunnachhöhe. Somit können diese Oberkarbon-Vorkommen als Teile des oberostalpinen Deckensystems aufgefaßt werden.

Schon mehrfach fanden Kristallingerölle aus oberkarbonen Konglomeraten Erwähnung, jedoch mit sehr unterschiedlichen Interpretationen hinsichtlich ihrer Herkunft. HOLDHAUS (1921, 1932) schrieb von Quarzit-, Glimmerschiefer- und grobkörnigen Granitgneisgeröllen und leitete diese von einem „fremden Gebiet“ her. SCHWINNER (1932) hingegen fand verschiedene Gneistypen, die er aus dem Altkristallin der Niederen Tauern beziehungsweise des Lungaus herleitete. Exakte Fundortbeschreibungen finden sich erstmals bei STOWASSER (1956), der in Gneisgeröllen vom Steinbachsattel (Königstuhl-Karbon) und von der Platzalm (Turracher Karbon) „mehrere Typen des Bundschuh-Orthogneises“ wiederzuerkennen glaubt. Ferner nennt er Pfannockgneisgerölle an der Grenze Pfannockgneis/Karbon der Brunnachhöhe (siehe auch LIEGLER, 1973, PISTOTNIK, 1977).

EXNER (1967) stellt als erster die Kristallingerölle hinsichtlich ihres Mineralbestandes konkret dem Altkristallin gegenüber. Er beschreibt aus dem Saueregg-Graben (ESE' Innerkrems, Königstuhl-Karbon) überwiegend Gerölle aus Orthogneis (Gr-führender Bi-Mu-Or-Plag-Q-Gneis), in untergeordneter Menge Paragneis (Gr-führender Bi-Mu-Plag-Q-Gneis mit teilweiser Chloritisierung des Biotits), Quarzit, Lydit, Glimmerschiefer und Phyllit.

Anbetracht der noch herrschenden Unsicherheit beziehungsweise der sehr gegensätzlichen Auffassungen über die paläogeographische Anordnung der einzelnen Einheiten und deren großtektonische Geschichte kommt den Kristallingeröllen in den Oberkarbon-Konglomeraten besondere Bedeutung zu. Lydit- und Phyllitgerölle, zum Teil auch Quarzitgerölle können problemlos vom heutigen Untergrund der Karbonmassen, dem grünschieferfaziell metamorph überprägten Altpaläozoikum der Gurktaler Einheit hergeleitet werden. Welches war aber das Liefergebiet für die höhergradig metamorphen Kristallingerölle?

Den Vorstellungen TOLLMANN's (1959, 1963, 1977) zufolge, nach denen die oberostalpine Gurktaler Decke als Ferndecke dem mittelostalpinen Altkristallin samt seiner permomesozoischen Sedimentauflage (Stangalm-Mesozoikum s.str., Flattnitzer Mesozoikum) aufgeschoben wurde, und somit die gesamten Nördlichen Kalkalpen zwischen diesen mittelostalpinen Mesozoika-Vorkommen und den oberostalpinen Mesozoika der Gurktaler Decke (Pfannock-Einheit) eingewurzelt werden müßten, käme ein mittelostalpinen Altkristallin östlich der Hohen Tauern nicht als Liefergebiet für die Kristallingerölle in Frage. Denn aus sedimentologischen Gründen können den

Gneisgeröllen beziehungsweise -blöcken keine großen Transportweiten zugestanden werden.

Betrachtet man aber die tektonischen Verhältnisse am NW-Rand der Gurktaler Decke so wie CLAR (1965) und jüngst FRANK (1983) als Verschuppung ehemals nebeneinander liegender Einheiten – das Altkristallin wäre also primäre Unterlage der oberostalpinen Gurktaler Decke und folglich ebenfalls oberostalpin – dann wäre das heute in direkter Nachbarschaft zur Gurktaler Decke befindliche Altkristallin sehr wohl ein mögliches Liefergebiet.

Ausgehend von einer Neukartierung des Grenzgebietes Gurktaler Decke – Permo-mesozoikum – Altkristallin im Gebiet westlich von Turrach (Steiermark/Salzburg) im Rahmen einer Geologischen Vorarbeit am Institut für Geologie der Universität Wien (FRIMMEL, 1984) wurden Kristallingeröle von verschiedenen Lokalitäten am N-Rand des Königstuhl- und des Turracher Karbons einer petrographischen und gefügekundlichen Untersuchung unterzogen und dem benachbarten Altkristallin gegenübergestellt.

Die geochronologischen Ergebnisse sind Teil einer am selben Institut noch in Arbeit befindlichen Dissertation (FRIMMEL, in Vorb.) und daher als Vorbericht aufzufassen.

### 3. Vorkommen von Gneisgeröllen

Aus der bisherigen Literatur könnte der Eindruck gewonnen werden, Gneisgeröle in den erwähnten Oberkarbon-Vorkommen wären lokale Besonderheiten. Es zeigte sich jedoch, daß Gneisgeröle in den oberkarbonen Sedimentabfolgen geradezu typisch sind und im allgemeinen in den heute liegenden Konglomerat-Horizonten zu finden sind. Lokalitäten, an denen solche Gneis-Geröle aufgesammelt werden können, seien im folgenden, von SW nach NE, kurz aufgezählt: m<sup>3</sup>-große Blöcke im Grenzgebiet zum Pfannockgneis am Oswalder Bock, S' Pfannock; im Königstuhl-Karbon im Bereich der Saueregg-Alm, S' vom Knappenriegel, in einem Graben 900 m WSW' der Premhütte auf 1980 m SH, am Steinbachsattel; im Turracher Karbon in Forststraßen-Aufschlüssen E' der Hochalm zwischen 1500 und 1600 m SH, in einem kleinen Weg-aufschluß 350 m E' des Gehöftes Saringer und auf der Platzlalm, SSW' vom Ort Turrach, weiters entlang Forststraßen 600 m S' von Turrach am Fuße des Eisenhut-W-Abhanges (50 cm lange Blöcke) und am E-Ende des Turracher Karbons im Bereich W' der Steringer Hütte (400 m E' des Winterthaler Nocks). In all diesen Vorkommen überwiegen bei weitem Orthogneisgeröle. Nur selten, und dann nur in viel kleineren Korngrößen, können Glimmerschiefer-, Paragneis- und Quarzitgeröle beobachtet werden.

Das Paaler Karbon im Bereich des Paalgrabens und des Kreischberges besteht hingegen zum größten Teil aus polymikten, zum Teil heftig deformierten Konglomeraten, in denen die verschiedensten Glimmerschiefer-, Paragneis-, Quarzit- und Orthogneisgeröle zu finden sind.

In dieser Arbeit werden vorerst einmal die Gneisgeröle aus den basalen Teilen des Königstuhl- und des Turracher Karbons genauer beschrieben. Die doch etwas andersartige Geröllvergesellschaftung des Paaler Konglomerates bleibt einer späteren Arbeit vorbehalten.

#### 4. Gneisgeröll-führende Konglomerate

Lateral verzahnen sich die polymikten Konglomerate mit Grauwacken bis Arkosen, die so wie die Matrix zwischen den Kristallingeröllen aus einem, von den gleichen Gesteinen wie die Gerölle selbst abstammendem Schutt bestehen. Die einzelnen Komponenten sind nur schlecht gerundet bis völlig ungerundet (Rundungsgrad 0,15). Auch die Sortierung ist auf schlecht bis sehr schlecht zu schätzen (Phi Standardabweichung  $\cong 2,00$  – „submature“; nach FOLK, 1974). Der Matrixgehalt (hpts. Pseudomatrix) übersteigt kaum 20 %. Bindemittel ist in erster Linie feinst rekristallisierter Hellglimmer (Serizit) und Quarz (Epimatrix), nur im direkten Kontaktbereich zu den überschobenen Sedimenten des Stangalm-Mesozoikums ist eine leichte Durchtränkung mit Karbonaten feststellbar.

Monokristalliner, undulöser Quarz und polykristalline Quarze (hpts. gut rekristallisierte mit eckig bis seicht buchtig verzahnten Korngrenzen, untergeordnet aber auch extrem verzahnte, „kühl“ deformierte Typen) überwiegen als Komponenten. Bei den in sehr wechselnden Mengen auftretenden,  $\pm$  stark zu Pseudomatrix zersetzten Feldspäten halten sich Plagioklas (Typ I, II und III, nach EXNER) und Alkalifeldspat (Fleckenperthit) etwa die Waage. Sicher detritärer Herkunft sind bis über 1 mm große, durch Kompaktion stark deformierte Glimmerscheiter, Muskowit und in wechselnden Mengen  $\pm$  entmischter, chloritisierter Biotit. Akzessorisch finden sich im Dünnschliff noch reichlich opake Phasen, Pyrit, grüne Turmaline mit deutlichem Zonarbau, Apatit und Spuren von Zirkon (Monazit?).

Die Gneisgerölle selbst sind gut gerundet und haben, je nach Interngefüge, stengelige, Ei- oder Brotlaibform. Im Karbon der Brunnachhöhe erreichen sie  $m^3$ -Größe, im Königstuhl- und Turracher Karbon bis zu 50 cm Durchmesser. Sie zeigen, abgesehen von wenigen eng begrenzten Zonen intensiver Durchbewegung keine wesentlichen postsedimentären Deformationserscheinungen. Alpidische Deformationen scheinen in den meisten Fällen weitgehend von der Matrix „verschluckt“ worden zu sein. Dies und die nur schwache thermische Überprägung in alpiner Zeit läßt diese Gerölle so gut als Rekonstruktionshilfe für das voralpidische Grundgebirge erscheinen.

#### 5. Petrographie der Kristallingerölle

##### 5.1. Orthogneisgerölle

Orthogneisgerölle machen bei weitem die Hauptmasse unter den Kristallingeröllen aus. Makroskopisch sind es helle Gesteine mit einer, durch einen Quarz-Feldspat-Zeilenbau hervorgerufenen,  $\pm$  ausgeprägten Stengelung (L), die  $\pm$  parallel zur Längsachse der Gerölle verläuft. Eben dieser Zeilenbau ist in Schnitten parallel zu L für eine Parallelstruktur verantwortlich, während sich normal zu L stets ein richtungsloses Gefüge bietet. Makroskopisch ist neben Quarz und Feldspat nur noch wenig Hellglimmer zu erkennen. Hinsichtlich ihres Gefüges können Gerölle mit gleichkörniger, granoblastischer Textur von solchen mit porphyrtartiger Textur unterschieden werden – also Granitgneise und Flaser- bis Stengelgneise. Der Mineralbestand ist, auch unter dem Mikroskop, in beiden Typen gleichartig.

Q u a r z (im Durchschnitt 46 % modal) ist in zweierlei Ausbildungen vorhanden: einerseits in bis zu 3 mm großen Grobkörnern (primärer, magmatischer Quarz?), die

aneinander gereiht mittelkörnige Zeilen ergeben können, andererseits in kleinen feinkörnigen, isometrischen, z. T. polygonalen Rekrystallisaten.

**A l k a l i f e l d s p a t** (ca. 26 %) ist in den porphyrtartigen Typen für die bis zu 6 mm großen Einsprenglinge verantwortlich. Neben primärem Faser- und Aderperthit kommen auch Sekundärperthite (Fleckenperthite) und Schachbrett-Albit vor. Bereiche, in denen der Alkalifeldspat völlig umgewandelt wurde, weisen eine feine Zwillingslamellierung auf, außerdem sind sie optisch negativ, was auf Oligoklas schließen läßt. An vielen Porphyroklasten ist noch die einspringende Zwillingsnaht eines Karlsbader Zwillings zu erkennen. Die Achsenwinkel  $2 V_x$  schwanken um  $70^\circ$ . Feine Mikroklingitterung ist nur selten an Kornrändern und in stark deformierten Körnern zu beobachten. Mitunter beinhalten die Perthite einen „gefüllten“, polysynthetisch verzwilligten Oligoklaskern. In den gleichkörnigen Geröllen fehlen die Schachbrett-Albite bzw. -Oligoklase. Alkalifeldspat findet sich in ihnen nur in unscheinbaren, parallel L gelängten, maximal 1 mm großen, einschlußfreien Körnern ohne oder mit nur wenig Entmischungstexturen. Auch in ihnen ist eine postkristalline Deformation durch leicht undulöse Auslöschung und stellenweise feine Mikroklingitterung dokumentiert.

Die **P l a g i o k l a s**-Einsprenglinge (ca. 18 %) erreichen im allgemeinen nicht die Größe der Alkalifeldspäte und sind im feinkörnigen Grundgewebe bzw. in den gleichkörnig texturierten Typen wesentlich häufiger als Alkalifeldspat. Es handelt sich dabei um  $\pm$  stark polysynthetisch nach dem Albit- und dem Periklin-Gesetz verzwilligte sowie unverzwilligte Plagioklase, die alle stark mit Hellglimmer- und nur spärlich Klinozoisit-Mikrolithen gefüllt sind. Häufig fällt ein füllungsfreier Randsaum auf. An den verzwilligten Plagioklasen lichtmikroskopisch bestimmte An-Gehalte erreichen ein deutliches Maximum zwischen 26 und 30 % (Oligoklas). Postkristalline Deformation verursachte Spaltrisse und intensive Verbiegung der Zwillingslamellen. Neben diesen Oligoklasen kann, bevorzugt in Alkalifeldspat-reichen Proben noch ein einfach bis gar nicht verzwilligter, einschlußfreier Albit vorkommen.

Die Feldspäte weisen teilweise eine von den Spaltrissen ausgehende Trübung auf, die vielleicht bereits auf klimatisch bedingte Verwitterungsprozesse während des Jungpaläozoikums zurückzuführen ist (EXNER, 1983) und/oder auf eine Serizitisierung im Zuge der alpidischen Metamorphose.

**H e l l g l i m m e r** (durchschnittlich ca. 8 %) kommt in unterschiedlichen Mengen in Form im Schnitt 0,7 mm langer, heftig deformierter Scheiter vor, oder als kleine Einschlüsse in den Feldspäten. Häufig ist er reich an den (001)-Flächen folgenden Erzeinschlüssen. Ersten Untersuchungen mit der Mikrosonde nach zeigen die großen Hellglimmer sehr variable Phengitgehalte, die auch in den einzelnen Individuen stark schwanken und dabei eine fleckige bis streifige Verteilung aufweisen (vgl. Abb. 3).

Sporadisch auftretender **B i o t i t** (ca. 2 %) mit einem Pleochroismus von grün zu grünbraun ist meist schon stark entmischt. Zirkon-(Monazit-?)Einschlüsse mit radiogenen Höfen sind nicht ungewöhnlich. Der Zerfall der Biotite bewirkte randliche und den Spaltrissen folgende Erzausscheidungen (Ilmenit?) sowie die Bildung eines feinen Titanit-Granulates.

Häufiger **a k z e s s o r i s c h e r** Gemengteil ist Apatit, der 3 mm Länge erreichen kann. Selten sind Rutil, kataklastisch zerbrochener Turmalin (Pleochroismus von farblos nach hellbläulich grün) und Zirkon oder Monazit.

Frischer Granat konnte in keinem der untersuchten Gerölle gefunden werden (schon aber ein chloritisierter Atollgranat), doch sei an die bei EXNER (1967) aus dem Saueregg-Graben (SE' Innerkrems) beschriebenen Granat-führenden Orthogneisgerölle erinnert.

Grundsätzlich den gleichen Mineralbestand und gleiche -ausbildung wie die hier beschriebenen Gerölle besitzen die  $m^3$ -großen Orthogneisblöcke aus dem Karbon der Brunnachhöhe (Stangalm-Karbon) am Oswalder Bock. Sie zeigen jedoch eine deutlichere Stengung der Gesteine des ehemaligen Liefergebietes, die sich im Dünnschliff in Quarzreihen mit 2- bis 3-fach gelängten, leicht buchtig verzahnten Körnern äußert. Unter den Biotiten, die meist schon zu Chlorit umgewandelt worden sind, finden sich hier selten auch noch rotbraune Individuen. Ansonsten ist die Ausbildung der Mineralphasen gleich wie oben.

## 5.2. Paragneisgerölle

EXNER (1967) beschreibt aus Konglomeraten aus dem Saueregg-Graben (ESE' Innerkrems, Königstuhl-Karbon) Paragneisgerölle als Gr-führende Bi-Mu-Plag-Q-Gneise mit teilweiser Chloritisierung des Biotits, aber auch intensiv rotbraun gefärbten Biotiten (Pleochroismus von hellgelb nach rotbraun). Weiter östlich finden sich Paragneisgerölle nur mehr sehr spärlich und stellen sich dann als einfache paralleltexturierte Mu-Bi-Plag-Q-Gneise dar.

Die undulös auslöschenden Quarzkörner sind gut rekristallisiert und somit überhaupt nicht miteinander verzahnt. Alkalifeldspat konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Plagioklas hingegen verrät sich durch Zwillingslamellen (Plag II und III), daneben findet sich aber auch noch unverzwillingter Plag I. Unter den Glimmern überwiegt Biotit bei weitem (Pleochroismus von hellgelb zu dunkelbraun). Vielfach ist er zu Chlorit umgewandelt (lavendelblaue Interferenzfarben) bei gleichzeitiger Erz-(Ilmenit-?)Ausscheidung entlang den (001)-Flächen. Ebenso wie die wenigen, 0,5 mm langen Muskowitscheiter wurden die Biotite von einer postkristallinen Deformation erfaßt. Neben s-parallelen Individuen sproßten auch Querbiotite. Akzessorisch kommen Zirkon-(Monazit-?)Einschlüsse in Biotiten, Apatit, Turmalin und Titanit vor.

## 5.3. Quarzitgerölle

Bei diesen durch weitgehende Feldspatfreiheit gekennzeichneten Geröllen können sehr unterschiedlich texturierte Typen unterschieden werden: von völlig gleichkörnigen, granoblastischen, mit polygonaler Mosaiktextur und glatten Korngrenzen der einzelnen Quarze bis hin zu stark geplätteten mit intensiv verzahnten Quarzkorngefügen und Böhm'schen Lamellen.

Vereinzelt auftretende Biotite sind  $\pm$  stark umgewandelt zu hellgrünem, schwach pleochroitischem Chlorit bei gleichzeitiger Erzausscheidung und vielleicht auch Rutilbildung. Weitere akzessorische Gemengteile sind Apatit und Zirkon (Monazit?).

## 6. Gefügemerkmale der Kristallingerölle

Die wenigen aufgesammelten Paragneis- und Quarzitgerölle weisen ein je nach Mineralbestand  $\pm$  ausgeprägtes ebenflächiges Parallelgefüge auf, welches durch geplättete Quarzkörner und s-parallele Glimmer ausgedrückt wird. In schräg zum s eingeregelteten Glimmern schimmert zum Teil noch ein älteres s durch, das vielleicht durch eine an-

nähernd symmetrische Faltung (Isoklinalfaltung?) umgeregelt wurde. Die Quarze sind meist gut rekristallisiert, in manchen Quarziten können sie aber auch intensiv miteinander verzahnt sein, teils mit, teils ohne „Korngrenzwanderung“.

Die Vielfalt an Orthogneisgeröllen ist im wesentlichen auf verschieden starke Deformation der einzelnen ehemaligen Kristallin-Horizonte zurückzuführen. Neben grobkörnigen, porphyrtartigen Granitgneisen finden sich solche mit einer ausgeprägten Mineralstengelung oder mit einem ebenflächigen Parallelgefüge. In letzteren stehen die um das 2- bis 3-fach gelängten, primären, grobkörnigen Quarze in einem eckig verzahnten Kornverband und wurden postkristallin deformiert (undulöse Auslöschung, Deformationslamellen, Böhm'sche Streifung, Divergenz der optischen Achsen, Spalttrisse). Die kleinen Rekristallisate hingegen bilden eine polygonale Mosaiktextur, lösen sich aber auch leicht undulös aus. Von einer postkristallinen Deformation wurden auch die primären Feldspäte erfaßt (Spalttrisse, Verbiegung der Zwillingslamellen), ebenso die geknickten und verbogenen Glimmer.

Die Quarz-c-Achsen zeigen in allen Kristallingeröllen eine ähnliche Lageverteilung, weisen im einzelnen aber, je nach Intensität der Deformation(en) sehr unterschiedliche Regelungsgrade auf. So kann etwa in den feinkörnigen Rekristallisaten in den Orthogneisgeröllen keine bevorzugte Regelung der c-Achsen beobachtet werden und auch in den porphyrtartigen Granitgneisen ist der Regelungsgrad nur sehr gering (vgl. Abb. 1). Sonst aber besitzen die Quarz-c-Achsen aller bisher untersuchten Kristallingerölle eine  $\pm$  deutliche Kreuzgürtel- bis Kleinkreisregelung (vgl. Abb. 2). Der Öffnungswinkel  $2\alpha$  in der XZ-Ebene (bezogen auf die Achsen des Deformationsellipsoids,  $X > Y > Z$ ) liegt um  $55^\circ$ . In gut geregelten Gefügen läßt die Verteilung der Maxima auf eine starke Betätigung der Rhombenflächen bzw. Prismenflächen schließen. Sekundäre Transversalschieferungen fehlen in sämtlichen Geröllen, analog dazu konnten in den Gefügediagrammen auch keine Schräggürtel und somit keine Hinweise auf eventuelle Scherbewegungen gefunden werden.

## 7. Vergleich mit dem benachbarten Altkristallin

Das Altkristallin im NW der Gurktaler Decke setzt sich aus zum Teil quarzitisches ausgebildeten Paragneisen (Priedröf-Schiefergneise), Orthogneisen (Bundschuh-Orthogneis) und am W-Rand aus Granatglimmerschiefern (Radentheiner Glimmerschiefer) zusammen. Als naheliegendstes mögliches Äquivalent zu den Geröllen bietet sich der Bundschuh-Orthogneis an, handelt es sich doch beim größten Teil der Gerölle ebenfalls um Orthogneise. Außerdem stehen die Bundschuh-Orthogneise in direkter Nachbarschaft zu den polymikten Konglomeraten der Gurktaler Decke an; sie streichen von Kremsbrücke im W bis nach Flattnitz im E parallel zum N-Rand des Königstuhls als auch des Turracher Karbons. Auch die Orthogneisblöcke im Karbon der Brunnachhöhe liegen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Pfannockgneis, einem kataklastisch deformierten, vom Mineralbestand her durchaus mit dem Bundschuh-Orthogneis vergleichbarem Orthogneis.

Gefügemäßig können die **Bundschuh-Orthogneise** sehr variabel ausgebildet sein. Während im E (Grauensteineck, NW'Flattnitz) nur schwach deformierte Flasergneise vorherrschen (Granitgneis), kommen weiter im W (Steinbachgraben, W' Turrach; Innerkrams)  $\pm$  stark deformierte Abarten vor (Augengneis–Stengelgneis–Granitgneis–Mylonit). Die Intensität der Deformation ist jedoch auch horizontabhängig! Sie

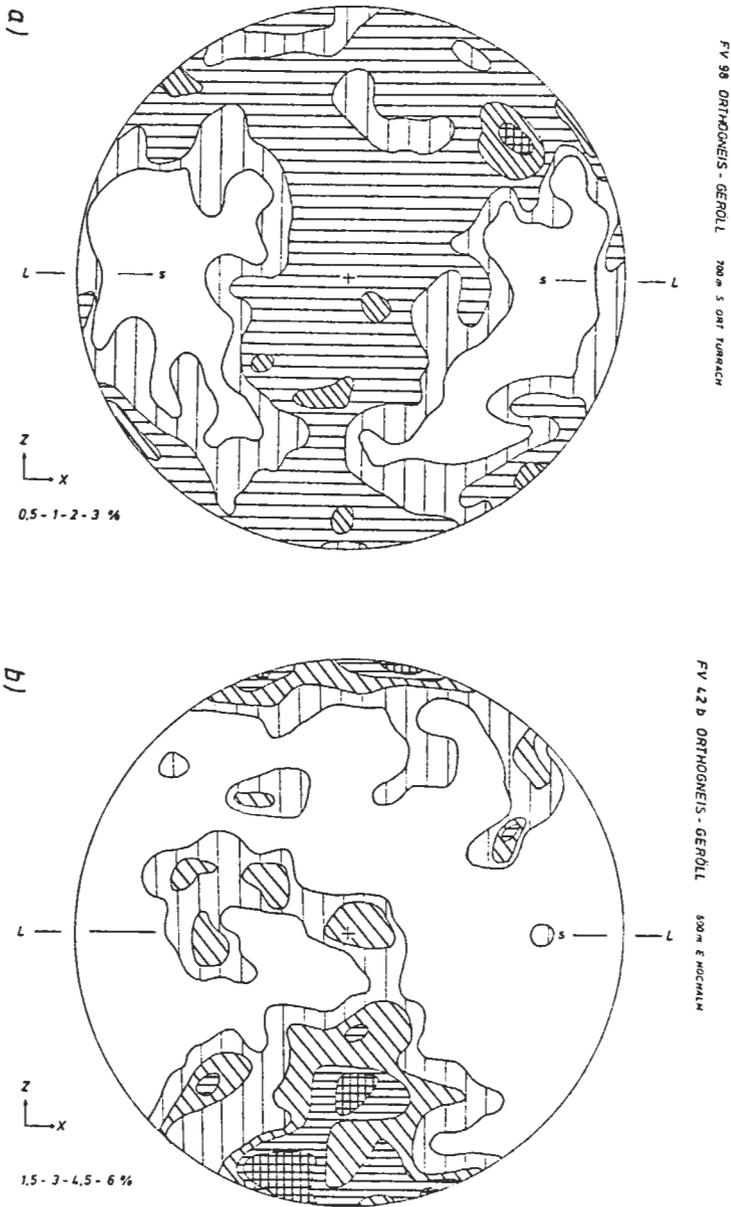


Abb. 1: Quarz-c-Achsengefügediagramm von Orthogneisgeröllen aus dem Turracher Karbon: Schmidt'sches Netz (untere Halbkugel); Schnitt parallel zur Lineation (L) und normal zu x, XZ-Ebene bezogen auf Achsen des Deformationsellipsoides; Erklärung siehe Text.

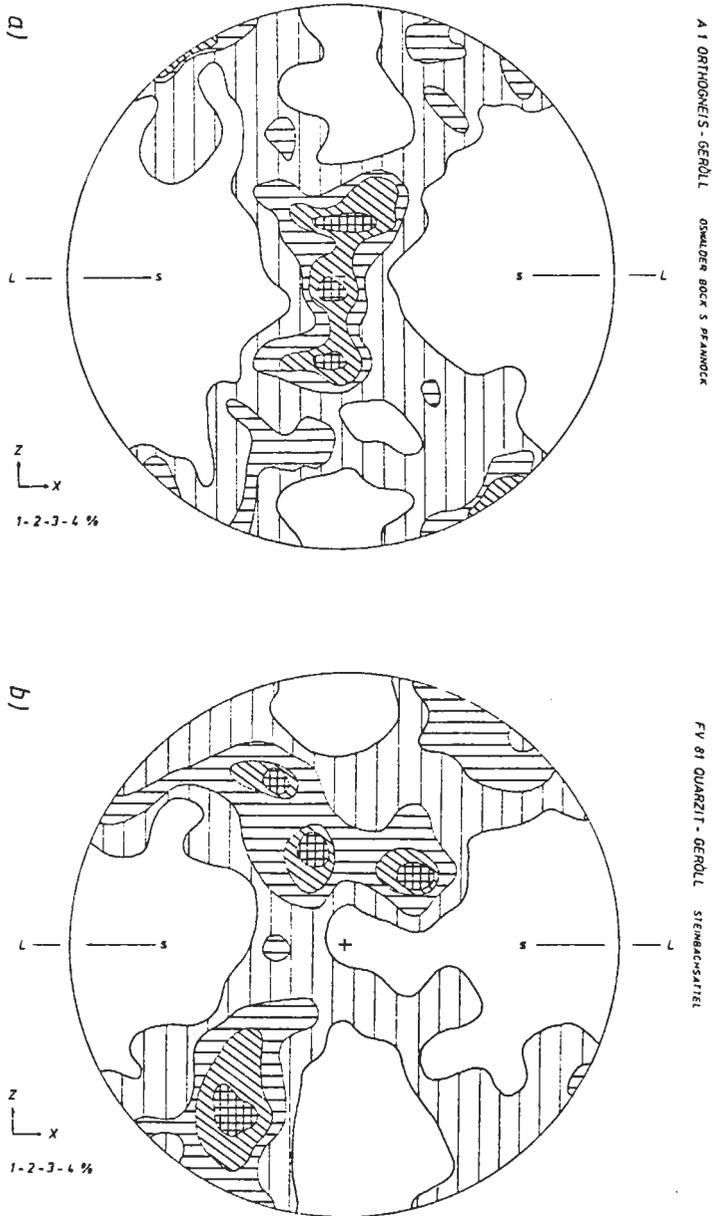


Abb. 2: Quarz- Achsengefügediagramm von (a) einem Orthogneisgeröll aus dem Karbon der Brunnachhöhe und (b) einem Quarzgeröll aus dem Königsstuhl-Karbon; Schmidt'sches Netz (untere Halbkugel); Schnitt parallel zu L und normal zu s, XZ-Ebene bezogen auf Achsen des Deformationsellipsoides; Erklärung siehe Text.

nimmt stets zum Rand der Orthogneiskörper hin zu.

Hauptgemengteile sind Quarz (im Durchschnitt ca. 44 % modal), Alkalifeldspat (Fleckenperthit und Schachbrett-Albit/Oligoklas; ca. 26 %), Oligoklas (Plag II und III; 2–7 %), Albit (Plag I; 4–14 %) und phengitischer Hellglimmer (15–19 %). Akzessorisch treten auf: stark entmischter Biotit in Begleitung von Erz-(Ilmenit-?) Ausscheidungen sowie einem Titanit-Granulat, Apatit (bis zu 1 %), Granat (als Atollgranat mit serizitischem Kern), ferner Epidot, Klinozoisit, Zirkon (Monazit?), Rutil und Hämatit.

Die Ausbildung der Quarze weicht erheblich von der in den Orthogneisgeröllen ab. Sie sind wesentlich stärker verformt (Längung um das 3- bis 4-fache, entlang von Mikroscherzonen und im s-parallelen Randbereich von Feldspatagen extreme Plättung und bis zu 10-fache Längung, seicht buchtig bis extreme Verzahnung der Subkornränder, undulöse Auslöschung) und zeigen in den Intergranularen das Stadium beginnender Rekristallisation („Korngrenzwanderung“). Dabei ist das Ausmaß an Verformung und Rekristallisation sehr von der Position des Einzelkornes im Gesamtgefüge abhängig, sodaß eine Unterteilung in Alpha-, Beta- und Gammaquarze im Sinne von LISTER & PRICE (1978) durchgeführt werden kann.

Die perthitisch entmischten großen Alkalifeldspäte mit teilweiser Umwandlung zu Schachbrett-Albit/Oligoklas (polysynthetisch verzwillingt) und Karlsbader Zwillingen, wie sie in den Geröllen zu finden sind, entdecken wir auch in den Bundschuh-Orthogneisen wieder (vor allem in den schwächer deformierten), wobei aber in letzteren noch eine flauere Mikroklingitterung hinzukommt, die sich mit zunehmender tektonischer Beanspruchung, wie etwa an den Rändern von Großkörnern, zu einer harten Gitterung steigern kann. Dementsprechend liegt der Achsenwinkel  $2V_X$  in den schwächer deformierten Körnern bei etwa  $68-70^\circ$ , steigt aber in den stärker deformierten, undulös auslöschenden sprunghaft auf  $\pm 90^\circ$  an (Mikroclin bis Isomikroclin).

Die in den Geröllen zu beobachtenden verzwilligten Plagioklase vom Typ II und III mit einem An-Gehalt von 26–30 % und einer relativ groben Hellglimmer-Fülle mit einem füllungs-freien Randsaum begegnen uns im anstehenden Bundschuh-Orthogneis in gleicher Ausbildung wieder, nur sind sie zum Teil stärker kataklastisch verformt worden (Spaltrisse, Verbiegung der Zwillingslamellen).

Einschlußfreie Albite (Plag I) kommen im Bundschuhgneis hingegen wesentlich häufiger vor und können in den stärker deformierten Horizonten die primären Oligoklase bei weitem übertreffen, ja sogar völlig verdrängen, sodaß schließlich ein Phengit-Mikroclin-Albit-Quarz-Gneis vorliegt, wie ihn EXNER (1967) aus dem Raum Innerkrems beschreibt.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Geröllen und dem Anstehenden liegt in den Hellglimmern. U. d. M. zeigen die Hellglimmer aus den Bundschuhgneisen einen deutlichen Pleochroismus von farblos nach hellgrün, was auf einen erhöhten Phengitgehalt schließen läßt. Mikrosonde-Analysen bestätigen dies: die Hellglimmer in den Bundschuh-Orthogneisen sind phengitisch und relativ einheitlich zusammengesetzt, jene in den Orthogneisgeröllen hingegen weisen eine uneinheitliche, fleckige bis streifige Zusammensetzung auf mit stark schwankenden Phengitgehalten innerhalb eines Kornes (siehe Abb. 3).

Bei den Akzessorien, gibt es keine auffallenden Unterschiede zwischen Orthogneisgeröllen und Bundschuh-Orthogneis.

Das Gefügebild ist durch die zusätzliche Deformationskomponente in den

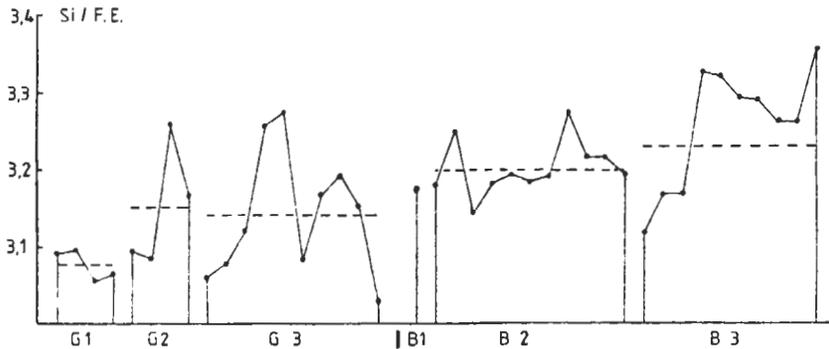


Abb. 3: Phengit-Gehalte ausgewählter Hellglimmer aus Orthogneisseröllen (G 1 – G 3) und Bundschuh-Orthogneis (B 1 – B 3), ausgedrückt in Si-Gehalten pro Formeinheit. Die strichlierten Linien bedeuten Mittelwerte des jeweiligen Kornes. G 1 – G 3: Profile durch grobkörnige, streifige Hellglimmer aus Probe FV 62. B 1: feinkörniger Hellglimmer aus Probe FV 50 a. B 2: Profil durch einen grobkörnigen Hellglimmer aus Probe FV 50 a. B 3: schräges Profil durch einen grobkörnigen Hellglimmer aus Probe FV 57.

Bundschuhgneisen natürlich ein völlig anderes als in den Geröllen: straffere Lineation, ausgeprägteres Parallelgefüge (mit z. T. aber noch erkennbarem,  $\pm$  normal zur Hauptschieferung verlaufendem, älterem s) etc. Dies schlägt sich auch sehr deutlich im Quarzgefüge nieder. Die c-Achsen sind wesentlich besser geregelt (mit Ausnahme der Gammaquarze). In den Flaser- und Augengneisen finden wir in der XZ-Ebene Kreuzgürtelregelung mit einem Öffnungswinkel  $2\alpha$  von  $\pm 50^\circ$  und einer Maxima-Verteilung, die auf eine bevorzugte Betätigung der Basal- und Prismenflächen als Gleitebenen hinweist. In den meisten Fällen und besonders in den feinkörnigen Granitgneismyloniten hingegen zeigt sich in der XZ-Ebene eine Kreuzgürtelregelung ( $2\alpha = 50^\circ$ ), aber mit einer deutlichen Überbetonung eines Astes, sodaß ein Schräggürtel markant hervortritt (siehe Abb. 4). Normal zu diesem Schräggürtel verläuft eine jüngere, sekundäre Transversalschieferung ( $s_s$ ). In der YZ-Ebene bietet sich in allen Diagrammen ein ähnliches Bild: vier symmetrisch verteilte Maxima am Rand, die mit Y je einen Winkel von  $\pm 25^\circ$  einschließen; der Bereich um X ist völlig polfrei, jener um Z schwach besetzt (vgl. Abb. 5a). Durch die Maxima verlaufen zwei konjugierte s-Flächen. Eine Ausnahme stellt eine Probe aus der Oberkante des Altkristallins dar: von den vier randlichen Maxima sind zwei gegenüberliegende wesentlich stärker besetzt (siehe Abb. 5 b).

Ein Vergleichen der Kristallingerölle mit den Paragesteinen im Altkristallin ist nur unbefriedigend, da die aufsammelbare Menge an entsprechenden Geröllen aus den Karbon-Vorkommen in der NW-Ecke der Gurktaler Decke im Gegensatz zu den Orthogneisseröllen kaum ein repräsentatives Bild vom ehemaligen Liefergebiet ermöglicht.

Die wenigen Paragesteingerölle, die gefunden werden konnten, stehen hinsichtlich ihres Mineralbestandes in keinem Widerspruch zu den Priedröf-Schiefergneisen und einzelnen quarzitischen Horizonten in denselben. Letztere, im großen sehr einheitliche Gesteine, können im mm- bis 10er m-Bereich sehr verschieden aufgebaut sein:

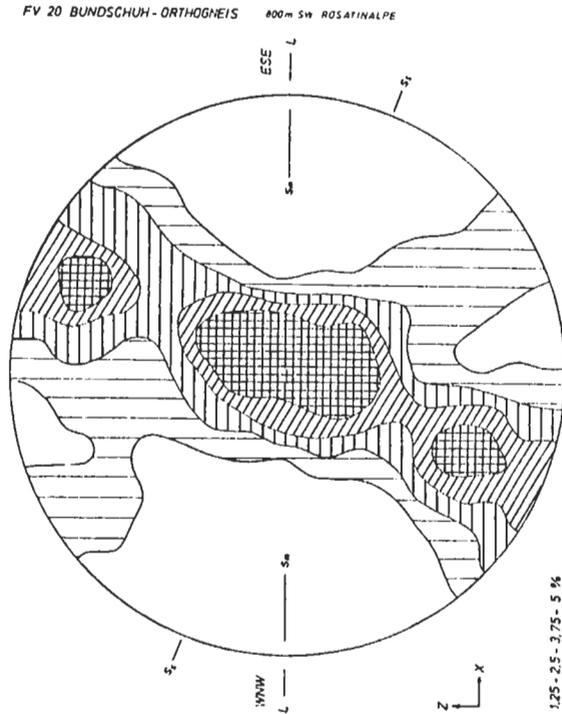
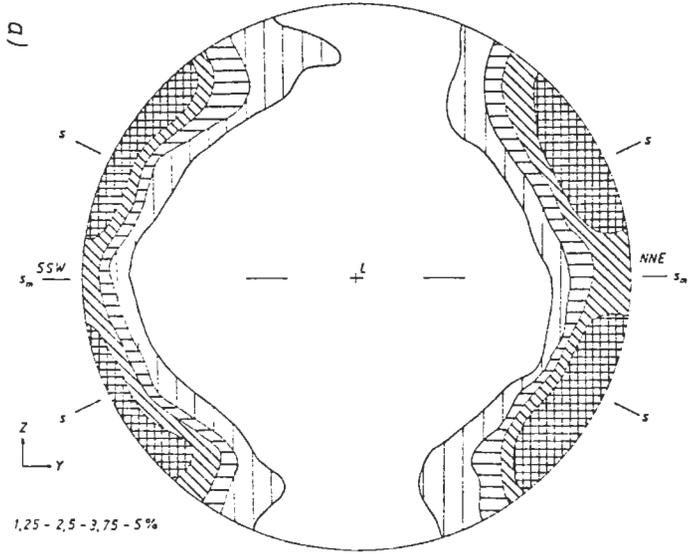


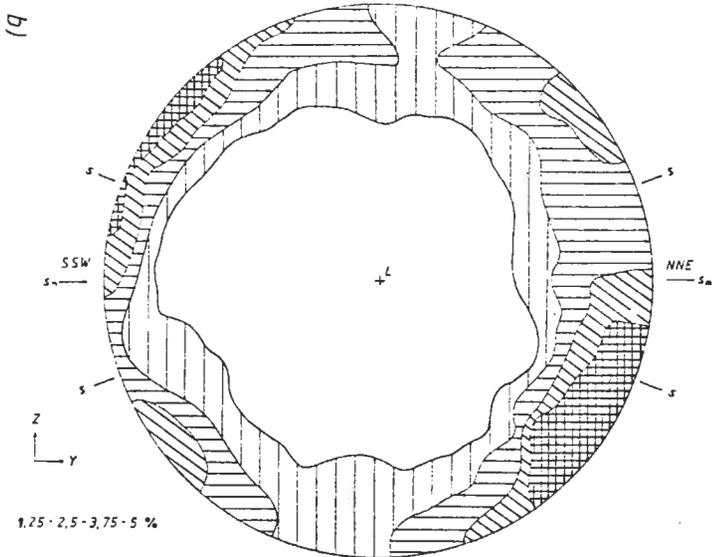
Abb. 4: Quarz-c-Achsengefügediagramm eines Bundschuh-Orthogneises aus der Steinbachschuppe NW' Turrach; Schmid'sches Netz (untere Halbkugel); Schnitt parallel zur Hauptlineation (L) und normal zu  $s_m$  (Mylonit-Schieferung), XZ-Ebene bezogen auf Achsen des Deformationsellipsoides. Eine sekundäre Transversalschieferung ( $s_s$ ) und die Neigung des Schräggürtels zeigen eine ESE-vergente Scherbewegung an.

± Gr-führende Chl–Mu–Bi–Plag–Q-Gneise bis Glimmerschiefer mit stark wechselnden Mengenverhältnissen der einzelnen Mineralphasen, von denen Granat, Chlorit, Muskowit, Biotit oder Plagioklas in einzelnen Lagen völlig fehlen können.

Ein sehr wesentlicher Unterschied liegt wiederum im Gefüge. Die Paragneise im Altkristallin unterlagen einer heftigen Deformation, was sich in einer ausgeprägteren Schieferung, besseren Einregelung der Glimmer und stärkeren Längung der Quarze äußert. Letztere sind gut rekristallisiert oder nur schwach buchtig miteinander verzahnt. Nur in einzelnen, geringmächtigen Lagen, so etwa in unmittelbarer Nähe zu den eingeschlossenen Orthogneisen, wirkte noch eine späte, „kühle“ Deformation, bei der die Quarze in extrem verzahnte, undulös auslöschende Subkörner zerlegt wurden. Die entsprechenden Quarzgefügediagramme ähneln stark jenen aus den Bundschuh-Orthogneisen: Kreuzgürtelregelung ( $2\alpha = \pm 50^\circ$ ) mit Überbetonung eines Astes in den „kühl“ deformierten Horizonten (siehe Abb. 6) und einer jüngeren, sekundären Transversalschieferung normal zu den Schräggürteln. Gleiches gilt auch für einen Quarzit (Permoskyth?) zwischen Para- und Orthogneis an der N-Flanke des Steinbachgrabens W' Turrach.



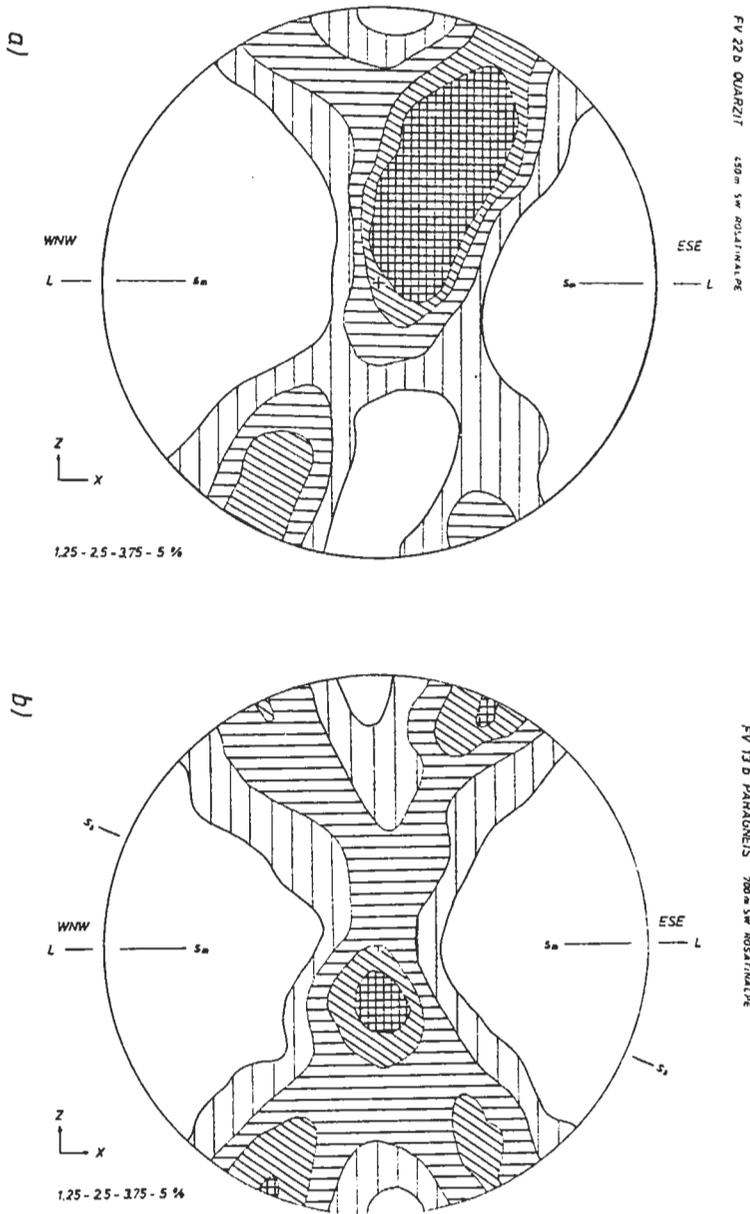
FV 25 b BUNDSCHUH - ORTHOGNEIS 150m N. OSTL. TURBACH



FV 45 b BUNDSCHUH - ORTHOGNEIS 150m N. OSTL. TURBACH

Abb. 5: Quarz-c-Achsengefügediagramm von Bundschuh-Orthogneisen aus der Steinbachschuppe: Schmidt'sches Netz (untere Halbkugel); Schnitt normal zu L und  $s_m$ . YZ-Ebene bezogen auf Achsen des Deformationsellipsoids. (a) – Normalfall im Altkristallin – vier gleichwertige randliche Maxima, (b) – zwei gegenüberliegende Maxima zeigen eine Rotation um Z im Zuge einer N-vergente Bewegung an, typisch für die Oberkante des Altkristallins.

Abb. 6: Quarz-c-Achsengefügediagramm von (a) Permoskyth(?)-Quarzit, 450 m SW Rosatinalpe, beide aus der unmittelbaren Nachbarschaft zum Orthogneis; Schnitt sches Netz (untere Halbkugel); Schnitt parallel zu L und normal zu sm-XZ-Ebene bezogen auf Achsen des Deformationsellipsoids. Ein jeweils etwas stärker besetzter Ast der beiden Kreuzgürtel weist auf eine ESE-vergente Scherbewegung hin.



## 8. Geochronologische Ergebnisse

Für die Klärung der Entstehungsgeschichte verschiedener Orthogneise hat sich schon seit langem die Rb/Sr-Methode bewährt. Es war daher bei der hier behandelten Fragestellung zu erwarten, daß sich eventuelle genetische Parallelen zwischen den Bundschuh-Orthogneisen und den Orthogneisgerölen mit der Rb/Sr-Methode aufzeigen lassen sollten.

Von beiden wurden daher Gesamtgesteinsanalysen durchgeführt, aber auch separierte Minerale, Feldspäte und Hellglimmer, datiert. Für die Altersberechnung wurden die von STEIGER & JÄGER (1977) angegebenen Konstanten verwendet:

Zerfallskonstante	$(^{87}\text{Rb}) = 1,42 \times 10^{-11} \text{ Jahre}^{-1}$
Atomare Isotopenverhältnisse:	$^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$
	$^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,056584$
	$^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb} = 2,59265$

Die Fehler  $\Delta t$  sind bei allen Angaben  $2\sigma$ -Werte. Die Isochronenberechnungen erfolgten nach dem Modell von YORK (1969): Modell I für die Berechnung von Mineralalter, Modell II für Gesamtgesteinsalter.

An acht Gesamtgesteinsanalysen von Bundschuh-Orthogneisen aus dem Raum Innerkrems ermittelte HAWKESWORTH (1976) eine Isochrone mit einem  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Initialwert von  $0,738 \pm 0,02$  und berechnete daraus ein Alter von  $381 \pm 30 \text{ Ma}$ , bezogen auf  $\lambda = 1,39 \times 10^{-11} \text{ a}$ . Unter Verwendung der „neuen“ Zerfallskonstante von  $\lambda = 1,42 \times 10^{-11} \text{ a}$  wäre dieses Alter auf  $373 \pm 30 \text{ Ma}$  zu korrigieren (s. Abb. 7). Trotz des außergewöhnlich hohen Initials und der relativ starken Streuung der Analysenpunkte (streng genommen handelt es sich um eine Errorchrone) betrachtete HAWKESWORTH dieses Alter als Bildungsalter.

Vom selben Autor bestimmte Hellglimmeralter dieser relativ intensiv deformierten Orthogneise ergaben  $99 \pm 1 \text{ Ma}$  (korr.  $97 \pm 1 \text{ Ma}$ ). Dies wurde als Verjüngung der Hellglimmer im Zuge der kretazischen Metamorphose aufgefaßt. Demnach hätte diese Metamorphose die Amphibolit-Fazies erreicht, was jedoch im Gegensatz zum übrigen Mineralbestand in den Orthogneisen und den umhüllenden Paragneisen steht: Hinweise auf das Erreichen der Amphibolit-Fazies während der alpidischen Metamorphose fehlen bislang in diesem Gebiet.

Basierend auf diesen bereits vorliegenden Daten wurden möglichst unterschiedliche Typen von Bundschuh-Orthogneisen untersucht: zum einen der relativ am schwächsten deformierte Typ, wie wir ihn am besten als Flasergneis im Bereich des Grauensteinecks, NW' von Flattnitz, also am E-Rand der W–E streichenden Orthogneislamellen finden; zum anderen einen möglichst stark deformierten Augen- bis Stengelnis mit mylonitischem Charakter aus dem Raum Turrach, und schließlich auch noch der im Fenster von Oberhof auftauchende, dem Bundschuh-Orthogneis stark ähnelnde Orthogneis.

Im Flasergneis vom Typ „Grauensteineck“ können noch zwei Hellglimmer-Generationen unterschieden werden. Mehrere mm große, vielleicht primäre, magmatische Relikte (Mu I) wurden im Zuge der Vergneisung deformiert und rekristallisierten zu etwa 0,3 mm langen Mu II-Scheitern. Für die Datierung wurde versucht beide Generationen voneinander getrennt zu separieren; die entsprechenden Mineralalter zeigen jedoch keine bemerkenswerten Unterschiede zwischen den verschiedenen Korngrößen – die aus Zweipunktisochronen (Gesamtgestein – Hellglimmer) errechneten Alter für Mu I und Mu II liegen bei  $350 \pm 7$  bzw.  $354 \pm 7 \text{ Ma}$ . Die Hellglimmer wurden also in

bezug auf ihr Rb-Sr-Isotopensystem während der alpidischen Metamorphose überhaupt nicht verjüngt, sondern besitzen ein für das ostalpine Kristallin bemerkenswert frühes variszisches Alter.

Von den stark deformierten Typen wurden vier Proben aus einem eng begrenzten Raum (Steinbruch Rosatin, NW' vom Ort Turrach) genommen, der etwa 20 m mächtig ist. In ihnen findet sich nur mehr Mu II, der einer intensiven postkristallinen Deformation unterlag ohne dabei zu rekristallisieren. Lediglich eine, mengenmäßig völlig belanglose, randliche Serizitisierung kann mitunter beobachtet werden. Obwohl alle vier Proben makroskopisch als auch mikroskopisch keinerlei signifikante Unterschiede aufweisen und daher für alle etwa gleiche Bedingungen angenommen werden könnten, lieferten die daraus separierten Hellglimmer unterschiedliche Alter:  $91 \pm 1$  Ma,  $96 \pm 4$  Ma,  $119 \pm 2$  und  $139 \pm 2$  Ma.

Wie in Abb. 7 zu erkennen ist, passen die Gesamtgesteinsanalysenpunkte nur teilweise auf die Isochrone von HAWKESWORTH (1976).

Die Verteilung der Analysenpunkte weist eher auf mehrere  $\pm$  parallele Isochronen hin. Die daraus errechenbaren theoretischen Gesamtgesteinsalter liegen bei 363 Ma, für die Hauptmasse der Proben bei 373 Ma und schließlich für zwei sehr Rb-reiche Proben vom Grauensteineck bei 392 Ma. Die entsprechenden Initialwerte weisen eine hohe Schwankungsbreite von 0,7144 über 0,738 bis 0,7405 auf.

Drei Orthogneisproben aus dem Oberhof-Fenster liegen im Bereich des geochemischen Schwerpunktes der übrigen Bundschuh-Orthogneise. Aus ihnen separierte Hellglimmer ergeben ein Mineralalter von  $163 \pm 3$  Ma.

Für die Datierung der Orthogneisgerölle wurden möglichst große (ca. 50 cm Durchmesser) und nicht zu sehr verwitterte aus dem Königstuhl-Karbon vom Steinbachsatel und aus dem Turracher Karbon vom W-Abhang des Eisenhuts, SSW' vom Ort Turrach sowie 400 m E' des Winterthaler Nocks gewählt. Von den acht untersuchten Geröllen erwiesen sich zwei als nicht mehr aussagekräftig. Deren isotopische Zusammensetzung könnte, vermutlich durch karbonatreiche Wässer aus dem von den Karbonmassen überschobenen permomesozoischen Sedimenten, sekundär verändert worden sein (Anreicherung von nicht radiogenem  $^{86}\text{Sr}$ ) oder einem primär geochemisch etwas anders zusammengesetzten Bereich entstammen.

Die Gesamtgesteinsanalysen der verbleibenden sechs Gerölle fixieren eine Isochrone mit einem initialen  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis von  $0,7512 \pm 0,002$  und einer Steigung, die einem Alter von  $403 \pm 20$  Ma entspricht (vgl. Abb. 7 und 8).

Aus zwei dieser sechs Gerölle wurden Hellglimmer der Korngröße 0,15 – 0,25 mm separiert. Die entsprechenden Zweipunktisochronen (Mineral-Gesamtgestein) ergeben außergewöhnlich frühvariszische Alter von  $370 \pm 8$  Ma bzw.  $364 \pm 7$  Ma.

Zwei weitere Daten von 334 Ma und 237 Ma wurden an Hellglimmern aus den beiden Geröllen bestimmt, die nicht auf die Isochrone passen. Vermutlich erlitten diese Hellglimmer verwitterungsbedingte Veränderungen in ihrer isotopischen Zusammensetzung. Zunehmende Verwitterung kann zur Erhöhung des Rb/Sr-Verhältnisses bei nahezu gleichbleibendem  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis und somit zu einer „Verjüngung“ führen (DASCH, 1969). Den beiden Mineralaltern darf daher keine geologische Aussagekraft beigemessen werden.

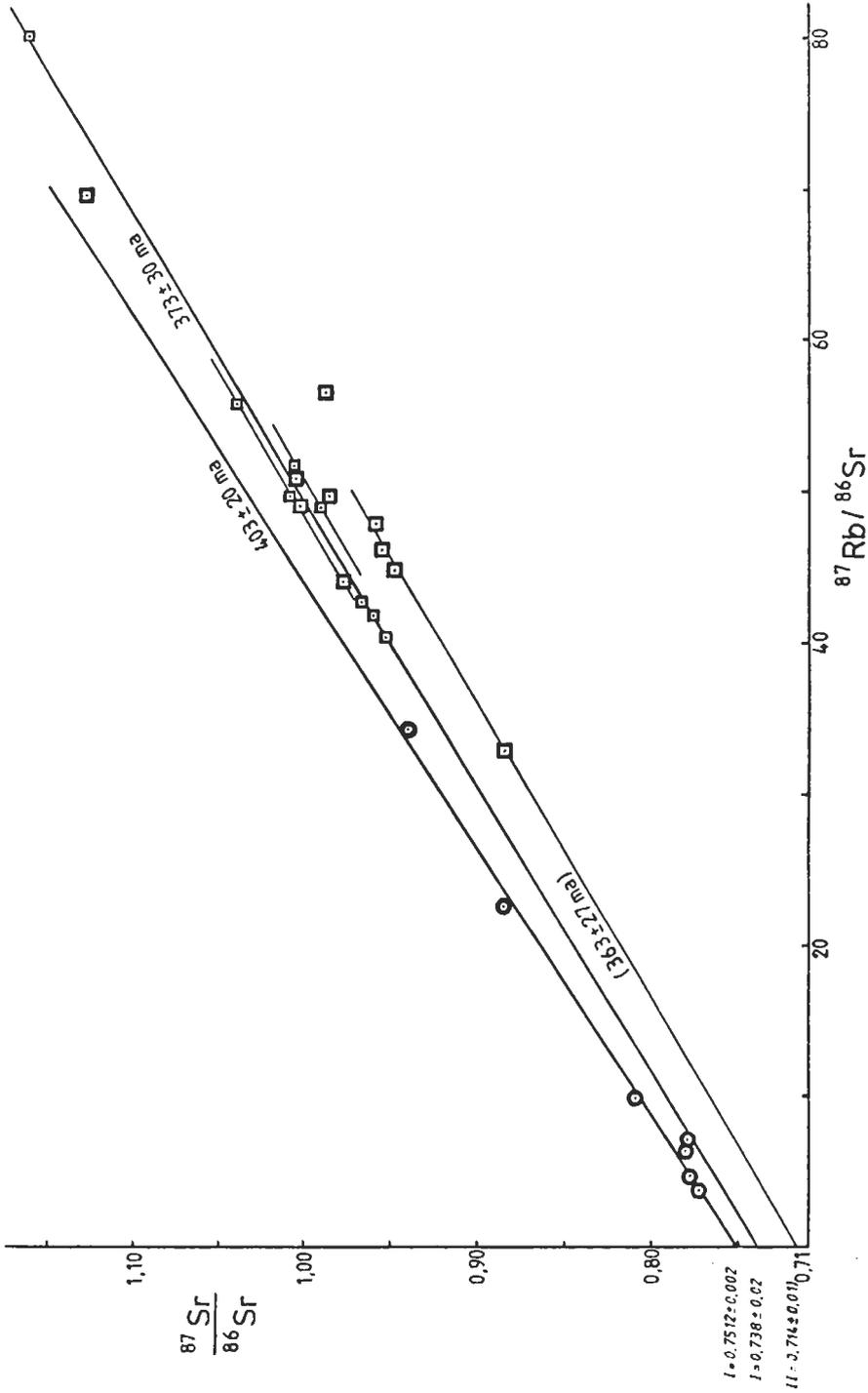


Abb. 7: Gesamtgesteins-Isochronen von Bundschuh-Orthogneisen und Orthogneisgeröllen aus dem Oberkarbon der Gurktaler Decke. (□) Bundschuh-Orthogneis aus dem Raum Innerkrems, nach HAWKSWORTH (1976), (◻) Bundschuh-Orthogneis von Turrach (T), Grauensteineck (G) und aus dem Oberhof-Fenster (O), (◐) Orthogneisgeröfle aus dem Königstuhl- und Turracher Karbon.

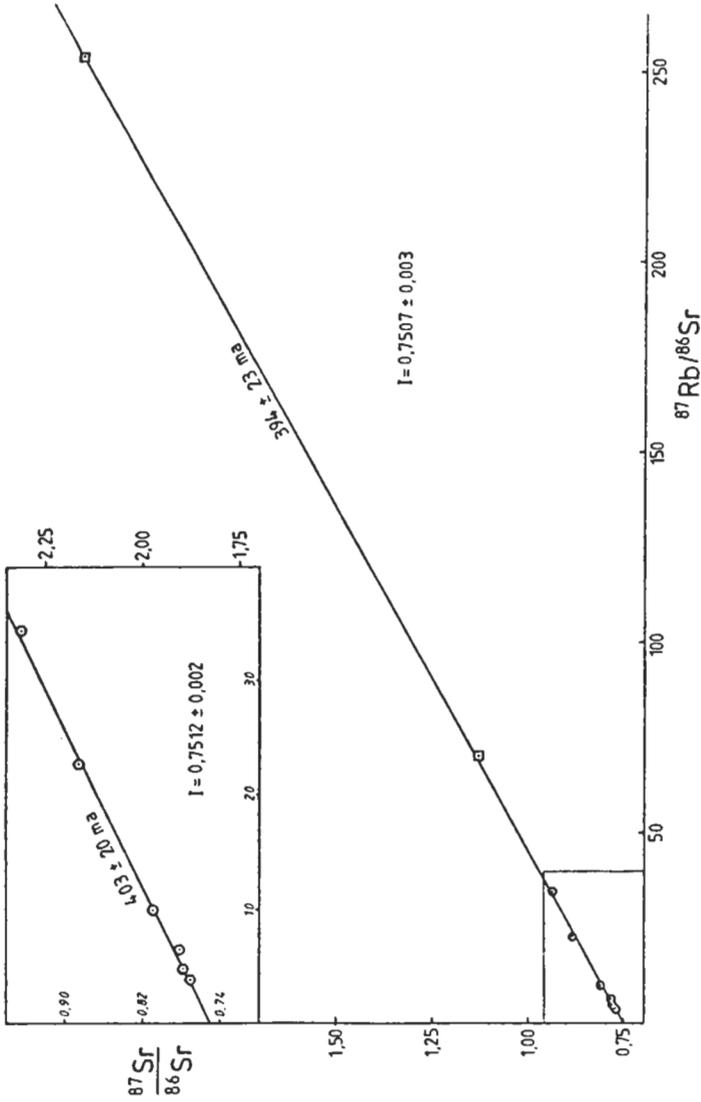


Abb. 8: Gesamtgesteins-Isochrone von Orthogneisgeröllen in Kombination mit zwei Fasergneisen vom Grauensteineck NW Flattnitz; Signaturen wie in Abb. 7.

## 9. Interpretation und Schlußfolgerungen

Besonders zwischen den relativ schwach, zu Flasergneisen deformierten Bundschuh-Orthogneisen vom Typ „Grauensteineck“ und den Orthogneisgeröllen in den Oberkarbon-Konglomeraten der Gurktaler Decke können mehrere signifikante Parallelen festgestellt werden. Gesteinszusammensetzung und Mineralausbildung sprechen in beiden Fällen für ein granitisches Ausgangsmaterial. Vor allem die isotopengeologischen Ähnlichkeiten werden als starkes Indiz dafür gewertet, daß die Orthogneisgeröle und die Bundschuh-Orthogneise demselben ursprünglichen Granitkomplex entstammen:

- die Gesamtgesteins-Isochronen der Geröle und der Bundschuh-Orthogneise haben  $\pm$  parallele Steigungen (0,00573 bzw. 0,00531),
- beide fallen durch hohe initiale  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse auf (0,7512 bzw. 0,738),
- beide besitzen selten hohe früharvariszische Hellglimmeralter (364–370 Ma bzw. 350–354 Ma),
- die Gesamtgesteinsanalysen der Orthogneise vom Grauensteineck fallen auf die Isochrone der Geröle. Daraus ergäbe sich ein Alter von  $394 \pm 23$  Ma (vgl. Abb. 8).

Bei den aus den Gesamtgesteins-Isochronen ermittelten Alterswerten kann es sich auf Grund der hohen Initialwerte und der besonders bei den Bundschuh-Orthogneisen auffallenden Abweichungen der einzelnen Analysenpunkte von der Isochrone nicht um Bildungsalter handeln, so wie dies von HAWKESWORTH (1976) angenommen wurde. Vielmehr scheint es sich um kaledonisch–variszische Mischalter im Sinne einer teilweisen Isotopenhomogenisation im Zuge der variszischen Metamorphose zu handeln, die in den Bundschuh-Orthogneisen durch die alpidische Metamorphose nochmals leicht beeinflusst worden sein könnten. Auch der Umstand, daß durch die Analysenpunkte mehrere  $\pm$  parallele Isochronen mit theoretischen Alterswerten zwischen 363 und 394 Ma gezogen werden können, die große Schwankungsbreite innerhalb derer Initialwerte und die nahezu gleich hohen Hellglimmeralter sind Hinweise dafür, daß hier kein magmatisches Ereignis, sondern die variszische Metamorphose datiert wurde. Das wahre Bildungsalter dieses Granitkomplexes wird als zumindest kaledonisch vermutet. Eine grobe Abschätzung des theoretischen Maximalalters mittels des Compston-Jeffrey-Diagrammes würde eine solche Annahme erlauben.

Sowohl die unterschiedlichen Initialwerte von Bundschuh-Orthogneisen und Orthogneisgeröllen als auch die geringeren Rb-Konzentrationen in den Geröllen lassen sich durch eine gewisse geochemische Schwankungsbreite innerhalb eines ausgedehnten Intrusionskomplexes erklären. Schließlich kann aus tektonisch-morphologischen Überlegungen ausgeschlossen werden, daß die Orthogneisgeröle vom heute anstehenden Bundschuh-Orthogneis herkommen. Das Lieferkristallin für die Geröle muß vielmehr ein in variszischer Zeit höheres Stockwerk gewesen sein, welches nach blockartiger Hebung im Oberkarbon rasch der Erosion freigegeben wurde. Dem würden auch die frühvariszischen Hellglimmeralter entsprechen: der die Geröle liefernde Horizont unterschritt noch früher, vor etwa 364 bis 370 Ma, die Hellglimmer-Öffnungs-/Schließungstemperatur als die heutigen Bundschuh-Orthogneise (350 bis 354 Ma). Vielleicht lassen sich die hohen Hellglimmeralter in den Geröllen aber auch darauf zurückführen, daß die variszische Metamorphose in dem die Geröle liefernden Horizont nicht einmal die nötigen Temperaturen erreichte, um die prävariszischen Hellglimmer vollständig zu verjüngen.

Neben einer weitgehenden Hellglimmer- und Quarz-Rekristallisation kam es im Zuge der variszischen Metamorphose noch zu einer Albit-Blastese, in den Orthoklasen zu sekundärer Perthitbildung (z. T. Schachbrett-Albit) und zu einer relativ groben Hellglimmer-Mikrolithen-Füllung in den Plagioklasen. Hinweise auf eine Amphibolit-Fazies, wie sie häufig im Altkristallin E' der Hohen Tauern zu finden sind, fehlen.

Die beobachtbaren Unterschiede zwischen Geröllen und Bundschuh-Kristallin lassen sich problemlos durch die im Altkristallin wesentlich wirksamere alpidische Metamorphose erklären, wobei sich gleichzeitig die Unterschiede mit zunehmender alpidischer Deformation im Bundschuh-Kristallin verstärken: Homogenisierung des Hellglimmer-Chemismus, Albit-Blastese auf Kosten von Oligoklas, Umwandlung von Orthoklas zu Mikroklin bis Isomikroklin, Änderung des Gefüges im Sinne einer straffen Korneinregelung.

Auf die Geochronologie wirkte sich die alpidische Metamorphose im Altkristallin mit einer Verjüngung der Hellglimmer und zum Teil der Feldspäte (Albit-Blastese) aus. Das unterschiedliche Ausmaß der Hellglimmer-Verjüngung läßt sich jedoch weder durch eine Korngrößen- noch durch eine Temperaturabhängigkeit erklären. Es wird daher angenommen, daß es sich bei den alpidischen bzw. alpidisch-variszischen Mischalterswerten der Hellglimmer in den Bundschuh-Orthogneisen um eine deformationsinduzierte Verjüngung bzw. Teilverjüngung handelt, für deren Ausmaß auch noch die Anwesenheit von fluider Phase eine entscheidende Rolle spielte. Dem jüngsten Alter, 91 Ma, zufolge kann angenommen werden, daß der Temperaturhöhepunkt der kretazischen Metamorphose zumindest bis zu diesem Zeitpunkt ange dauert hat.

Mit der Erkenntnis einer intensiven alpidischen Deformation in der Oberkante des Altkristallins lassen sich auch die beobachtbaren Unterschiede in den Quarzgefügen leicht erklären. In den Geröllen mit ihrer schwachen c-Achsenregelung ist noch der voralpidische Zustand verankert. Die rhombische Symmetrie der Quarzgefüge spricht, wie LISTER et al. (1978) experimentell zeigen konnten, für eine „pure shear“-Deformation, die eine allgemeine Plättung (Kleinkreisregelung) oder eine vom Typ „plane strain“ (Kreuzgürtelregelung) bewirkte. Die Öffnungswinkel von  $\pm 55^\circ$  weisen nach HARA et al. (1976) auf syntektonisch grünschieferfazielle Bedingungen mit Temperaturen bis maximal  $550^\circ\text{C}$  hin, ebenso wie die verstärkte Betätigung von Rhomben- und Prismenflächen als Gleitebenen. Solch eine Gefügeprägung ließe sich etwa durch eine Isoklinalverfaltung erzeugen.

Der hohe Regelungsgrad in den Gesteinen der Oberkante des Altkristallins hingegen ist auf eine alpidische Plättung vom Typ „plane strain“ zurückzuführen, der in ihrer Spätphase in einzelnen Horizonten eine „simple shear“-Deformation im Zuge einer ESE-vergente Scherbewegung folgte. In den Quarzen dominierten als Gleitebenen die Basisflächen neben den Prismenflächen, was als Hinweis auf etwas geringere syntektonische Temperaturen gewertet werden kann, ebenso wie die etwas kleineren Öffnungswinkel von  $\pm 50^\circ$ . Aus dem stark verzahnten Quarzkorngefüge mit den typischen Erscheinungen der „Korngrenzwanderung“ geht hervor, daß die Deformation den Temperaturhöhepunkt überdauerte. Als weitere das Quarzgefüge beeinflussende Deformation ist eine N-vergente Bewegung (Aufschiebung der Gurktaler Decke) zu sehen, die eine in Abb. 5 b erkennbare Rotation der Quarz-c-Achsen um die X-Achse des Deformationsellipsoides hervorrief.

Bei der Frage nach dem Liefergebiet für die bearbeiteten Kristallingerölle taucht wieder einmal das schon oft diskutierte Problem der ursprünglichen paläogeographischen Anordnung der verschiedenen tektonischen Einheiten am NW-Rand der Gurk-

taler Decke auf. Nach dem Modell von TOLLMANN (1959, modifiziert 1975, 1977) eines mittelostalpinen Kristallins mit auflagernder mittelostalpinen Sedimenthülle (Stangalm-Mesozoikum s. str.) und einer als Ferndecke von S darauf aufgeschobenen oberostalpinen Gurktaler Decke und folglich der Einwurzelung der gesamten Nördlichen Kalkalpen samt Grauwackenzone zwischen diesem mittelostalpinen Kristallin und der Gurktaler Einheit wäre eine Herleitung der gegenständlichen Kristallingerölle vom heute benachbarten Altkristallin völlig unmöglich.

Das für die deckentektonische Trennung in Mittel- und Oberostalpin wesentliche fazielle Argument, das „sandige Anis“ (licische bzw. Drauzugfazies) in der oberostalpinen Pfannock-Einheit und dessen Fehlen in der mittelostalpinen Stangalm-Einheit s. str. (Mellitzen-Scholle) wurde inzwischen mehrfach in Frage gestellt (LIEGLER, 1973; FRANK, 1983; KRAINER, 1984). Letztgenannter Autor sieht anhand einer sedimentologischen Untersuchung der permischen bis untertriadischen Sedimente des Stangalm-Mesozoikums s. l. einerseits fazielle Unterschiede zwischen „sandigem Anis“ im Drauzug (BRANDNER, 1972) und in der oberostalpinen Pfannock-Einheit und ortet andererseits das Aufarbeitungsgebiet für das Pfannockperm aufgrund der Staurolith- und Disthenführung im Schwermineralspektrum nördlich des Gailtalkristallins, also im mittelostalpinen Altkristallin. Auch als Liefergebiet für die Gneisgerölle im Oberkarbon der NW' Gurktaler Decke scheidet das schon variszisch retrograd metamorph überprägte Gailtalkristallin aus. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß auch den Gneisgeröllern aus dem Karbon von Nötsch im Gailtal Erscheinungen retrograder Metamorphose fehlen (EXNER, 1983).

Die Orthogneisgerölle aus dem Königstuhl-, Turracher- und Stangalm-Karbon werden nun, vor allem auf Grund des geochronologischen Befundes, von einem dem Bundschuhgneis entsprechenden Kristallin hergeleitet. Tatsächliches Liefergebiet dürfte ein in variszischer Zeit höheres Stockwerk dieses Kristallins gewesen sein. Dies zieht nach sich, daß das Altkristallin primäre Unterlage der Gurktaler Decke war, also ebenfalls eine oberostalpine Stellung einnimmt. Somit muß den Vorstellungen von CLAR (1965) und FRANK (1983), wonach sich die Gurktaler Einheit direkt an den zentralalpinen Raum im S anschließt und die Nördlichen Kalkalpen schon primär nördlich des zentralalpinen, eine Schwellen-Position einnehmenden Stangalm-Mesozoikums s. str. eingewurzelt werden, gegenüber dem Modell von TOLLMANN der Vorzug gegeben werden.

## Dank

Herzlichst danken möchte ich Herrn Univ. Prof. Dr. Wolfgang FRANK vom Institut für Geologie der Universität Wien, der mich nicht nur auf dieses interessante Thema aufmerksam gemacht hat, sondern auch stets für Diskussionen und wertvolle Hinweise zur Verfügung stand. Herrn Univ. Prof. Dr. Christoph EXNER danke ich für die Einführung in die Kristallingeologie, speziell die Feldspäte betreffend, ebenso Dr. Martin THÖNI für die vielen fruchtbaren Diskussionen. Mein besonderer Dank gilt aber auch Herrn Dr. Georg HOINKES vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Innsbruck, der die Hellglimmer-Bestimmungen an der Mikrosonde durchführte.

Proben-Nr.	Gesteinsart	Rb [ppm]	<sup>87</sup> Rb [ppm]	Sr [ppm]	<sup>87</sup> Sr / <sup>86</sup> Sr [ppm]	<sup>87</sup> Sr <sub>rad</sub> [%]	<sup>87</sup> Rb / <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr / <sup>86</sup> Sr
FV 100	BS - Ogn	314	89,0	28,3	2,40	19,7	32,8	0,8838
FV 101	BS - Ogn	351	99,4	21,8	1,99	25,9	47,9	0,9588
FV 102	BS - Ogn	366	104	19,3	1,81	28,1	56,5	0,9875
FV 103	BS - Ogn	335	94,7	19,6	1,87	29,4	50,9	1,0054
BG 1	BS - Ogn	361	102	15,7	1,66	37,1	69,6	1,1285
BG 3	BS - Ogn	482	136	6,29	1,16	67,1	254	2,1565
BG 4	BS - Ogn	332	93,7	21,3	1,94	25,6	46,1	0,9541
BG 7	BS - Ogn	338	95,6	22,5	2,03	25,1	44,7	0,9475
OHG 1	BS - Ogn	319	90,4	21,6	2,00	27,3	44,1	0,9772
OHG 2	BS - Ogn	325	92,0	19,5	1,82	27,9	49,7	0,9851
OHG 3	BS - Ogn	310	87,8	18,9	1,80	29,2	49,1	1,0036
FG 1	Ogn-Geröll	143	40,6	65,4	4,95	9,1	6,41	0,7817
FV 95	Ogn-Geröll	93,3	26,4	71,8	5,38	8,1	3,80	0,7729
FV 96	Ogn-Geröll	163	46,3	67,1	5,06	8,9	7,13	0,7793
FV 97	Ogn-Geröll	131	37,2	38,8	3,03	12,3	9,92	0,8096
FV 98	Ogn-Geröll	133	37,6	81,9	6,17	8,7	4,74	0,7779
FV 61	Ogn-Geröll	173	49,0	22,6	1,92	19,7	22,6	0,8844
FV 82	Ogn-Geröll	254	71,9	22,0	1,97	24,5	34,3	0,9405
FV 83	Ogn-Geröll	48,9	13,8	32,6	2,35	4,4	4,38	0,7425

Tab. 1: Rb/Sr-Daten von Gesteinen (BS = Bundschuh, Ogn = Orthogneis). Die Proben FV 100 - 103 stammen aus dem Steinbruch Rosatin (NW' Turrach), BG 1, 3, 4, 7 vom Grauensteineck, NW' Flatnitz, FV 95 - 98 aus dem Turracher Karbon, 700 m S' Ort Turrach, FG 1 E' des Winterthaler Nocks und FV 61, 82 und 83 entstammen dem Königstuhl-Karbon vom Steinbachsattel.

Proben-Nr.	Mineral (Korngröße) [mm]	Rb [ppm]	<sup>87</sup> Rb [ppm]	Sr [ppm]	<sup>87</sup> Sr [ppm]	<sup>87</sup> Sr/ rad [%]	<sup>87</sup> Rb <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr <sup>86</sup> Sr	Einzel- alter [Ma]	Mineral- alter (korr. mit Ges.gest.) [Ma]
FV 100	Muskowit (0,15–0,25)	1047	296	4,95	0,93	67,9	704	6,0047	150	139 ± 2
FV 100	Feldspat (0,15–0,18)	208	58,8	29,7	2,49	18,7	20,6	0,8731	554	
FV 101	Muskowit (0,15–0,25)	1066	302	5,26	0,81	59,2	650	1,7426	112	91 ± 1
FV 101	Feldspat (0,15–0,18)	253	71,7	24,1	2,16	24,5	31,2	0,9408	519	
FV 102	Muskowit (0,15–0,25)	1208	342	4,67	0,93	70,0	875	2,3727	134	119 ± 2
FV 103	Muskowit (0,15–0,25)	1014	287	4,89	0,80	61,8	671	1,8604	121	96 ± 4
FV 103	Feldspat (0,15–0,18)	236	66,7	21,5	2,01	27,9	32,7	0,9843	588	
BG 1	Muskowit (0,15–0,25)	1208	342	4,32	1,92	90,8	1370	7,6845	358	354 ± 7
BG 1	Muskowit (0,25–0,45)	1202	340	4,12	1,88	91,2	1460	8,0486	353	352 ± 4
OHG 2	Muskowit (0,15–0,25)	1045	296	6,07	1,13	67,6	573	2,1924	182	162 ± 3
FV 82	Muskowit (0,15–0,25)	1091	309	4,15	1,81	90,5	1270	7,4728	373	370 ± 8
FV 95	Muskowit (0,15–0,25)	809	229	4,51	1,43	84,0	712	4,4414	368	364 ± 7

Tab. 2: Rb/Sr-Daten von separierten Mineralen aus Bundschuh-Orthogneisen (FV 100–103, BG 1, OHG 2) und Orthogneise-  
röllen (FV 82, FV 95), Fundpunkte siehe Tab. 1.

## 9. Literaturverzeichnis

- BRANDNER, R.: „Südalpines Anis“ in den Lienzer Dolomiten (Drauzug). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21, 143–162, Innsbruck 1972.
- CLAR, E.: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. – Verh. Geol. B.-A., Sdh. G, 11–35, Wien 1965.
- DASCH, E. J.: Strontium isotopes in weathering profiles, deep sea-sediments and sedimentary rocks. – Geochim. Cosmochim. Acta, 33, 1521–1552, 1969.
- EXNER, CH.: Staurolith und Polymetamorphose im Umkreis der östlichen Hohen Tauern. – Verh. Geol. B.-A., 1967 (1–2), 98–108, Wien 1967.
- Zur Petrographie von Gneisgeröllern im Karbon von Nötsch (Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., 126 (2), 215–217, Wien 1983.
- FOLK, R. L.: Petrology of sedimentary rocks. – 182 S., Austin, Texas (Hemphill Publ. Comp.) 1974.
- FRANK, W.: Argumente für ein neues Entwicklungsmodell des Ostalpins. – Jber. 1982, Hochschulschwerpkt. S 15, 249–262, Graz 1983.
- FRIMMEL, H.: Kristallin- und strukturgeologische Untersuchungen im Raume westlich von Turrach (Steiermark/Salzburg) mit besonderer Berücksichtigung von Kristallin-Geröllern im Oberkarbon-Konglomerat der Gurktaler Decke. – Unveröff. Vorarbeit, Geol. Inst. Univ. Wien, II + 151 S., 74 Abb., 9 Tab., 3 Beilg., Wien 1984.
- FRITZ, A. & BOERSMA, M.: Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1983, Beitrag 4. – Carinthia II, 1973/93, 27–41, Klagenfurt 1983.
- HARA, J., PAULITSCH, P. & HIDE, K.: An Estimation Method of Velocity of Orogenic Movement. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 151, 58–72, Stuttgart 1976.
- HAWKESWORTH, C. J.: Rb/Sr Geochronology in the Eastern Alps. – Contr. Min. Petr., 54, 225–244, Berlin etc. (Springer) 1976.
- HOLDHAUS, K.: Über den geologischen Bau des Königstuhlgebietes in Kärnten. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 14 (1921), Wien 1922.
- Neue Untersuchungen über den geologischen Bau des Königstuhlgebietes in Kärnten. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 25 (1932), Wien 1933.
- JONGMANS, W.: Paläobotanische Untersuchungen im österreichischen Karbon. – Berg- u. hüttenmänn. Mh., 86, 97–104, Wien 1938.
- KRAINER, K.: Sedimentologische Untersuchungen an permischen und untertriadischen Sedimenten des Stangalm-Mesozoikums (Kärnten/Österreich). – Jb. Geol. B.-A., 127 (2), 159–179, Wien 1984.
- LIEGLER, K.: Zur Geologie des zentralalpiner Mesozoikums im Bereich nördlich von Bad Kleinkirchheim/Kärnten. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 183 S., Wien 1973.
- LISTER, G. S., PATERSON, M. S. & HOBBS, B. E.: The simulation of fabric development in plastic deformation, and its application to quartzite. The model. – Tectonophysics, 45, 107–158, Amsterdam 1978.
- & PRICE, G. P.: Fabric development in a quartz-feldspar mylonite. – Tectonophysics, 49, 37–78, Amsterdam 1978.
- PISTOTNIK, J.: Bericht 1976 über geologische Aufnahmen im Kristallin, Meso- und Paläozoikum auf Blatt 183, Radenthein (Gurktaler Alpen). – Verh. Geol. B.-A., 1977/1, 146–147, Wien 1977.
- SCHWINNER, R.: Geologische Aufnahmen bei Turrach (Steiermark). – Verh. Geol. B.-A., 1932, Wien 1932.

- STEIGER, R. H. & JÄGER, E.: Subcommission on Geochronology: Convention on the Use of Decay Constants in Geo- and Cosmochronology. – *Earth Plan. Sci. Lett.*, 36, 359–362, Amsterdam 1977.
- STOWASSER, H.: Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). – *Jb. Geol. B.-A.*, 99(1), 75–199, Wien 1956.
- THÖNI, M.: Der Einfluß der kretazischen Metamorphose im Westabschnitt der ostalpinen Einheit: Interpretation geochronologischer Daten. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 28, 17–34, Wien 1982.
- TOLLMANN, A.: Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchung des zentralalpinen Mesozoikums. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 10, 1–62, Wien 1959.
- Ostalpensynthese. – VIII + 256 S., Wien (Deuticke) 1963.
  - Die Bedeutung des Stangalm-Mesozoikums in Kärnten für die Neugliederung des Oberostalpins in den Ostalpen. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 150, 19–43, Stuttgart 1975.
  - Geologie von Österreich. Band 1. Die Zentralalpen. – XVI + 766 S., Wien (Deuticke) 1977.
- VON GOSEN, W., HAIGES, K.-H., NEUBAUER, F., PISTOTNIK, J. & THIEDIG, F.: Die tektonischen Baueinheiten am Nord- und Westrand der Gurktaler Decke (Österreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, 127(4), 693–699, Wien 1985.

Manuskript eingelangt am 12. 06. 1985,  
Manuskript angenommen am 30. 08. 1985.

GEBIRGSSPANNUNGSMESSUNGEN IM ISCHLER SALZBERG,  
OBERÖSTERREICH

von

Franz KOHLBECK\*  
Roman LAHODYNSKY\*\*  
Adrian E. SCHEIDEGGER\*\*\*

mit geologischen Profilen von

Josef SCHADLER †

mit 6 Abb., 1 Tab. und 2 Beilagen

Anschriften der Autoren:

- \* Doz. Dipl.-Ing. Dr. Franz Kohlbeck,  
Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik,  
der TU Wien
- \*\* cand. geol. Roman Lahodynsky,  
Institut für Geologie der Universität Wien
- \*\*\* o. Prof. Dipl. phys. Dr. Adrian E. Scheidegger,  
Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Abteilung Geophysik,  
der TU Wien

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	32	S. 67–77	Wien, 1986
---------------------------------------	----	----------	------------

## Inhalt

1. Zusammenfassung, Summary . . . . .	68
2. Einleitung . . . . .	68
3. Geologisch-tektonischer Überblick . . . . .	70
4. Diapirismus und Tektonik . . . . .	70
5. Ausführung der in situ-Spannungsmessungen . . . . .	71
6. Gesteinsphysikalische Untersuchungen . . . . .	72
7. Finite Element Rechnung . . . . .	74
8. Literaturverzeichnis . . . . .	76

### 1. Zusammenfassung

Im Ischler Salzberg (Oberösterreichisches Salzkammergut) wurden unter einer Überlagerung von 510 m in massivem Oberjurakalk in situ Gebirgsspannungsmessungen ausgeführt. Diese ergaben eine mit  $48^\circ$  gegen NNW geneigte Hauptdruckspannungsrichtung mit dem Betrag von 13,6 MPa. Zwar läßt die Finite Element Rechnung auch ein Zurückführen der auftretenden Spannungen auf die Wirkung des Haselgebirges zu, die gegenüber der Rechnung erhöhten Meßwerte werden jedoch besser mit einem aktiven tektonischen Geschehen – anhaltende Einengung des alpinen Deckengebäudes – interpretiert.

### Summary

In situ stress measurements have been made in a mine in the Ischler Salzberg (Upper Austria) beneath an overburden of 510 m; the rock was massive Upper Jurassic limestone. These measurements yielded a principal compression oriented toward the NNW and plunging  $48^\circ$  in that direction; its absolute value was 13.6 MPa. Although finite-element calculations would permit the view that the observed stresses are the result of a rising of the surrounding argillaceous salt-rock (Haselgebirge), an interpretation is preferable which ascribes the increased values (as compared to the calculation) to tectonic events involving an ongoing constriction of the Alpine nappe structure.

### 2. Einleitung

Ebenso wie Herdflächenlösungen von Erdbeben auf ein seismotektonisches Spannungsfeld schließen lassen, erhält man aus in situ-Gebirgsspannungsmessungen die Hauptspannungsrichtungen – wenn auch aus technischen Gründen nur in oberflächennahen Bereichen. Für das Erfassen von aktiven tektonischen Spannungen, mit denen sich die Wirkung der Auflast des Gebirges überlagert, ist eine günstige topographische Position der Meßstelle (ausreichender Abstand von der Erdoberfläche, Distanz zur Störungszonen) wichtig.

Die Spannungsmeßstelle, über die hier berichtet wird, befand sich im Bad Ischler Salzberg (Oberösterreichisches Salzkammergut, Nördliche Kalkalpen) im Niveau des

Lauffener Erbstollens unweit des Zentralschachtes. Es war dies die in weiterem Umkreis tiefstmögliche, in größter Entfernung zur freien Geländeoberfläche gelegene, leicht zugängliche und technisch versorgbare Stelle. Deren Seehöhe beträgt etwa 520 m, die vertikale Überlagerung ungefähr 510 m. Auf die Erdoberfläche projiziert liegt die Position der Meßstelle ca. 200 m südlich der Reinfalzatm (Abb. 1).

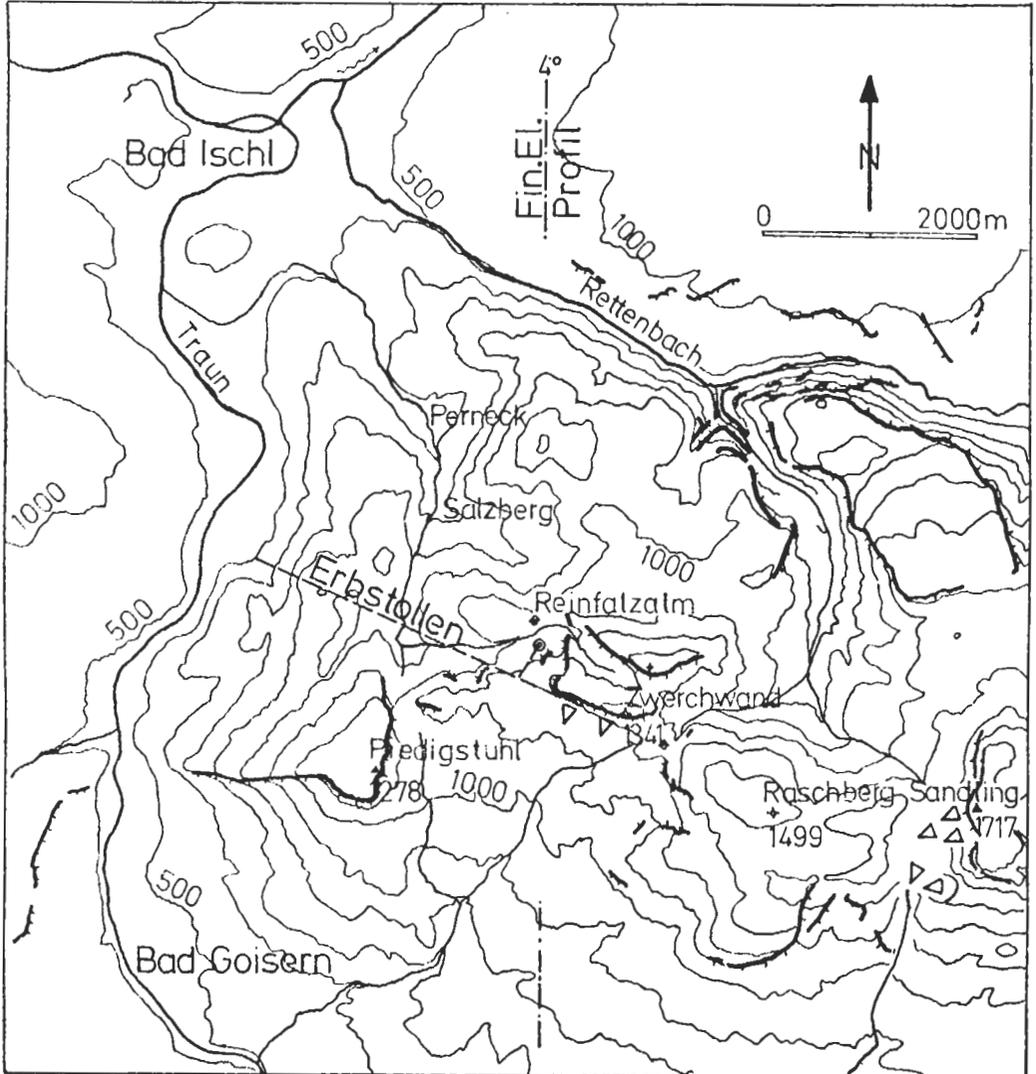


Abb. 1: Lage der Meßstelle SE von Bad Ischl und Verlauf der Finite Element Profile.

### 3. Geologisch—tektonischer Überblick

Die Bohrung für die Spannungsmeßzellen erfolgte nördlich des Ischler Salzstockes in massigem Tressensteinkalk des Malm. Etwa 250 m lotrecht darüber und ca. 150 m in Richtung SE setzt das Haselgebirge ein, das mit seinem Glanzschiefermantel diapirartig zur Geländeoberfläche bei der Reinfalzalme durchstößt. Darin eingekippt steckt die Zwerchwand, eine riesige Scholle aus Tressensteinkalk.

Ein sehr plastisches Bild der komplizierten Lagerungsverhältnisse vermitteln die detailreichen, auf Obertagskartierung und Stollenaufnahme basierenden, 1950 von Prof. Dr. Josef SCHADLER entworfenen geologischen Schnitte (Beilage I und II). Da deren räumlicher Eindruck von keiner geologischen Karte dieses Gebietes vermittelt werden kann, und J. SCHADLER selbst seine Aufnahmen nicht veröffentlicht hat, möchten wir trotz neuerer Aufnahmen dieses Zeugnis geologischer Beobachtung zur Erinnerung an einen großen Geologen Oberösterreichs zugänglich machen. SCHADLER (1949) nimmt an, daß die Hangendschichtglieder der Totengebirgsdecke durch den Nordschub der juvavischen Baueinheit aufgeschleppt wurden, und bezeichnet sie als Salzrandschuppen. Nach MAYRHOFER (1955) zeigen Mylonitstriemen einen Schub gegen NNE an. Er hält jedoch die relative Autochthonie des Salzgebirges für wahrscheinlich. Eine deckentektonische Gliederung der Hallstätterzone in eine „Untere und Obere Hallstätter Decke“ (MEDWENITSCH, 1958) widerlegen die Verzahnungen von mergelreicher Becken- und kalkreicher Schwellenausbildung (WEIGERT, 1971). Die relative Autochthonie der Hallstätter Zone belegt SCHÖLLNBERGER (1974) mit der Verzahnung von Dachsteinriffkalken und Zlambachmergeln am Totengebirgssüdrand. SCHÄFFER (1975) erklärt die heutigen Lagerungsverhältnisse als Ergebnis frühalpiner Eingleitungen im Lias. MANDL (1980) tritt für ein noch jüngeres Alter der Gleittektonik aufgrund der Radiolarit-Brekzienfolge im Oxford ein. SCHÄFFER (1976) gibt einen Überblick über die tektonischen Ereignisse im Salzkammergut – von synsedimentären Spalten ab der Mitteltrias über die Gleittektonik im Jura, ausgehend von durch Salzdiapirismus hervorgerufenen Aufwölbungszonen, bis zu Deckenüberschiebungen von über 10 km.

### 4. Diapirismus und Tektonik

Auf das diapirartige Aufdringen der alpinen Salzstöcke wird schon sehr früh hingewiesen. POSEPNY (1871) spricht von „salinaren Eruptionerscheinungen“, wobei die Salinarkörper an geotektonischen Linien hervordringen und das Hangende auftreiben, durchbrechen und überkippen.

AIGNER (1904) betont die „präalmische, kuppenförmige Wölbung der Hallstätter Schichten“, LEHMANN (1928) bezeichnet die „allseitige, kräftige Aufwölbung der Sandlinggruppe“ als jüngste Bewegung.

Nach blockförmigem Nordschub des kalkalpinen Deckenstapels kommt es im Jungtertiär zum Aufleben alter Bewegungsbahnen (PLÖCHINGER, 1980). Diese in Verbindung mit der alpidischen Orogenese entstandenen Bruchstörungen sieht WEIGERT (1971) als aus synsedimentären, salinar beeinflussten Anlagen entwickelt an. Hingegen kommt nach SCHAUBERGER (1955) erst von der jungtertiären Bruchtektonik der Hauptimpuls für die Diapirbildung. Der Aufstieg der Salzdiapire erfolgte nach SCHADLER (1949) am Schnittpunkt von W–E bis NW–SE verlaufenden

Schwächezonen des Gebirgsbaues mit SW–NE in das Tote Gebirge hineinstreichenden Störungen. SCHADLER (1949) sieht den Salzaufstieg in den alpinen Gebirgsbau eingefügt, weist auf regelmäßige tektonische Linienzüge hin (1951) und erahnt bereits in seinen Profilserien (1950) gleittektonische Vorgänge.

Nach den bei der Kohlenwasserstoffexploration gewonnenen Untersuchungsergebnissen sind viele Störungen und Lineamente relativ spät entstanden und vom kristallinen Untergrund beeinflußt, so z. B. die Wolfgangseestörung. Nach TOLLMANN (1977) prägt sich das Bruchstrukturnetz der Böhmisches Masse vom Untergrund der Molassezone bis in die Nördlichen Kalkalpen durch. Bruchtektonische Lineamente streichen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes am häufigsten in den Richtungen WNW–ESE und NNE–SSW. Diese Orientierungsmaxima dominieren in den gesamten Nördlichen Kalkalpen (BUCHROITHNER, 1982). Der Richtungsverlauf der größten Hauptspannung in der Winkelhalbierenden dieses konjugierten Störungspaares wird neben einer schwachen seismischen Aktivität als ein Hinweis auf aktive Scherbeanspruchung angesehen.

### 5. Ausführung der in situ – Spannungsmessungen

Die Durchführung der Spannungsmessungen erfolgte nach dem Bohrkernentlastungsverfahren mit Triaxialzellen der Bauart CSIR. Diese Meßmethode wurde von LEEMANN (1968, 1969) entwickelt und ist seither in vielen Ländern erprobt worden (VAN HEERDEN, 1976). In Österreich gelangte sie unter anderem in Fohnsdorf (KOHLBECK, 1979), Bleiberg (KOHLBECK & SCHEIDEGGER, 1981) und Fulpmes (KOHLBECK & LAHODYNSKY, 1982) zur Anwendung.

Bei diesem Verfahren wird ein Bohrloch von 37 mm  $\phi$  gebohrt und darin eine Triaxialzelle mit drei Rosetten zu je 4 Dehnmeßstreifen (DMS) an die Bohrlochwand geklebt. Mit einer konzentrischen Bohrung von 101 mm  $\phi$  wird der nunmehrige Gesteinszylinder samt Meßzelle entnommen. Infolge der Entlastung vom Gebirgsdruck dehnt sich der Hohlzylinder aus. Diese Dehnung wird mit den Meßstreifen gemessen (Abb. 2). In nachfolgenden Laborversuchen werden die Verformungsmoduli des Gesteins bestimmt. Mit nun bekanntem Elastizitätsmodul und bekannter Querszahl wird unter Anwendung des Hookeschen Gesetzes aus den in situ bestimmten Dehnungen des Zylinders der Spannungszustand des Gebirges errechnet.

Die Spannungsmessungen erfolgten in einem Seitenstollen in Verlängerung des Zubaus vom Erbstollen (Abb. 3). Die Bohrlochachse war N18E gerichtet. Die größte Bohrlochteufe betrug 11,23 m. Insgesamt wurden 13 Zellen gesetzt, von denen jedoch nur 8 eine ausreichend gute Klebung der Meßstreifen an der Bohrlochwand aufwiesen. Als Ursache für das teilweise Versagen der Klebung konnte ein erhöhter Porenwasserdruck nachgewiesen werden. Erst ein wesentlich erhöhter Anpreßdruck auf die Rosetten während der Klebung führte zu befriedigenden Ergebnissen. Die Meßwerte der 8 Zellen wurden gemittelt und daraus der Spannungstensor errechnet. Daraus ergibt sich, daß die größte und die mittlere Hauptspannung etwa gleich groß sind und rund 13 MPa (= Mega-Pascal) betragen; die kleinste Hauptspannung ist 7 MPa groß. Fallrichtung und Fallwinkel sind 075/19 für die kleinste und 341/48 für die größte Hauptnormalspannung (Abb. 3).

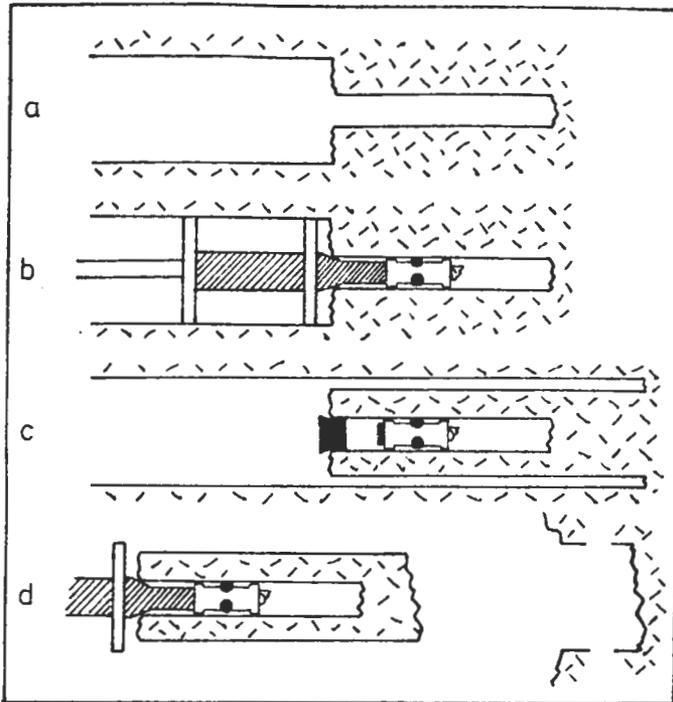


Abb. 2: Prinzip der Spannungsmessung mit Triaxialzellen nach der Bohrkernentlastungsmethode: a) Kernbohrung 101 mm  $\phi$  und Pilotloch 37 mm  $\phi$ ; b) Setzen der Triaxialzelle, Klebung der Rosetten an der Bohrlochwand und Nullmessung; c) Abdichten des Pilotloches, Entspannung um die Meßzelle durch Überbohren; d) Wiederholungsmessung

## 6. Gesteinsphysikalische Untersuchungen

Für die Ermittlung der Elastizitätskennwerte wurden die erbohrten Hohlzylinder senkrecht zur Bohrlochachse geschnitten und die Endflächen plan geschliffen. Die Belastung dieser Probekörper erfolgte in Achsrichtung in Stufen mit nachfolgender Entlastung. Die Verformungen wurden mit den auf der Innenseite des Hohlzylinders in situ geklebten Triaxialmeßzellen gemessen. Zur Kontrolle wurden zusätzlich an der äußeren Zylinderoberfläche in radialer Verlängerung zu den innen anliegenden Rosetten Dehnmeßstreifen in Richtung der Erzeugenden geklebt. Es wurde erwartet, daß die am Zylinder außen und innen gegenüberliegenden DMS die gleichen Verformungswerte aufweisen würden. Es zeigten sich jedoch beträchtliche Unterschiede. Während die Mittelwerte gut übereinstimmten, differierten die Einzelwerte bis zu 30 %. Aus den Dehnungen der Innenseite wurden zu jeder Rosette die Hauptverformungen errechnet. Es zeigte sich, daß die Richtungen der größten Verformung bis zu  $14^\circ$  von

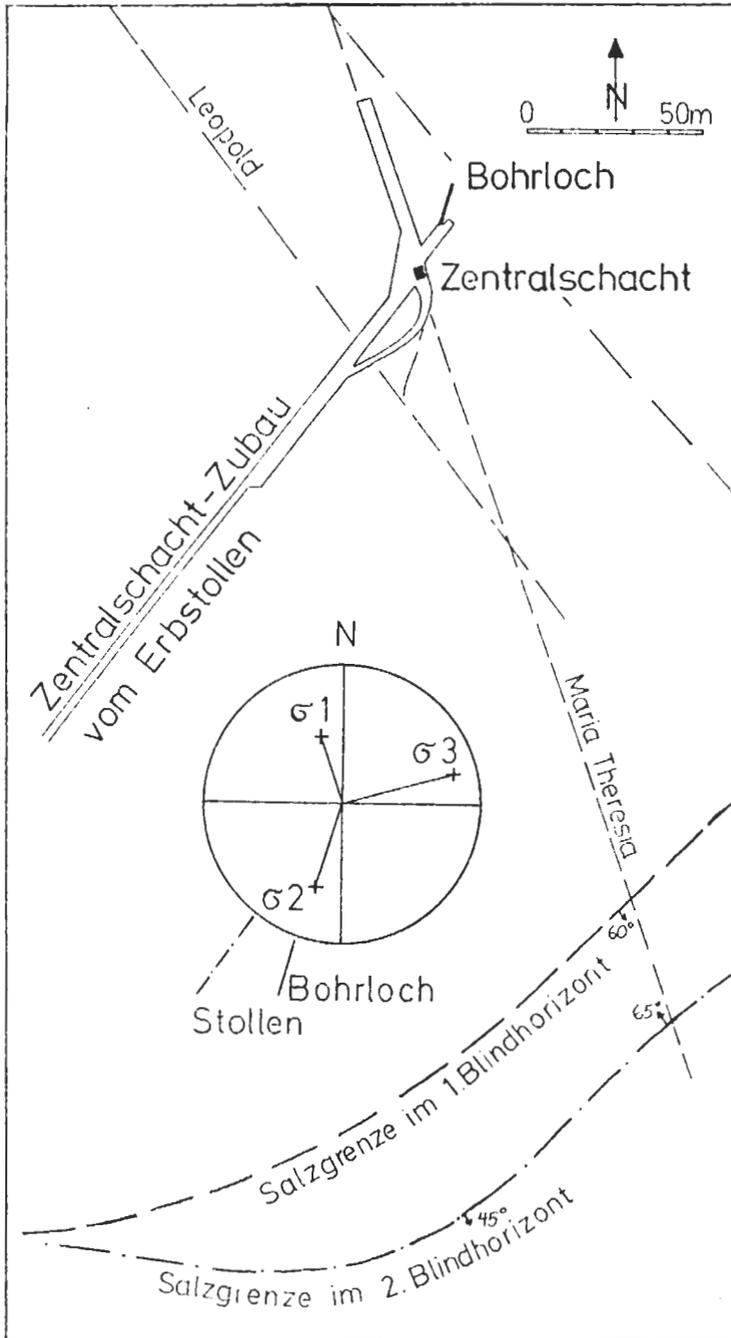


Abb. 3: Position des Bohrloches für die Spannungsmessung mit Triaxialzellen und Hauptachsen des Spannungstensors in Lambert'scher Projektion.

der Erzeugenden abweicht. Aus den Werten aller drei Rosetten ergab sich jedoch die Beanspruchungsrichtung in der Prüfmaschine auf  $2^\circ$  genau mit einer einzigen Ausnahme von  $8^\circ$ . Aus dem geschilderten Verhalten im einachsigen Druckversuch kann geschlossen werden, daß die erbohrten Gesteinszylinder keine homogenen elastischen Körper darstellen, die Inhomogenitäten jedoch eine sinnvolle Spannungsberechnung keineswegs beeinträchtigen. Der Spannungs–Stauchungsverlauf der Proben ist in Abb. 4 dargestellt. Die Einzelwerte der Verformungsmodule lagen zwischen 49 und 58 GPa (= Giga Pascal), der Mittelwert beträgt 55 GPa. Die Messungen an der Zylinderaußen-seite ergaben um 6 GPa höhere Werte. Für die Querdehnungszahlen ergaben sich Werte zwischen 0,17 und 0,35; der Mittelwert betrug 0,26.

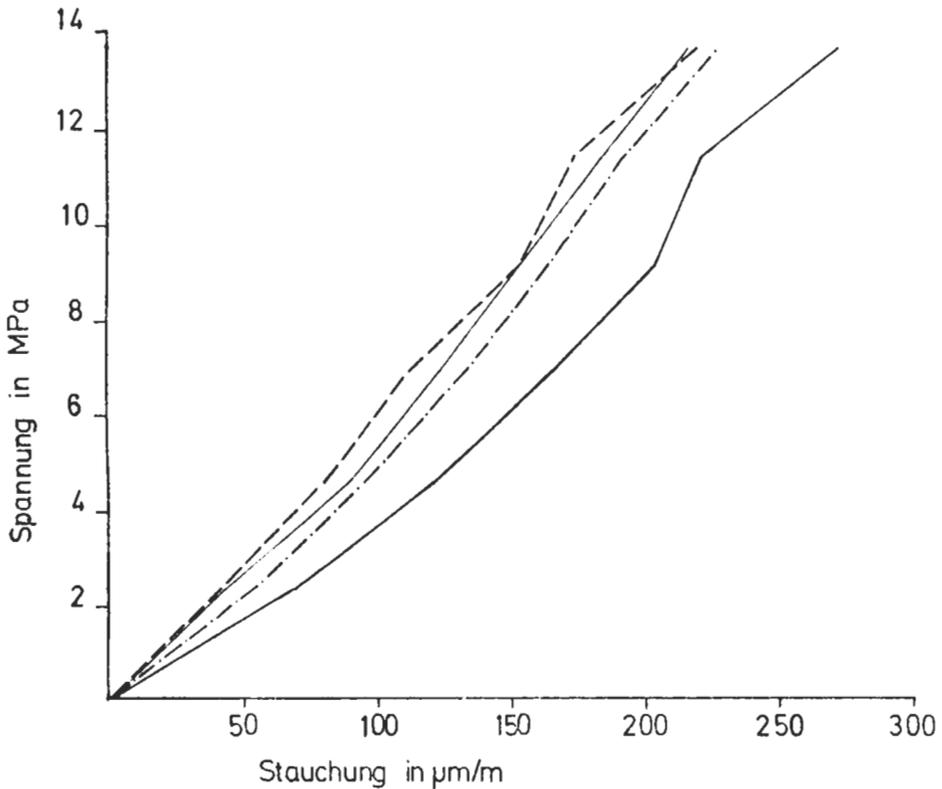


Abb. 4: Spannungs–Stauchungsdiagramm von vier Gesteinszylindern.

#### Finite Element Rechnung

Zur Beurteilung des in situ vorgefundenen Spannungszustandes wurden noch vergleichende Rechnungen nach der Methode der Finiten Elemente durchgeführt. Es wurde dabei angenommen, daß das Gebirge unter Eigenlast auf einer starren Ebene

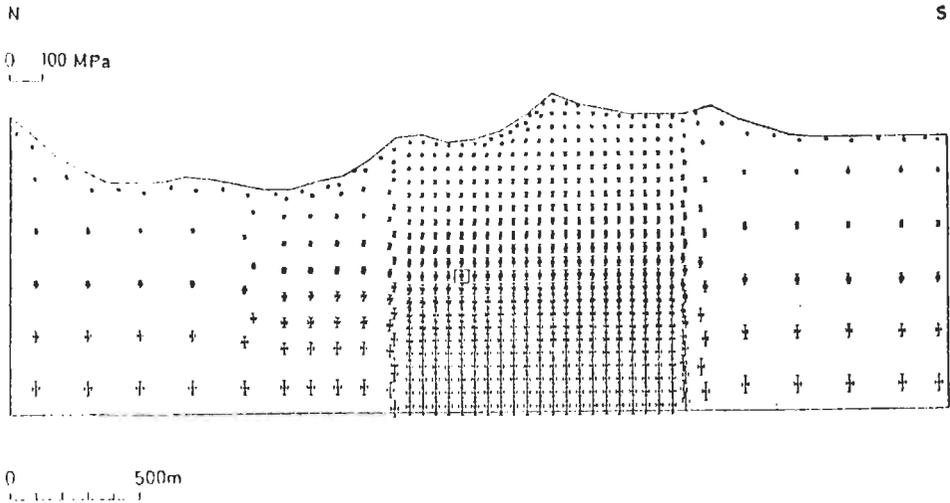


Abb. 5: Finite Element Rechnung ohne Berücksichtigung des geologischen Baues.

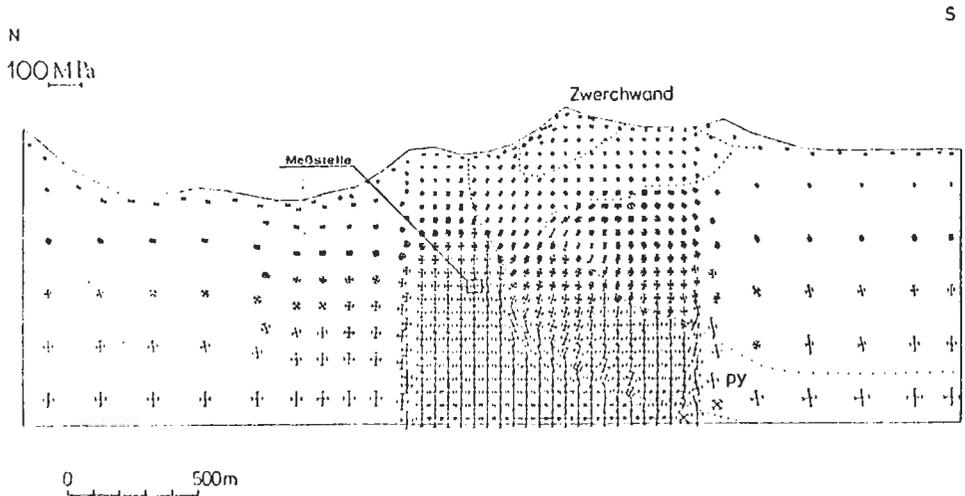


Abb. 6: Finite Element Rechnung unter Berücksichtigung der verschiedenen technischen Gesteinseigenschaften.

auf Meeresniveau ruht. Die Rechnungen wurden zweidimensional als ebener Verformungszustand ausgeführt. Abbildung 5 zeigt den so errechneten Spannungszustand des Gebirges bei einheitlichem E-Modul von 56 GPa und einer Poissonzahl von 0,3.

Abbildung 6 zeigt den Spannungszustand aufgrund eines geologischen Profiles von J. SCHADLER unter Berücksichtigung des Haselgebirges. Für dieses wurde ein E-Modul von 2 GPa und eine Poissonzahl von 0,45 angenommen. Deutlich ist zu erkennen, daß bedingt durch das Haselgebirge zusätzliche horizontale Gebirgsspannungen auftreten. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich zwischen horizontalen und vertikalen Spannungen in situ und nach der Finite Element Rechnung. Es besteht keine vollständige Übereinstimmung, da die Finite Element Rechnung nur grob vereinfachend ist und Gleitungen sowie plastische Verformungen nicht berücksichtigt. Die kleinste Hauptspannung streicht parallel zum Haselgebirge, sodaß der gefundene Spannungszustand auch alleine dem Haselgebirgsaufstieg zugeschrieben werden kann. Die erhöhten Werte für die Horizontalspannungen in situ können jedoch auch ein Hinweis auf ein vorhandenes Spannungsfeld sein.

Tabelle 1  
gemessen und berechnete Spannungen in MPa

	$\sigma$ horizontal	$\sigma$ vertikal
in situ	13,6	13,1
Fin. Element mit Haselgebirge	11	16
Fin. Element ohne Haselgebirge	5	14

#### Dank

Der „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“ ermöglichte durch einen Finanzierungsbeitrag (Projekt Nr. 3887) diese Arbeit. Die Generaldirektion der Österreichischen Salinen gestattete die Messungen im Lauffener Erbstollen, das Rechenzentrum der TU Wien stellte kostenlose Rechenzeiten zur Verfügung. Bei den Bohrarbeiten wurden die Autoren von den Kollegen Nan-Shan AI und Sepp Werner ROTH unterstützt.

#### 8. Literaturverzeichnis

- AIGNER, A.: Über den Kaiser Franz Erbstollen in Ischl. – Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., 119–132, Graz 1904.
- BUCHROITHNER, M.: Computer-aided evaluation of the major fracture pattern in Austria, derived from Landsat Data. – Jahrb. Geol. B.-A., 125, 219–271, Wien 1982.
- HEERDEN, W. L. v.: Practical application of the CSIR triaxial strain cell for rock stress measurements, [In]: BIENIAWSKI (ed): Sympos. on Explor. for Rock Engineer, Johannesburg, 189–194, Balkema, Kapstadt & Rotterdam 1976.
- KOHLBECK, F.: In situ Spannungsmessungen im Tertiärbecken von Fohnsdorf,

- Berg- und Hüttenmänn. Mh., 124, 367–376, Wien 1979.
- & LAHODYNSKY, R.: Spannungsmessungen im Ruetzstollen der österreichischen Bundesbahnen (Stubai Alpen). – ÖIZ, Jg. 127, H. 9, 320–327, Wien 1982.
- & SCHEIDEGGER, A. E.: Gebirgszustand und neotektonische Spannungen im Gebiet des Bergbaues von Bleiberg, Kärnten. – Rock Mech., 14, 1–25, Wien 1981.
- KRÖLL, A., SCHIMUNEK, K. & WESSELY, G.: Ergebnisse und Erfahrungen bei der Exploration in der Kalkalpenzone in Ostösterreich. – Erdöl–Erdgas Z., 97, 134–148, Hamburg und Wien 1981.
- LEEMANN, E. R.: The determination of the complete state of stress in rock in a single borehole – laboratory and underground measurements. – Int. Journ. Rock Mech. and Min. Sci., 5, 31–56, Oxford 1968.
- The "doorstopper" and triaxial rock stress measuring instruments developed by the CSIR. – Journ. South Afr. Inst. Min. & Metall., 69, 305–339, Johannesburg 1969.
- LEHMANN, O.: Die Oberflächengestaltung der österreichischen Alpen. [In:] LEITMEIER (Ed.): Die österreichischen Alpen, 84–108, Wien (Deuticke) 1928.
- MANDL, G.: Zur Geologie der Ischl–Ausseer Hallstätter Zone W' des Raschberges, und ihres Nordrahmens N' von Raschberg und Sandling (Salzkammergut, Österreich). – Unveröff. Vorarbeit, Geol. Inst. Univ. Wien, Wien 1980.
- MAYRHOFER, H.: Beiträge zur Kenntnis des alpinen Salzgebirges. – Zeitschr. dt. geol. Ges., 105, 752–775, Hannover 1955.
- MEDWENITSCH, W.: Die Geologie der Salzlagerstätten Bad Ischl und Altausse (Salzkammergut). – Mitt. Geol. Ges. Wien, 50, 133–200, Wien 1958.
- PLÖCHINGER, B.: Die Nördlichen Kalkalpen. [In:] Geol. B.-A. (Ed.): Der Geologische Aufbau Österreichs, 218–264, Wien (Springer) 1980.
- POSEPNY, F.: Studien aus dem Salinengebiet Siebenbürgens. – Jb. K. u. K. Geol. R.-A., 21, 475–516, Wien 1871.
- SCHADLER, J.: Die Ergebnisse der geologischen Neukartierung im Gebiete des Ischler und Ausseer Salzberges. – Berg- und Hüttenmänn. Mh., 94, 56–60, Wien 1949.
- Das Salzkammergut. [In:] Geol. B.-A. (Ed.): Geologischer Führer zu den Exkursionen. – Verh. Geol. B.-A., Sdh. A, 49–64, Wien 1951.
- SCHAUBERGER, O.: Gebirgsdruckerscheinungen im alpinen Haselgebirge. – Gebirgsdrucktagung, 138–140, Leoben 1950.
- Zur Genese des alpinen Haselgebirges. – Zeitschr. dt. geol. Ges., 105, 736–751, Hannover 1955.
- SCHÄFFER, G.: Geologische Aufnahme auf Blatt 96, Bad Ischl. – Verh. Geol. B.-A., 1975, A 67–69, Wien 1975.
- Einführung zur Geologischen Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 96, Bad Ischl. [In:] Geol. B.-A. (Ed.): Arbeitstagung der Geol. B.-A., 1976, 6–26, Wien 1976.
- SCHÖLLNBERGER, W.: Die Verzahnung von Dachsteinkalk – Fazies und Hallstätter Fazies am Südrand des Toten Gebirges (Nördliche Kalkalpen). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 22, 95–153, Wien 1974.
- TOLLMANN, A.: Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 153, 1–27, Stuttgart 1977.
- WEIGERT, U.: Zur Geologie der Hallstätter Zone östlich von Bad Goisern (Oberösterreich). – Unveröff. Diss., Phil. Fak. Univ. Wien, 146 S., Wien 1971.





# Photogeologie und Bruchtektonik des Totengebirgsplateaus

von

R. SCHWINGENSCHLÖGL

mit

13 Abb., 2 Beil., 1 Karte

Schlüsselwörter:

Nördliche Kalkalpen

Totes Gebirge

Photogeologie

Bruchtektonik

Kluftstatistik

Spannungszustand

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Oberass. Ing. Dr. Rudolf Schwingenschlögl

Universität für Bodenkultur

Institut für Bodenforschung und Baugeologie

Lehrkanzel für Baugeologie

Gregor Mendel-Straße 33

A-1180 Wien

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	32	S. 79–103	Wien, 1986
---------------------------------------	----	-----------	------------

## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung . . . . .	80
Summary . . . . .	81
2. Vorwort . . . . .	81
3. Einleitung und Problemstellung . . . . .	82
4. Geographische und geologische Position . . . . .	82
5. Forschungstätigkeit seit dem Jahre 1884 . . . . .	82
6. Lithologie des Aufnahmegebietes . . . . .	83
7. Bruchtektonik . . . . .	83
7.1. Methodik . . . . .	83
7.2. Klufstatistik und Spannungszustand . . . . .	84
7.3. Großstörungen im einzelnen . . . . .	86
7.3.1. Wildensee-Lineament . . . . .	86
7.3.2. Lahngangsee/Elmsee-Lineament . . . . .	88
7.3.3. Rotkogel-Lineament . . . . .	88
7.3.4. Klinserscharte-Lineament . . . . .	89
7.3.5. Toplitzsee-Lineament . . . . .	89
7.3.6. Sidelkogel-Lineament . . . . .	89
7.3.7. Tauplitzalm-Lineament . . . . .	90
7.3.8. Salzsteigjoch-Lineament . . . . .	90
7.4. Liasspalten im Gesamtsystem . . . . .	91
8. Photolineamente und ihre Bedeutung für die Geologie . . . . .	93
9. Höhlen- und Talbildung . . . . .	94
9.1. Raucherkarhöhlsystem . . . . .	95
9.2. Almberg-Höhle . . . . .	95
9.3. Hüttstatt-Höhle . . . . .	95
9.4. Salzofen-Höhle . . . . .	98
9.5. Elmhöhlsystem . . . . .	99
10. Totes Gebirge – Dachstein . . . . .	99
11. Literatur . . . . .	101

## 1. Zusammenfassung

Die photogeologische Analyse des Hochplateaus der Totengebirgs-Decke, die Erfassung des Störungsmusters, die Anlage und Richtungsverteilung von Liasspalten sowie die Ermittlung des Spannungszustandes im Tertiär (s. G. REIK, 1985, S. 101 ff.), waren die Hauptfragen in diesem Gebirgsabschnitt der Nördlichen Kalkalpen.

Es wird versucht, an einigen bedeutenden Störungen anhand der Begleitbruchanordnung Hinweise auf den Relativverschiebungssinn zu erhalten.

Aufschlußreich war die Tatsache, daß ähnlich wie im Dachsteinmassiv, auch im Toten Gebirge das gekreuzte Scherflächensystem nahezu identisch mit der liassischen Spaltenanordnung ist.

Einige Satellitenbildlineamente wurden mit Hilfe der Luftbildgeologie und Geländebegehungen kritisch überprüft.

Eine interessante Erkenntnis war, daß die Höhlensysteme fast durchwegs eine gute Übereinstimmung mit der lokalen Bruchtektonik aufweisen.

In der Gegenüberstellung: Totes Gebirge und Dachstein, werden die mutmaßlichen Gründe für die abweichende Ausbildung von Liasspaltenrichtungen und tertiärem Scherflächensystem in beiden Gebirgsstöcken angegeben.

### Summary

The analysis of photogeological lineations of the plateau surface at the Totengebirge nappe was the important question furthermore the recognizing and mapping of the linear fractures and their patterns. The determination of the stress condition (after G. REIK, 1985, p. 101–106) laid on in the Tertiary in this segment of the Northern Calcareous Alps was also investigated.

It will be try to get some informations of the displacement direction at some significant faults.

In fact, it is instructive the conjugate sets of intersecting diagonal joints are identical nearly with the pattern of Liassic infilled fissures.

A few of satellite lineations were revised critical by means of the photogeology and reconnaissance studies.

It was an interesting acknowledgement to see the good conformity between the cave systems and the local fracture tectonics.

In an opposition: Totes Gebirge and Dachstein, both in the middle part of the Northern Calcareous Alps is given to explain the probable reasons at the divergent development between the directions of Liassic fissures and the tertiary pair of shear planes.

## 2. Vorwort

Der vorliegenden Arbeit geht eine in den Jahren 1980 und 1981 durchgeführte Geländetätigkeit voraus, welche durch die schwierigen topographischen Verhältnisse und das oftmals sehr launenhafte Wetter geprägt war.

Grundlage für diese Arbeit bilden die AV-Karten 1 : 25.000, Totes Gebirge: 15/1 und 15/2. Durch die ausgezeichnete Felsdarstellung und Karstoberflächenzeichnung wurden diese Karten als Unterlage für die Luftbildkartierung verwendet. Für die Genehmigung zur Veröffentlichung danke ich dem Österreichischen Alpenverein.

Die dazu notwendigen Luftbilder, der Bildstreifen: 79/2457–2462, 79/2439–2446, 68/4986–4989, 68/5080–5083, 74/1384–1388, 74/1390–1394, 68/1246–1253, 79/2467–2473, 68/1297–1301, 74/1272–1276, 74/1317–1321, 79/2488–2482 und 79/2497–2501, vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme), wurden mir von der ÖMV-Aktiengesellschaft, Ressort Geologie, in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

Bei meiner Frau bedanke ich mich recht herzlich, daß sie in schwierigerem, unwegsamem Gebiet wacker mitgehalten hat und so die Datenermittlung im Gelände beschleunigte. Meinem Vater, Herrn Rudolf Schwingenschlögl, danke ich für so manche mühsame Begehung und die Anfertigung der zahlreichen Farbfotos sowie seinem Verständnis, diese Aufnahmen auch bei Regen und Schneefall fortzuführen – ihm sei diese Arbeit gewidmet!

### 3. Einleitung und Problemstellung

Das Tote Gebirge im Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen mit seinen beiden verschiedenen hohen Plateauflächen bildet den Rahmen für diese tektonisch-strukturelle Arbeit.

Die Erfassung des Störungsmusters und der Hauptstörungen waren die primären Fragen der photogeologischen Interpretation. Weiters wurde das Liasspaltensystem um den Rotkogelsattel genauer untersucht, um seine Anlage und Richtungsverteilung im Vergleich zu den übrigen bruchtektonischen Mustern zu beleuchten.

Weitere Fragen waren die Haupteinengungsrichtung, die auffälligen Talungen am Rande der westlichen und östlichen Hochfläche sowie ihre genetische Beziehung zu den im Toten Gebirge so zahlreich auftretenden Höhlensystemen.

### 4. Geographische und geologische Position

Der untersuchte Bereich liegt in den zentralen Kalkhochalpen und wird vom Meridian des Altausseer-Sees im Westen und dem des Salzsteigjoches im Osten begrenzt. Die markanten Nordabstürze und das Seengebiet des Grundlises, bzw. die Tauplitzalmen im Süden, vervollständigen diesen Rahmen (s. Beilage 4).

Der zentrale Plateaubereich ist in sich stark gegliedert, großflächig ohne nennenswerte Vegetationsbedeckung sowie überaus stark mit Dolinen, Schwinden, Schlucklöchern und tümpelartigen, im Hochsommer fast immer ausgetrockneten, kleinen Lacken übersät.

Geologisch gesehen liegt diese Hochfläche ganz im Tirolikum der Totengebirgsdecke. Teile der Hallstätter Zone und Warscheneckdecke bilden eine deutliche, morphologische Grenze im Abschnitt der Tauplitz- bzw. Steirer Seen.

### 5. Forschungstätigkeit seit dem Jahre 1884

Über das Tote Gebirge ist geologisch in jüngster Zeit eigentlich weniger geforscht worden als um die Jahrhundertwende und kurz danach.

Der wohl beste Kenner und eifrigste kartierende Geologe war G. GEYER. Von 1884 bis 1916 betrieb er unermüdlich seine Studien in diesem stark verkarsteten, sehr reizvollen Gebirgsabschnitt.

L. WAAGEN publizierte 1924 einen Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik. E. SPENGLER befaßte sich im gleichen Jahr mit der Entstehung des „Almfensters“ in den Grünauer Voralpen.

Der lokale Deckenbau und dessen besondere Eigenheiten im westlichen Toten Gebirge wurde von O. GANSS (1937) eingehend studiert.

Umfangreiche Erkenntnisse gewannen verschiedene geographisch ausgerichtete Bearbeiter. So hat J. LECHNER 1945 bis 1950 mehrere höhlenkundliche, geographische und karsthydrogeologische Artikel über das gesamte Plateau verfaßt.

K. EHRENBERG (1954) und H. TRIMMEL (1950) brachten wichtige Beiträge zur Späleogenese verschiedener Höhlen im Toten Gebirge.

Die Tektonik im Südostteil des Toten Gebirges versuchte K. MURBAN (1953) zu entschlüsseln.

Eine Neubearbeitung der Juramulde vom Grünberg in der nordwestlichen Hochfläche lieferte W. PILLER (1972). Zur Frage der Karstentwässerung wurden einige groß angelegte Färbeversuche von V. MAURIN und H. ZÖTL (1964) und T. DINCER et al. (1972) vom zentralen Plateau (Elmsee) aus durchgeführt.

W. SCHÖLLNBERGER legte 1973 eine Arbeit vor, welche die Schichtfolge, die Faziesanordnung und die Tektonik am Toten-Gebirgssüdrand (Bereich Salzatal) behandelte.

## 6. Lithologie des Aufnahmegebietes

Der geschichtete, überaus megalodontenreiche Dachsteinkalk stellt den Hauptgesteinsanteil der gebirgsaufbauenden Elemente. Ungeschichteter Dachsteinriffkalk wird am Elm (2129 m, ca. 1,5 km S' der Pühringer Hütte), weiters W' und S' der Tragln sowie im Bereich des Traweng-Klotzes bis zum Steirersee angetroffen. Krinoidenreicher Hierlatzkalk tritt südlich der Lokalität „Die Zageln“ bis zum Rotkogelsattel als Spaltenfüllung, oft auch in flächenhaften, dünnen, blaßrosa bis hellgrauen, ja oft weißen Überzügen auf dem Dachsteinkalk liegend auf. Liassischen Spatkalk findet man außerdem, mit Ausnahme an den von G. GEYER (1916) angegebenen Stellen, am Weg zum Rotgschirr (2246 m) und zwischen Weitgrubenkopf (2256 m) und Spitzmauer (2442 m) Mächtige Juraauflagerungen im Abschnitt südlich der Linie A. Appel-Haus/Wildgössl (Salzofen) treten in dünnschichtiger Fazies zuerst als Radiolarite und dann als Oberalmer Schichten auf. Der Tressenstein- und Plassenkalktypus im Gebiet des Tressensteins selbst, dehnt sich nach Nordosten hin aus und liegt in massiger Form vor.

## 7. Bruchtektonik

### 7.1. Methodik

Nach dem Studium der ersten ausführlichen photogeologischen Arbeit von H. HOLZER (1964) im Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen (Dachsteinplateau), war es reizvoll für das etwas größere West- und Ostplateau des Totengebirgsstockes eine Luftbildinterpretation durchzuführen. Während H. HOLZER seine ermittelten Klüfte, Kluftgassen, Störungen u.ä.m. noch auf eine Karte ohne Isohypsen übertragen hatte, habe ich alle erkennbaren Fotolineamente in die topographische Grundlage der AV-Karte, 1 : 25.000, eingezeichnet.

Nach Reinzeichnung dieser Strukturdaten, wie: Störungen (s. Karte), Dolinengassen, Verwerfungen, Schichtköpfe (wenn möglich mit Fallrichtung und -winkel), weiters rezente Almböden, Schuttfächer, Bergsturzmaterial, rezente Rutschgebiete, auffälliger Gesteinswechsel (geschichtet oder massig) und Bergzerreißungserscheinungen, wurden diese Daten zunächst mit den Methoden der niederen Geodäsie, wie auch mittels der Morphologie, von Hand aus in die AV-Karte übertragen.

Die Kontrolle dieser manuell eingetragenen Strukturdaten aus dem Luftbild, bzw. von der Folie auf die 1 : 25.000 Karte, erfolgte mittels eines „Stereo ZOOM TRANSFER SCOPE“ von Bausch & Lomb. Das Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien (Vorstand: Univ.-Prof. Dr. H. Friesinger) ermöglichte mir die Benützung

dieses beinahe universell einsetzbaren Gerätes, wofür ich mich herzlich bedanke.

Sämtliche Luftbildlineamente und tektonischen Strukturen wurden so auf ihre Lagegenauigkeit überprüft, da bei diesem Gerät der entsprechende Ausschnitt der AV-Karte und das rechte oder linke Luftbild, aber auch beide gleichzeitig, bei noch stufenlos einstellbarer Beleuchtung, betrachtet werden können. Auch die Datenübertragung von Karte zu Karte oder von Luftbild zu Karte in verschiedenen Maßstäben, ist mit diesem TRANSFER SCOPE möglich.

Es steht nun eine photogeologische Karte mit einer genauen topographischen Unterlage zur Verfügung, was für praktische Fragestellungen von unschätzbarem Wert ist. Verschiedene Aspekte und Probleme der Karsthydrogeologie wie auch der Speläologie können somit sehr einfach im Gelände studiert und wiedergefunden werden.

Da bei einer Interpretation der vorgefundenen, aus dem Luftbild ausgewerteten Strukturen, eine Analyse des Bruchtektonikmusters folgen soll, ist die terrestrische, abschnittsweise Kontrolle unerlässlich. Zu diesem Zweck wurde die Totengebirgs-Hochfläche mit Ausnahme des Westens, von allen Himmelsrichtungen aus begangen, überquert und der östliche Plateauteil jeweils von Süden und von Norden etwa bis zur Mitte hin bewandert. Dabei wurden möglichst viele Strukturdaten (ss und K) eingemessen, um diese mit den Luftbildergebnissen vergleichen zu können. Außerdem mußten die großen Störungssysteme (s. Abb. 1 und 2), soweit diese zugänglich waren, auf ihre morphologische Wirksamkeit und ihr kleintektonisches Gefüge untersucht werden. Obwohl mir bewußt ist, daß man bei der Geländebegehung in einer Störungszone zu nahe am Objekt ist, muß der örtlichen Morphologie sowie verschiedenen Harnisch- oder Stylolithenrichtungen eine entscheidende Rolle zuerkannt werden.

## 7.2. Kluffstatistik und Spannungszustand

Die aus dem Luftbild erhaltenen Störungen und Großklüfte, ergänzt durch die Geländedaten, wurden in Form von Klufftosen statistisch dargestellt.

Am Institut für Bodenforschung und Baugeologie der Universität für Bodenkultur sind hierfür Computerprogramme entwickelt worden, die es mittels eines Plottergerätes von Hewlett Packard gestatten, die Häufigkeit der Störungen im  $10^\circ$ -Intervall einzuzeichnen. Je nach Keillänge und -dicke kann die Anzahl der Störungen abgeschätzt werden. Erfasst wurden Diskontinuitäten des gesamten Plateaus und getrennt in West- und Osthochfläche ausgewertet.

Die lokale nordwestvergente Juraeinmuldung (nordöstlich des Elmsees) und das Lahngangsee-Elmseelement bilden durch diese auffällige Furche eine deutliche Separation. Der markante Höhenunterschied zwischen der westlichen und östlichen Hochfläche, nach G. GEYER (1886, S. 245 ff.) tektonisch bedingt, wird durch eine flexurartige Einbiegung des Dachsteinkalkes in den NW-gerichteten Rotgschirrwänden eingeleitet und setzt sich nach SW hin in der Elmlinie fort.

Die Schwierigkeiten, eine Störung in einer schuttüberfüllten und wild verwachsenen Rinne hinsichtlich ihrer kleintektonischen Natur zu untersuchen hat H. HOLZER bereits (1964, S. 1 ff.) klar aufgezeigt.

Betrachtet man die Klufftose der Störungen in Abb. 1, so sieht man, daß auf der westlichen, tieferen Hochfläche das gekreuzte Scherkluffsystem nicht ausgeprägt vorliegt.

Abb. 1 Totes Gebirge  
Stoerungen

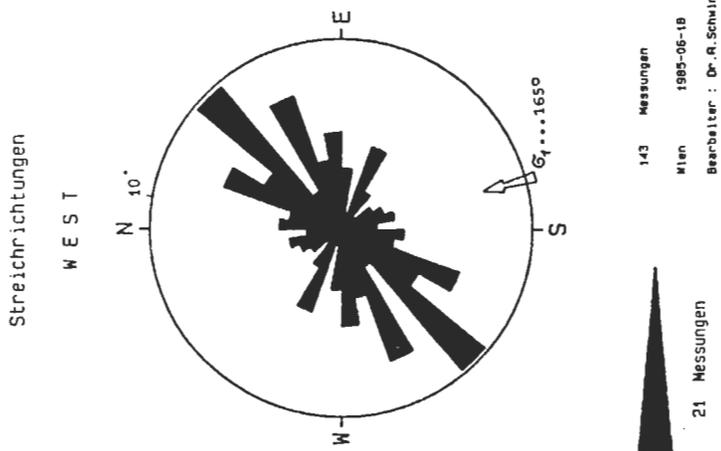
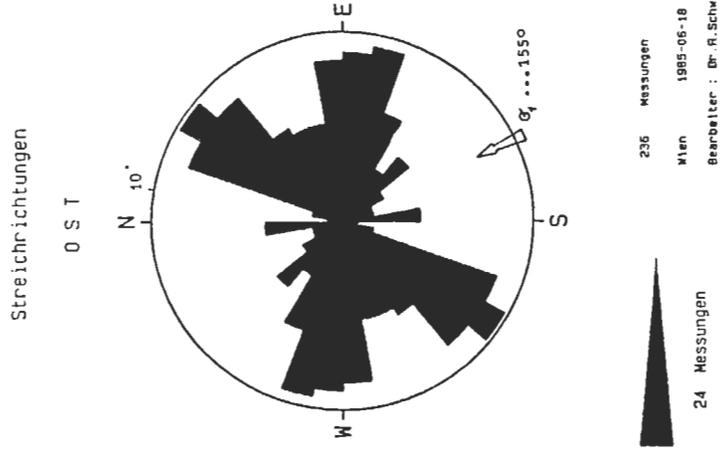


Abb. 2 Totes Gebirge  
Stoerungen



Der NE–SW-Ast ist deutlich ausgebildet, das konjugierte Flächensystem ist ca. WNW–ESE gerichtet und eher von lockerer Regelung. Ermittelt man die Winkelhalbierende für diesen Abschnitt, so stimmt die Richtung der größten Horizontalspannung ( $165^\circ$ ) überaus gut mit der von A. R. RITSEMA (1974) konstruierten überein, der für das seismotektonische Spannungsfeld im Ostalpenraum die vorherrschende Druckspannungsrichtung mit  $15^\circ$  Abweichung von S nach E angibt. Die kleinste Hauptspannung, die Zugspannungskomponente, würde daher in Richtung ENE–WSW zeigen.

Die Kluftröse für den östlichen Hochflächenanteil, also das eigentliche Hochkarstgebiet, zeigt beide Scherflächensysteme **deutlich geregelt**. Die NE–SW-Komponente und die W–E-Verteilung ergeben bei Winkelhalbierung des größeren Bruchflächenwinkels die Richtung größter Druckspannung, von SSE nach NNW ( $155^\circ$ ). Die mehr oder weniger gute Koizidenz mit A. R. RITSEMA (1974) ist auch hier noch gut erkennbar.

Die NE–SW-Äste treten in beiden Kluftrösen bzw. Hochflächenteilen auf, die konjugierten Flächen weisen aber hinsichtlich ihres Regelungsgrades eine prägnante Verschiedenheit auf.

Statistisch gesehen ist klar, warum bei der Kluftröse „Störungen-West“ (Abb. 1) ein Maximum in NE–SW-Richtung vorherrscht. Tragen doch die in Richtung der Wildensee- und Lahngang/Elmsee-Furche auftretenden vielen kleinen Klüfte und Störungen zu dieser Häufigkeit bei. Tektonisch gesehen sind hingegen auf der östlichen Plateaufläche keine so ausgeprägten „Furchen“ zu beobachten. Offenbar sind die Bruchflächensysteme in der westlichen Hochfläche durch eine „eigene“ Tektonik, man beachte nur das deutliche Richtungsmaximum der großen Hauptbrüche nach NNE bzw. NE, entstanden. Denkbar ist, daß durch das Vorhandensein von einigen bedeutenden, „alten“ Diskontinuitäten in dieser Richtung, beim stetig nach Norden drängenden Teil der Kalkalpen auf ihrer Unterlage, sich der Hauptteil der Druckspannung in die vorhin genannten Richtungen NNE bis NE abgebaut hat und so für die Ausbildung des zugehörigen Scherflächenastes nur mehr die Restkräfte zur Verfügung standen. Im Ostteil hingegen ist der einheitlich aufgebaute Block des Toten Gebirges und seine angreifende Kraft aus Süden in zwei gleichwertige Komponenten zerlegt worden (siehe Abb. 2) und hat ein deutliches Scherbruchflächensystem hinterlassen.

### 7.3. Großstörungen im einzelnen

Auf dem gesamten Hochplateau des Toten Gebirges ließen sich nach der photo-geologischen Durchmusterung **acht** ausgeprägte, lang hinziehende Störungen auskartieren.

#### 7.3.1. Wildensee-Lineament

Schon G. GEYER hat 1886 diese Diskontinuität als Bruchspalte beschrieben, die sich mit zwei deutlichen Richtungsänderungen, vom Altausseer See bis zum Offensee erstreckt.

In der tektonischen Darstellung über die Nördlichen Kalkalpen wurde von A. TOLL-

MANN (1976, S. 262 ff.) der Nordteil dieser Störung als „Wildensee-Querfalte“ bezeichnet.

Wie ein Blick auf die geologische Karte von G. GEYER (1916), die Vorarbeit von W. PILLER (1972) zeigt und die eigenen Begehungen dies bestätigen, handelt es sich hier bloß um einen halbfensterartigen Aufbruch des unter dem Dachsteinkalk liegenden Hauptdolomites und nicht um eine Querfalte!

Die Fallzeichen weisen allesamt in nördliche bzw. südliche Richtung, sind somit typisch für die bekannte Stirneinrollung an Deckengrenzen und zeigen nicht in WE-Richtung, wie es bei einer „Querfalte“ sein sollte. Diese „Rinnerboden-Störung“ (s. Beilage 4), wie ich sie nenne, war einzig allein der Grund dafür, daß nach Erosion des deckenden Dachsteinkalkes heute der Hauptdolomit zum Vorschein kommt. Eine Ost-West-Bewegung hat nicht hier stattgefunden, sondern höchstens in der nordwestlich benachbarten Grünbergmulde.

Der Südteil dieser Störungszone wird durch das nach NE gerichtete, mit Felschutt überfüllte Tal gebildet, welches vom Altausseer-See bis zum Hochklapfsattel reicht. Der Mittelteil dieser Ausräumungszone, ca. 6 km lang, reicht vom vorhin genannten Sattel bis zum Wildensee. Die streng nach NNE-SSW-streichende Störung besitzt mehrere parallele bis subparallele Brüche und wird knapp südlich des Wildensees von einer 3 km langen, WSW-streichenden Tochterstörung begleitet. Auffallend ist, daß nur an der Westseite der Verwerfung Begleitstörungen im spitzen bis rechten Winkel auftreten. Durch die intensive Schuttauffüllung und den reichlichen Latschenbewuchs war es nicht möglich, kleintektonische Merkmale aufzufinden, und mit deren Hilfe den Bewegungssinn zu rekonstruieren.

Auch war kein Versatz in dem von Osten her angrenzenden Juragebirge zu bemerken, reicht doch dieser Gesteinsbereich gerade nur bis an die Störung heran. Nach dem Verlauf und der Art wie diese Oberjuragesteine an den Dachsteinkalk stoßen, kann auch ein gewisser Verwerfungsbetrag in lotrechter Richtung angenommen werden.

Da man sich bei der Luftbildinterpretation von Störungssystemen ständig zu fragen hat, wie man den Relativ-Verschiebungssinn ermitteln könnte, möchte ich hier versuchen nach den Arbeiten von W. RIEDEL (1929, S. 365) und A. W. SKEMPTON (1966) einmal den umgekehrten Weg zu gehen. Aus dem Bruchverlauf und der Lage der Begleitstörungen schließe ich auf den Versatzsinn des Hauptblattes.

Um nicht mechanisch ungleichwertige geologische Körper miteinander in Beziehung zu setzen, sind für diese Analyse gleiches Gestein und gleiche Beanspruchungsart die wichtigsten Voraussetzungen.

Obleich dieses Lineament Begleitstörungen aufweist, G. MANDL et al. (1977) und A. W. SKEMPTON (1966) auf das Zuerstauftreten von Adventivverschiebungen hinweisen, ließen sich keine sicheren Merkmale zur Bestimmung des Relativverschiebungssinnes aus dem Bruchmuster feststellen. Streng mechanisch gesehen werden diese Tochtterscherflächen als Coulomb-Gleitflächen bezeichnet, da sich in der Regel das  $\tau_{\max}$  mit  $\sim 45^\circ$  zum Hauptbruch einstellt. Es muß die Hauptspannungsrichtung  $\sigma_1$  horizontal werden, sich drehen und einen Winkel von  $45^\circ$  zur Hauptscherfläche einnehmen (siehe auch P. BANKWITZ 1980, S. 249, Abb. 2), damit Coulomb-Flächen entstehen können. Sie nimmt also die Richtung der maximalen Schub- oder Scherspannung an.

Die Wildensee-Furche ist eine etwa 100 bis 500 m breite Erosionszone. Die Breite von Scherzonenstreifen kann übrigens nach G. MANDL (1980) auch als Folge von

großen Drücken etwa senkrecht zur Hauptbruchfläche angesehen werden. In der Grünbergmulde (Stauffen–Höllengebirgs-Decke) hat man eine NW-vergente Falte vorliegen, die eine Druckrichtung aus ungefähr ESE erwarten läßt – das ist aber auch gerade jene Richtung, welche auf das Wildensee-Lineament senkrecht auftrifft.

Wenn man die von Westen, unter den Winkeln von  $40\text{--}60^\circ$  an die Hauptstörung anlaufenden Brüche als „Riedelflächen“ (W. RIEDEL, 1929) ansieht, so kann man annehmen, daß der Westteil dieses Lineaments nach NE und der Ostteil nach SW versetzt wurden – sodaß also eine rechtssinnige Blattverschiebung vorliegt.

### 7.3.2. Lahngangsee/Elmsee-Lineament

Auch diese Großstörung ist schon lange bekannt. Sie wird von G. GEYER (1886) als „Elmlinie“ bezeichnet und reicht vom Drausengatterl, am Wanderweg von Gößl (Grundlsee) zur Pühringer Hütte liegend, über beide Lahngangseen und den Elmsee bis zum Röllsattel (1755 m). Ein mehrfach gewundener Verlauf charakterisiert diese Störung. Am Südosthang des Hochkogels liegen mehrere Begleitbrüche. Morphologisch tritt dieses Lineament deutlich durch den Tümpel „die Zageln“, die Elmwände und den Talabschnitt zwischen Salzofen und Neustein, hervor.

Über den Relativverschiebungssinn in horizontaler Richtung läßt sich hier nichts aussagen, hingegen kann eine lotrechte Verwerfung gut belegt werden. G. GEYER zeigt (1886, S. 352 ff., Abb. 7 und 8) in eindrucksvoller Weise die schöne, staffelbruchartige Abtreppung nordwestlich des Neustein (1807 m), begründet durch die verschieden hohe Position des Hierlatzkalkes. Aber auch der Blick vom Wanderweg am Drausengatterl Richtung Rotgschirr, zeigt deutlich die gleiche Seehöhe von Oberalmer Schichten im NW und Dachsteinkalk im SE. So ist zumindest im SW-Abschnitt dieser Störung der Charakter des senkrechten Versatzes dokumentiert, und zwar in einer relativen Hebung der Südostscholle gegenüber der Nordwestscholle. Der NE-Teil scheint aber im Bereich westlich des Rotgschirrs, in die schon vorhin genannte Flexur vom Elmsee (siehe G. GEYER, 1886, S. 250 f.) zu verschmelzen.

### 7.3.3. Rotkogel-Lineament

Dieses Lineament besteht aus einer 5 km langen, NE–SW-verlaufenden Hauptstörung, mit einer 400 m westlich davon liegenden, subparallelen Begleitstörung.

Im Luftbild ist dieses Lineament-Paar durch sein überaus scharfes und tief eingekerbttes Landschaftsbild hervorgetreten. Beide Brüche liegen zur Gänze im Dachsteinkalk und werden durch die Querstörung an der Rotgschirr-Scharte offenbar nicht versetzt. Sie beginnen etwa im Bereich des Rotkogelsattels und enden an den Nordabstürzen des Totengebirgsplateaus im bankigen Dachsteinkalk. Im Gesamtbild dieses Gebirgsabschnittes fällt auf, daß das Lahngangsee/Elmsee-Lineament und das Rotkogel-Lineament zu einem einzigen morphologisch wirksamen System zu gehören scheinen, da der Grat vom Röllsattel bis zum Rotgschirr und die Richtung des Feuertalbergrückens fast bis zum Temelberg hin ungefähr die gleiche parallele Anlage besitzen. Ein Relativverschiebungssinn dieser Großstörungen kann hier nicht angegeben werden.

#### 7.3.4. Klinserscharte-Lineament

Eine nahezu 4 km lange, sehr gut kartierbare Großstörung streicht etwa E–W-verlaufend, von der eigentlichen Klinserschlucht bis nahe an das Rotkogel-Lineament heran. Die Verwerfungszone liegt ausschließlich im Dachsteinkalk, der durch eine leichte Einmündung im Abschnitt des Temelbergsattels gekennzeichnet ist. Zwischen dem Weitgrubenkopf (2256 m) und dem Brotfall (2380 m) liegt in der Klinserschlucht, als auffälliger Querriegel von gut 20 bis 25 m Höhe, der Rest einer kleinen Endmoräne. Was den Verschiebungssinn dieser Störung betrifft, so mag das Auftreten von steilen, unter  $60\text{--}70^\circ$  zum Hauptblatt ankommenden „Riedel-Flächen“ ein Hinweis dafür sein, daß der Nordteil dieser Störung nach West und der Südteil relativ dazu nach Ost bewegt wurden. Hier läge demnach eine linksdrehende Verwerfung vor. An dieser Zone wurde zur Photointerpretation vorwiegend der Geländeeindruck, die Art der Begleitbrüche und weniger die Kleintektonik herangezogen. Die Begehung der Klinserscharte erbrachte zwar einige, in Streichrichtung des Lineaments beobachtete Kleinklüfte, aber sonst nur die übliche, starke Schuttverhüllung an beiden Einhängen.

#### 7.3.5. Toplitzsee-Lineament

Auf dem Luftbild nur 1,5 km lang, wurde diese Störung deswegen in die Besprechung mit einbezogen, da die Anlage des Toplitzsees und des Grundlases sicher auf diese Großverwerfung zurückgehen. So hat diese dann bereits die beträchtliche Gesamtlänge von vielleicht 10–11 km.

Es besteht aber auf Grund der Luftbilddauswertung kein Anlaß, diese Störung quer (WSW–ENE) durch das östliche Hochplateau beinahe bis Windischgarsten fortzusetzen. Nach dem Kammerboden bis in das Kammertrett (ein Talschluß), wäre eine Fortsetzung möglich. Aber danach ist bis zu den Ostabstürzen, zwischen den beiden Hochkastengipfeln, kein morphologisch zwingender Grund dieses Lineament weiter zu ziehen. Obwohl ich diesen speziellen Abschnitt A. TOLLMANNs (1977, S. 10 und Tafel 1) langer „Toplitzstörung“ nicht begangen habe – man kann einfach im Hochkarst nur die wenigsten Einöden in kürzerer Zeit begehen – hatte ich von der Weißen Wand (2200 m) einen ausgezeichneten Überblick über den nördlichen Teil der Osthochfläche und konnte die schon aus dem Luftbild gewonnenen Daten und Geländeeindrücke hier voll bestätigt wieder erkennen. Im Bereich des zentralen Ostteiles des Toten Gebirges ist demnach die Toplitzstörung nicht vorzufinden.

#### 7.3.6. Sidelkogel-Lineament

Das wohl auffälligste Großstörungssystem der östlichen Hochfläche liegt westlich der Tragl, Planka-Mira und der Weißen Wand. Der Hauptast streicht in etwas abgewinkelter Form, von beinahe Nord über NNW bis NW; ist 4,5 km lang und besitzt zwei ausgeprägte Nebenstörungen. Die erste, 400 m südlich der Planka-Mira, verläuft mit 2,3 km Länge in WNW–ESE-Richtung. Die zweite Begleitstörung beginnt beim Blotschkar, ist 1,5 km lang und richtet sich vom Hauptast gesehen, leicht gebogen nach NNE. Auch bei dieser Störung beobachtete ich am östlichen Bruchufer zahlreiche Begleitbrüche, während westlich nur fünf kleine Störungen aufscheinen. Die leicht

gekrümmte Tochterstörung durch den Niederen Brieglersberg ist als südliche Fortsetzung der Hauptdiskontinuität anzusehen und hat eine 2 km lange Erstreckung. Von Interesse dabei ist, daß G. GEYER bereits (1878, S. 159 ff.) die gesamte Hochfläche mit steirischen Bergführern begangen und auch die Weiße Wand von Westen kommend bestiegen hat – die Sidelkogel-Störung aber nicht erwähnt!

Der bereits zu Beginn der Geländearbeit unternommene Versuch, den Verschiebungssinn aus den Begleitstörungen zu ermitteln, ist hier nicht möglich, da die Adventivbrüche, obwohl im entsprechenden Winkel an das Hauptblatt auftreffend, durchaus als „Riedel-shears“ anzusprechen, vielfach die Richtung wechseln.

Am ehesten läßt sich eine Relativbewegung aus der Versetzung des ungeschichteten Dachsteinkalkes ableiten. Es müßte somit der Ostteil nach S und der Westteil nach N geschoben worden sein. Bewertet man aber nun die echten Riedel-Klüfte dazwischen und betrachtet die nicht zu diesem Bauakt gehörigen Klüfte als jeweils später aufgetretene Brüche, so wäre allerdings aus der vorhin konstruierten rechtsdrehenden eine linksdrehende Seitenverschiebung anzunehmen.

Die Natur des Versetzungscharakters im Gelände durch eine Begehung der Störung in der gesamten Länge zu eruieren, würde allerdings bei der Größe des Aufnahmegebietes von nahezu 300 km<sup>2</sup>, den Umfang dieser Arbeit bereits bei weitem überschreiten, zumal die Kartierung des Abschnittes Weiße Wand, mir den morphologischen Eindruck aus dem Luftbild bestätigte, und die Störung sich als eine mit Blockwerk getarnte, überaus schwer begehbare Rinne im Dachsteinkalk präsentierte.

### 7.3.7. Tauplitzalm-Lineament

6,5 km lang ist diese, zweimal leicht nach Norden abgewinkelte Störung. Im Luftbild deutlich durch eine Einkerbung der Geländestrecken zwischen den Seen zu erkennen. Ob nun der schon aus der Photointerpretation erkennbare Gesteinswechsel durch eine Deckengrenze oder durch dieses Lineament bewirkt wird, läßt sich nicht einwandfrei feststellen, denn die Deckengrenze zwischen Toten Gebirgs- und Warscheneck-Decke liegt etwas nördlicher als der Störungsverlauf. Kleintektonische Merkmale waren im gesamten Verlauf der Störungszone nicht kartierbar. Es war auch hier allein nur die Morphologie entscheidend. Da es keinerlei Begleitbrüche gibt und die Vegetationsverhüllung den Einblick auf das intakte Gestein verwehrt, ist über eine Bewegungsbestimmung nichts zu vermelden.

### 7.3.8. Salzsteigjoch-Lineament

Trotz ihrer geringen Länge von bloß 800 m wird die Störung in die Reihe der Lineamente miteinbezogen, stellt sie doch die morphologische Ostgrenze des Toten Gebirges wie auch gleichzeitig geologisch die Deckengrenze zwischen Toten Gebirgs- und Warscheneck-Decke dar. Von der Leistalm nach Nord fortschreitend sieht man einen deutlichen Geländeeinschnitt, der durch den Gamsspitz im Westen (2061 m) und den Gamsstein im Osten (1996 m) geprägt ist. Die Begehung dieses kulturhistorisch uralten Überganges von Tauplitz in das Stodertal ergab einen möglichen Versatzsinn in senkrechter Richtung. Während die dickbankigen, manchmal bis zu 4 m mächtigen

Dachsteinkalke steil nach Osten einfallen, neigt sich der Wettersteindolomit des Gamssteins flach gegen Westen (s. auch Abb. 3). Daß die Salzsteigstörung bei A. TOLLMANN (1976, S. 59, Abb. 18) nach NE streicht, ist nicht korrekt, ergeben doch die Luftbildauswertung und die Begehung einen eindeutigen N–S-Verlauf.

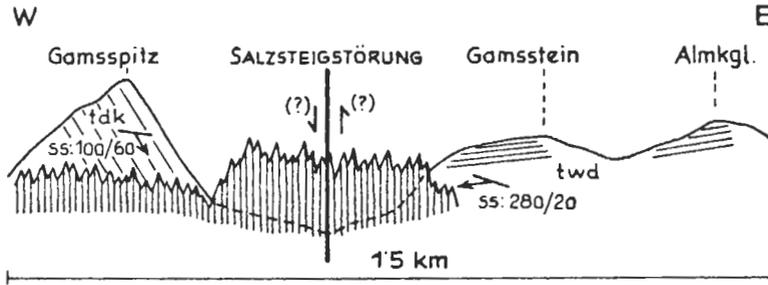


Abb. 3: Situation an der Salzsteigstörung, Blickrichtung N; tdk – Dachsteinkalk, twd – Wettersteindolomit.

#### 7.4. Liasspalten im Gesamtsystem

Ordnet man den Hieratzkalkspalten auf der geologischen Karte von Liezen (G. GEYER, 1916) Streichrichtungen zu, so sind das etwa 15 NE–SW-verlaufende, 6 N–S und 8 W–E gerichtete Spalten. Diese so gewonnenen Richtungen wurden in die Statistik deshalb nicht aufgenommen, da bei dem Kartenmaßstab von 1 : 75 000 eine Streichrichtungsermittlung sehr fehlerhaft wäre.

Nur die im Gelände einmeßbaren Liasspalten wurden in die Kluftrösendarstellung aufgenommen (Anm.: Wegen der Kleinheit mancher Spalten wurden nicht alle in die photogeologische Karte eingetragen!). Da diese Spalten nur in der Osthochfläche gehäuft auftreten, wurde nur dieser Teil statistisch behandelt. Die „GEYER-Spalten“ bewirkten, daß sich in der Kluftröse „Liasspalten-Ost“ (Abb. 4) die NE–SW-Richtung verstärkt, während die etwa 14 orthogonal angeordneten die bestehenden Verläufe unterstreichen. Bezeichnenderweise liegt nun auch hier ein gekreuztes Flächensystem vor – nur das Kräftespiel zur Erzeugung von Spalten ist vielleicht etwas komplexer. Wenn A. TOLLMANN (1970, S. 11 ff.) schreibt, daß das präliassische Spaltensystem mit dem Hauptsystem der Störungen und Brüche, am Beispiel des Dachsteinplateaus, übereinstimmt, untermauert durch H. HOLZER (1964) – so hat er völlig recht – dies trifft auch für die östliche Karsthochfläche des Toten Gebirges zu. Beide Äste sind in der Störungs- wie auch Liasspaltenkluftröse nahezu identisch angelegt. Es waren wohl die gleichen Einengungskräfte, welche die Liasspalten und das Scherflächensystem entstehen ließen. Nur möchte ich die von O. GANSS (1938) vertretene Ansicht der Zerrungs- oder Dehnungsform nicht ganz in Frage stellen, sondern vielmehr unterstützen.

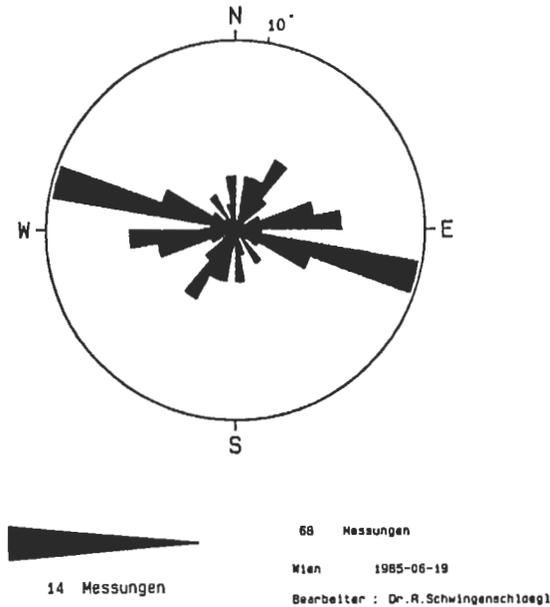
Eine nach der Primärkluftbildung einsetzende Aufwölbung eines Gebirges bringt allemal eine Zerrung, also Zugspannung mit sich. Sie durch flache Faltung zu deuten

Abb. 4

## Totes Gebirge Liasspalten

O S T

Streichrichtungen



ist eine Möglichkeit, sie durch Zugkräfte besonderer Anlage, ist eine andere. Dehnungsspalten können nämlich auch als Ergebnis von Druckkräften in Spaltenrichtung angesehen werden, wo senkrecht dazu eine Art von Spaltzugkräften zur Öffnung dieser Fugen führen kann. Die Aufnahmen von G. GEYER (1916) und meine eigenen zeigen, daß die Liasspalten meist in spitzer, „linsenförmiger“, langgestreckter Ausbildung vorliegen.

Daß die Anlage der Spaltenrichtungen einem Diagonalscherflächensystem zuzurechnen ist, bleibt unwidersprochen, was allerdings die Form der Spalten betrifft, so erinnert diese an ein Auseinanderklaffen von unter hoher Druckspannung stehenden Schwächezonen. Die Öffnung der Bruchfugen durch lokale Faltung zu deuten ist durchaus möglich, zeigt doch gerade die Osthochfläche bereichsweise einen eher weitspannigen Mulden- und Sattelbau. Trotzdem meine ich, daß örtliche Verbiegung des Dachsteinkalks zur Bildung von Druck- bzw. Zugkräften in mehreren Richtungen geführt hat und diese durch Druck in der Kluftrichtung mit seitlicher Zerrung letztlich zur Spalte geführt haben.

Wieso im Westteil des Toten Gebirges nahezu keine Liasspalten zu finden sind und im betrachteten Ostteil nur etwa 100 Rotkalkspalten beobachtet wurden, ge-

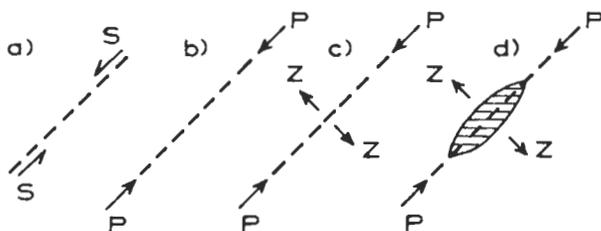


Abb. 5: Anlage und Ausbildung von Spalten. a) Anlage einer Scherfläche; b) nachfolgende Beanspruchung genau in Scherflächenebene; c) Bildung von Zerrungszonen normal zur Fläche; d) Erweiterung bis zur Spalte.

hört zu den vielen offenen Fragen in jenem Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen.

Zum Vergleich: Im Dachsteinstock konnte ich immerhin 215 Liasspalten aus der Karte von O. GANSS et al. (1954) aussondern. Die morphologische Teilung des Totengebirgsplateaus hat ihre Gründe in einer eigenen, speziellen tektonischen Geschichte und damit verbunden ist auch jene eigenartige ungleichmäßige Verteilung der Liasspalten. Vielleicht hängt die Anlage dieser Spalten, so wie früher F. JASKOLLA (1978, S. 112 ff.) es darlegte, mit einer Drehung des lokalen/regionalen Stressfeldes zusammen.

## 8. Photolineamente und ihre Bedeutung für die Geologie

Bei Betrachten der tektonischen Karte der Nördlichen Kalkalpen von A. TOLLMANN (1976) fällt auf, daß das Tote Gebirge, besonders im Osten von drei langen Satellitenbildlineamenten, der Toplitz-Störung, der Mitterndorfer Störung und der Heilbrunner Linie gequert werden. Die Salzsteigstörung hingegen stößt im spitzen Winkel von SW kommend an die Toplitz-Störung.

Die photogeologische Interpretation von Luftbildern bot nun hier eine gute Möglichkeit, diese Lineamente aus einem geringeren Abstand als etwa 900 km Höhe, nämlich aus 2,5 – 3 km von der Erdoberfläche, zu durchmustern.

In der bis heute wichtigsten Arbeit über Satellitenbildinterpretation schreibt P. KRONBERG (1977, S. 10 ff.), daß sich eine Lineamentkartierung auf lineare Talabschnitte oder ebensolche Flußläufe beschränken muß, und zwar gilt das besonders für Gebiete mit starkem Relief.

Da dies für das Tote Gebirge zutrifft, habe ich die von TOLLMANN (1976) angegebenen Störungen in die AV-Karten 1 : 25 000 übertragen und sie auf ihre „morphologische Wirksamkeit“ näher untersucht. Bei allen Störungen konnte ich jeweils nur kurze Stücke mit einer entsprechend korrelierten Geländeform feststellen. Der größte Teil dieser oft mehr als 15 km langen Störungen ist morphologisch im Luftbild und im Gelände nicht beobachtbar gewesen.

So müßte die Heilbrunner Störung durch die westlichen Rücken der Weißen Wand verlaufen, was aber auch im Luftbild bestimmte Bruchmuster zur Folge hätte. Das gleiche gilt für die Mitterndorfer Störung, die nur eine ganz kurze störungsgerechte Morphologie an ihrem südlichen Ende aufweist.

Allerdings ist aus 900 km Höhe auch ein Verschmelzen des von mir benannten Rotkogel-Lineamentes mit Teilen der Mitterndorfer Störung und gewissen Hochtal-

verlaufen nicht auszuschließen. Was die Toplitzseestörung betrifft, so endet diese meiner Meinung nach im östlichen „s'Kammertret“ (SH. ca. 1600 m). Auch bis zu den Ostabstürzen zwischen Großen und Kleinen Hochkasten sind die Schichtköpfe des Dachsteinkalkes ungefähr in Streichrichtung der „Toplitzseestörung“ angeordnet.

Wohl ist die Nachzeichnung tieferer Schwächezonen aus Landsat-Bildern (P. KRONBERG, 1977, S. 15 ff.) an der Geländeoberfläche möglich, doch muß ein im Satellitenbild kartiertes Lineament trotzdem immer mit der lokalen und regionalen Bruchtektonik abgeklärt werden.

In diesem Zusammenhang halte ich es für nötig, folgende Schritte unbedingt einzuhalten:

1. Satellitenbildauswertung (möglichst stereoskopisch)
2. Luftbildauswertung
3. Geländetätigkeit bzw. Kontrollbegehungen
4. Auswertung der Daten und Interpretation

Für praktische, kleinräumige Fragestellungen mögen die Schritte 2 bis 4 genügen, hingegen sind selbst für theoretische Fragen die Schritte 1 und 4, unter Weglassen von 2 und 3, zu spekulativ!

Von F. JASKOLLA stammt aus den westlichen Kalkalpen eine ausführliche Bearbeitung, die er 1978 an einigen Satellitenbildlineamenten gemacht hatte. Um ein Lineament in seiner Gesamtaussage beurteilen zu können, werden bei ihm die terrestrische Photogrammetrie und das gesamte kleintektonische Inventar, bei Begehungen jeweils senkrecht zum Störungsverlauf, herangezogen.

Bei A. TOLLMANN (1977), in seiner Satellitenbildkarte noch nicht eingetragen, hat W. BUCHROITHNER (1984) das Sidelkogel-Lineament bereits erfaßt, was wohl auf die verbesserten Auswertungsmethoden zurückzuführen ist.

Man sieht sehr gut den Interpretationsfortschritt von A. TOLLMANN (1977) zu W. BUCHROITHNER (1984), wenn man beide Auswertungen des betreffenden Totengebirgsabschnittes am Lichttisch miteinander vergleicht. Obwohl W. BUCHROITHNER meiner Ansicht nach etwas übertrieben und auf der Österreich-Karte „sämtliche und alle“ Lineamente eingetragen hat, ist die Lineamentanzahl mit dem Ansteigen der Bild- und Auswertequalität angewachsen.

In dem von mir bearbeiteten Kalkalpenbereich konnte ich etwa die Hälfte von W. BUCHROITHNERs Lineamenten bestätigen, das Vorhandensein der restlichen Lineamente kann von mir auf Grund lokaler Kenntnis nicht festgestellt werden.

## 9. Höhlen- und Talbildung

Um die Anlage der folgenden fünf Höhlensysteme: Rauchkar-, Almberg-, Hüttstatt-, Salzofen- und Elmhöhle mit den obertags auskartierten Störungen korrelieren zu können, mußten den einzelnen Höhlenabschnitten (Gängen) Kluftrichtungen bzw. Störungen zugeordnet werden. Ich habe in den genannten Höhlen, deren Pläne mir vom Institut für Speläologie (jetzt Bundesanstalt für Wasserhaushalt in Karstgebieten) freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden, richtungsrelevante Verläufe als Störungen betrachtet und diese in einer Kluftröse dargestellt.

Obwohl ich die Totengebirgshöhlen selbst nicht befahren konnte, gestatteten vergleichende Begehungen im Höhlensystem der Dachsteinhöhlen wie auch das Literaturstudium die Annahme, aus der Grundrißzeichnung Diskontinuitäten zu ermitteln.

Diese vielleicht etwas gewagte Methode hat auch schon H. HOLZER (1964, S. 6) in ähnlicher Form praktiziert.

Darüber hinaus läßt sich zudem die Beziehung von tektonischen Trennflächen für die Anlage von Höhlen- bzw. Karsthohlräumen nach H. FINK (1967, S. 85 ff.) relativ leicht herstellen.

### 9.1. Raucherkarhöhlensystem (Höhlenkatasternummer 1626/55 a–d)

Es wird hier keineswegs beabsichtigt, alleine aus dem Oberflächenbild der Störungen und dem Höhlenplan eine Deutung des gekreuzten Scherflächensystems unter Tage zu geben, sondern es ist lediglich ein Versuch, die Tendenz der Kluft- und Störungsmuster hinsichtlich ihrer Aussagekraft für die Höhlengenese etwas näher zu beleuchten und jene fünf Höhlen untereinander, sowie auch mit dem Gesamtsystem des Scherflächenpaares zu vergleichen.

Die Raucherkarhöhle liegt im Westen des Aufnahmegebietes (ca. 2 km WSW' des Schönberg, 2093 m). Sie ist oft das Ziel vieler Höhlenforscher. Vergleicht man die Kluftanlage (s. Abb. 6) mit dem Gesamtsystem der Streichrichtungen, „Störungen West“ (s. Abb. 1), so läßt sich eine sehr gute Übereinstimmung der NE–SW-Achse (siehe auch H. TRIMMEL, 1969, S. 9 ff.) beobachten, hingegen entspricht der zweite, etwa NNW–SSE-gerichtete Ast nicht dem obertätigen Trennflächenbild. Halbiert man den Winkel zwischen den Hauptrichtungen NNW und NE, so zeigt die maßgebliche Hauptspannung etwa in NNE-Richtung. Der auffällige Unterschied in der Einengung hat hier offenbar in einer Drehung der Beanspruchungsrichtung seine Ursache, oder lokale Gebirgsanisotropie größeren Ausmaßes trug hier zu dieser Richtungsänderung bei. Auch zu den im lokalen Bereich kartierten Störungen ist bloß zum NE–SW-Verlauf eine direkte Beziehung herzustellen. Der Höhlengrundriß von 1965 läßt auch sehr gut die Dominanz der NE' gestreckten Kluftanlage erkennen. H. TRIMMEL verweist (1969, S. 9 ff.) in seiner Charakteristik über diese Höhle deutlich auf die kluftbedingte Entstehung.

### 9.2. Almberg-Höhle (Höhlenkatasternummer 1624/18)

Die Höhle liegt 1 km W' des Backenstein (1772 m) in den Südabstürzen des Toten Gebirges. Die lokal strenge Nordrichtung des Hauptastes ist sehr schön mit der N–S-Störung zu parallelisieren, welche am Wanderweg zum A. Appel-Haus verläuft. Die schwache W–E-Komponente könnte man ebenso mit dem örtlichen Bruchmuster verknüpfen. Auch hier wieder eine gänzlich andere Einengungsrichtung, als in der Kluftrose „Oberflächenorientierung-West“ zum Ausdruck kommt (s. Abb. 7).

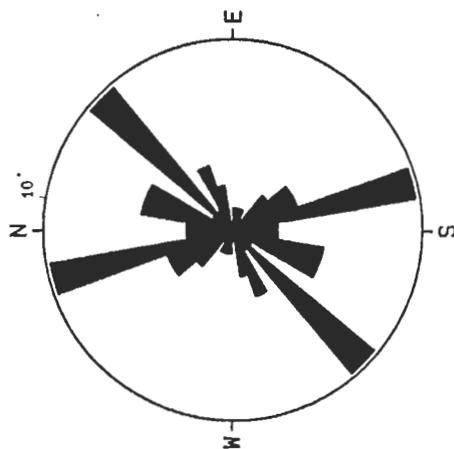
### 9.3. Hüttstatt-Höhle (Höhlenkatasternummer 1624/28)

Unweit des Wanderweges vom A. Appel-Haus zur Pühringer Hütte zwischen Widerkar-Kogel (1952 m) und Ht. Bruder-Kogel (2033 m) im Osten, befindet sich dieses Höhlensystem.

Abb. 6 Totes Gebirge - West  
Kluefte

Raucherkarhoehliensystem

Streichrichtungen



45 Messungen  
 Wien 1985-06-18  
 Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschlögl

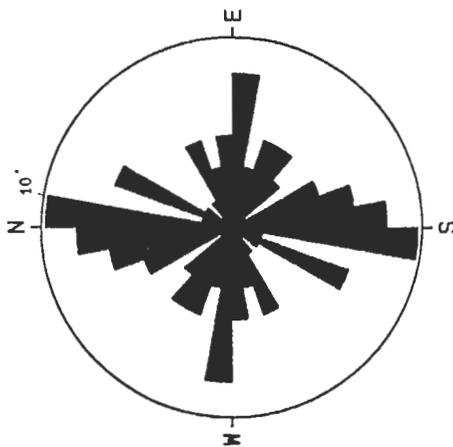
8 Messungen

Abb. 7

Totes Gebirge - West  
Kluefte

Almberg-Hoehle

Streichrichtungen

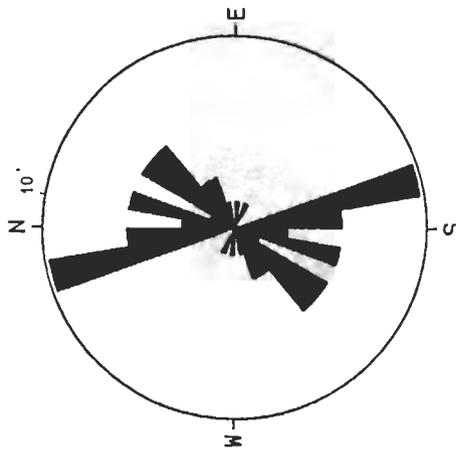


48 Messungen  
 Wien 1985-06-18  
 Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschlögl

6 Messungen

Abb. 8 Totes Gebirge – West  
Kluefte

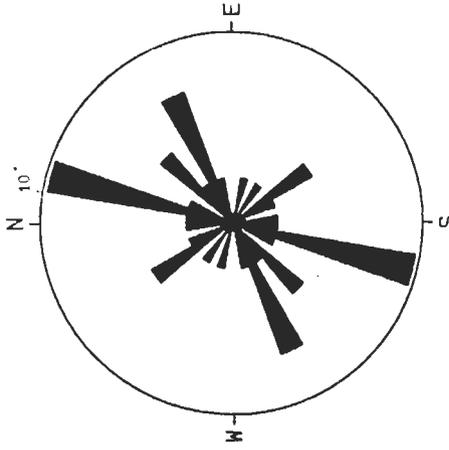
Huetistatt-Hoehle  
Streichrichtungen



33 Messungen  
Mien 1985-06-18  
Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschloegl

Abb. 9 Totes Gebirge – West  
Kluefte

Salzofenhoehle  
Streichrichtungen



19 Messungen  
Mien 1985-06-18  
Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschloegl

Hier entspricht der Kluftverlauf (s. Abb. 8) der lokalen Bruchtektonik und stellt ein getreues, nur etwas tiefer liegendes, Abbild des Störungsmusters an der Erdoberfläche dar. Der Haupthöhlenbildner war wohl die etwas gewundene Störung an der westlichen Talseite des Widerkars.

#### 9.4. Salzofen-Höhle (Höhlenkatasternummer 1624/31)

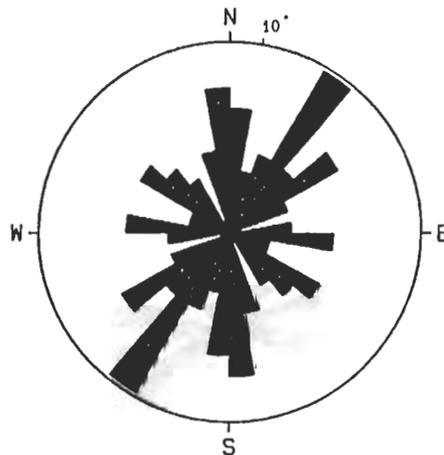
Diese sehr gut bekannte Höhle im Toten Gebirge liegt 200 m WSW' des Salzofen (2072 m). Die Streichrichtungen dieses natürlichen Hohlraumes (s. Abb. 9), besonders des Südwestteiles, haben eine ausgeprägte NNE-SSW-Achse und korrelieren gut mit den örtlichen Störungen im Luftbild. Die Störung vom Scheibling Kogel (2054 m) in Richtung SSW wird in direkte Beziehung zur Höhlengenesse gebracht. Der Höhlenplan zeigt weiters eine überaus dominierende ENE-Richtung, die meines Erachtens ihre Begründung in der nahen Lahngangsee/Elmsee-Linie hat. Der schwache NW-SE-Ast ist s. l. mit der Störung von der „Elmgrube“ zum „Am Ablaser“, 500 m E' des Salzofen verlaufend, in Beziehung zu bringen.

Abb. 10

### Totes Gebirge - West Kluefte

Elmhohhlensystem

Streichrichtungen



70 Messungen

Wien 1985-06-10

Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschlögl

### 9.5. Elmhöhlsystem (Höhlenkatasternummer 1624/38 a + b)

Nach der Auswertung des bruchtektonischen Musters ist eine starke NE–SW-Orientierung der Gänge bzw. deren Abschnitte zu erwarten gewesen. Tatsächlich hat dieses System im Höhlenplan eine Z-Form mit N–S-Ausrichtung des Mittelstriches. In der Streichrichtungsrose (s. Abb. 10) stechen auch sofort die N und N–E-Richtung hervor. Eine locker um die E–W-Achse geregelte Kluftschar bewirkt die stark nach Westen und Osten verlaufenden Gangspalten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Anlage der Höhlen größtenteils mit dem obertägigen lokalen Bruchverlauf konform geht.

Die NE–SW-Orientierung ist bloß in der Raucherkar-, Salzofen- und Elmhöhle übereinstimmend ausgebildet. Mit den Bruchsystemen der Ost- oder Westhochfläche ist allerdings, mit Ausnahme des NE-Astes in fast allen, und einzig in der Almhöhle die E–W-Richtung, keine weitere plausible Übereinstimmung zu erzielen.

Auf dem Westrand des Bearbeitungsgebietes kann die Talbildung bzw. deren Ausrichtung klar aus dem Verlauf der NE–SW-Brüche erkannt werden. Vom Altausseersee-Hochklapsattel-Tal folgt nach NW fortschreitend, in Abständen von 1 bis 2 km jeweils ein Tal bis zur Nestlergrube, welches sich ca. 2,5 km NW' des Schönberg (Wildenkogel, 2093 m) befindet. A. E. SCHEIDEGGER hat (1979, S. 187 ff.) die Orientationsstruktur von Talanlagen mit Kluftstellungen verglichen und kommt zu dem Schluß, daß im Raume Wörschach, der für meine Betrachtungen unter Umständen gelten kann, die Hauptdruckspannung von ESE–WNW und die Hauptzugspannung von ca. SSW–NNE angeordnet ist. Dies läßt sich generell mit den von mir ermittelten Kraftrichtungen nicht zur Deckung bringen. Die Abweichung meiner Daten von den Ergebnissen A. E. SCHEIDEGGERS beträgt im Mittel ungefähr 40° im Uhrzeigersinn. Ob hier die Nähe zur südlich unterlagernden Grauwackenzone oder eine spezielle Diapirtektonik im Untergrund der Hallstätterzone für die vorhin genannten Vorgänge verantwortlich zeichnen, sollte Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein.

Auch an den Ostabstürzen im **Toten Gebirge**, gegen das Stodertal hin, haben sich die Talverläufe vom Sigistal im Süden bis zur Arzloch-Scharte im Norden, diese liegt 1 km östlich der Welser Hütte, dem ausgeprägten E–W-Verlauf des Störungsmusters in eindrucksvoller Weise angepaßt. Für die Talanlagen am Nord- bzw. Südrand konnten aus den Luftbildern keine Erkenntnisse gewonnen werden.

## 10. Totes Gebirge – Dachstein

Trotzdem diese beiden verschiedenen tektonischen Einheiten ihre eigene Entstehungsgeschichte haben und jeweils einem anderen Stockwerk im kalkalpinen Deckensystem angehören, möchte ich doch einige Bemerkungen zum Bau und zur Analge des präliassischen Bruchmusters der Liasspalten machen.

Im Dachsteingebiet findet man nach H. HLAUSCHEK (1922, S. 119), O. GANSS (1938, S. 588 ff.) und H. HOLZER (1964, S. 4 ff.) folgendes gekreuztes Scherflächensystem.

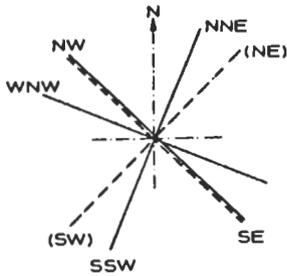


Abb. 11: Dachsteinplateau  
Scherflächen  
Liasspalten  
(s. auch Abb. 13)

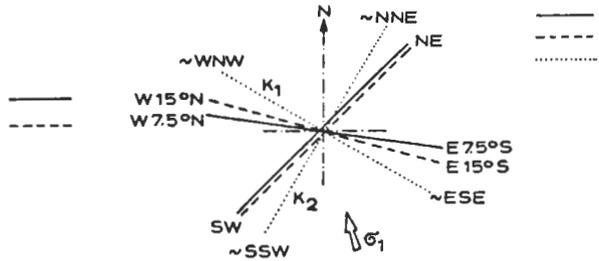
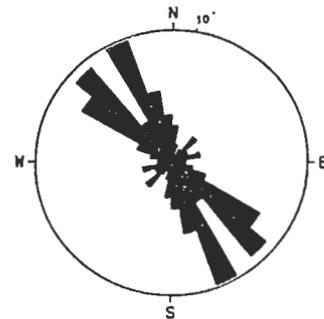


Abb. 12: Totes Gebirge  
Scherflächen  
Liasspalten  
Kluftscharen

Abb. 13

Dachsteinplateau  
Liasspalten

Streichrichtungen



215 Messungen  
Wien 1985-06-18  
Bearbeiter: Dr. R. Schwingenschlögl

Nach meinen luftbildgeologischen Auswertungen ist für das Tote Gebirge die Verteilung aus Abb. 12 charakteristisch.

Auffällig ist, daß jeweils nur ein Ast der Liasspaltenrichtungen mit dem Hauptssystem zusammenfällt, der zweite hingegen mit etwa  $10-15^\circ$  von der zugehörigen Scherflächenschar abweicht.

Obwohl beide Liasspaltenysteme zur gleichen Zeit entstanden, ist es schwer zu verstehen wieso im Toten Gebirge ein NE-SW bzw. WNW-ESE-Verlauf (s. Abb. 12) und im Dachsteingebiet eine NW-SE bzw. NE-SW-Richtung (s. Abb. 11) dominiert. Es scheint sogar, als wäre wechselweise einmal die NE-SW-Richtung (Totes Gebirge) und ein anderes Mal die NW-SE bzw. WNW-ESE-Orientierung (Dachsteinmassiv) verstärkt zur Ausbildung gelangt.

Die Richtungsdominanz der Liasspalten im Dachsteingebiet ist in der Kluftröse (s. Abb. 13), aber auch schon auf der Dachsteinkarte von O. GANSS et al. (1954) sofort zu erkennen.

Die Gründe für die abweichende Ausbildung der Liasspaltenysteme und der Scherflächenscharen im Toten Gebirge und im Dachsteinmassiv, liegen vermutlich in einer unterschiedlichen Reaktion dieser Deckenkörper während des Nordtransportes.

Durch lokale Hindernisse an der Basis ist es offenbar bereits im Frühstadium der Deckenbildung zu Verdrehung beider Gebirgsstöcke und damit verbunden zu der Diskrepanz in den Strukturorientierungen gekommen.

## 11. Literaturverzeichnis

- BANKWITZ, P.: Zu einigen Parametern der Bruchbildung. — Z. geol. Wiss., 8 (1980), 245–264, 10 Abb., Berlin, 1980.
- BUCHROITHNER, W.: Karte der LANDSAT-Bildlineamente von Österreich 1 : 500 000 und Erläuterungen. — 16 S., 1 Abb., 1 Taf., Wien (Geol. B.-A.), 1984.
- DINCER, T. et al.: Das Tote Gebirge als Entwässerungstypus der Karstmassive der nordöstlichen Kalkhochalpen (Ergebnisse von Isotopenmessungen). — Steir. Beitr. Hydrogeol., 24, 71–109, 19 Abb., 1 Taf., Graz, 1972.
- EHRENBERG, K.: Die Salzofenhöhle im Lichte der letzten Forschungen. — 5 S., Sddr. Heimatmuseum „Aussee“, Bad Aussee.
- FINK, M. H.: Tektonik und Höhlenbildung in den niederösterreichischen Kalkalpen. — Wiss. Beiheft z. Z. „Die Höhle“, 11, 128 S., 35 Abb., 1 Planbeil., Wien, 1967.
- GANSS, O.: Zur Geologie des westlichen Toten Gebirges. — Jb. Geol. B.-A., 87, 331–375, Taf. 11–16, Wien, 1937.
- Zugspalten im Dachsteingebiete. — Geol. Rundschau, 29 (1938), 584–593, 5 Abb., Stuttgart, 1938.
- et al.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteinbruppe. — Wiss. Alpenvereinsh., 15, 82 S., 3 Abb., 6 Taf., 1 geol. Kt. 1 : 25 000, Innsbruck (WAGNER) 1954.
- GEYER, G.: Das Tote Gebirge. Eine monographische Abhandlung. — Jb. Oesterr. Touristen-Club, 1878, 198 S., 2 Beil., Wien (Hölder), 1878.
- Über jurassische Ablagerungen auf dem Hochplateau des Todten Gebirges in Steiermark. — Jb. k. k. geol. R.-A., 34 (2), 335–366, 9 Abb., Wien, 1884.

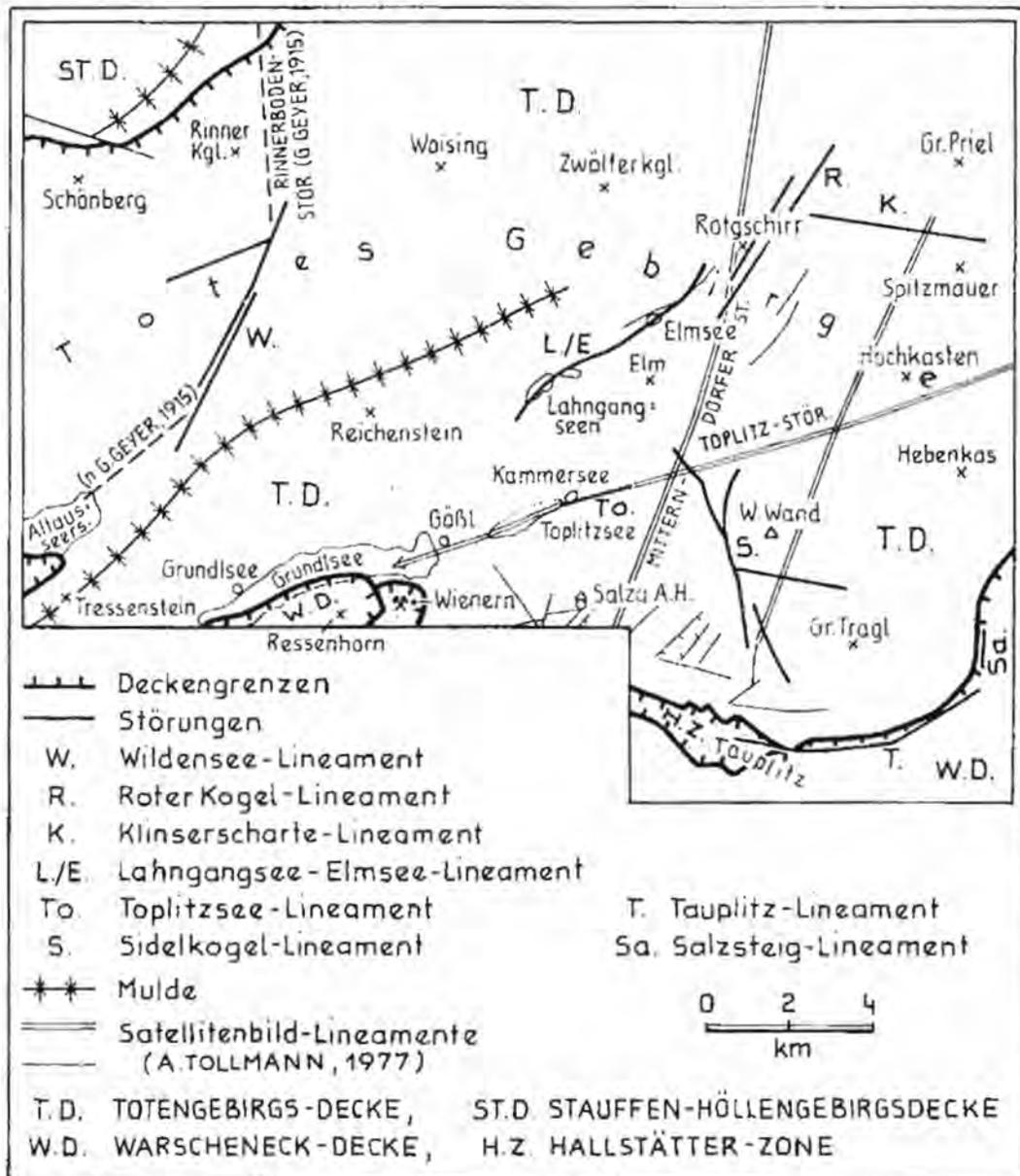
- Über die Lagerungsverhältnisse der Hierlatzschichten in der südlichen Zone der Nordalpen vom Paß Pyhrn bis zum Achensee. – Jb. k. k. geol. R.-A., 36 (1886), 245–254, Wien, 1886.
- Aus den Umgebungen von Mitterndorf und Grundlsee im steirischen Salzkammergut. – Jb. k. k. geol. R.-A., 65 (1915), 177–238, 2 Abb., 2 Taf., Wien, 1916 a.
- [In]: M. VACEK & G. GEYER: Geol. Kt. der österr.-ungarischen Monarchie 1 : 75 000, Blatt Liezen und Erläuterungen zur Geologischen Karte Liezen. – 58 S., Wien (Geol. R.-A.), 1916 b.
- HOLZER, H.: Geologische Luftbildinterpretation: Zur photogeologischen Karte des Dachsteinplateaus. – Jb. Geol. B.-A., 107, 1–9, 1 Abb., 1 Taf., Wien, 1964.
- JASKOLLA, F.: Geologisch-tektonische Untersuchungen an Satellitenbildlineamenten in den Nördlichen Kalkalpen. – Diss. Fachber. Geowiss. Univ. München, 127 S., 22 Diagr., München (Photodruck), 1978.
- KRONBERG, P.: Die regionale und überregionale Bruchtektonik Mitteleuropas. Bestandsaufnahme und Interpretationen. – Geotekt. Forsch., 53, 7–41, 21 Abb., 2 Beil., Stuttgart.
- LECHNER, J.: Quellengeologische Beobachtungen aus dem Südrand des Toten Gebirges. – Verh. Geol. B.-A., 1945, 77–83, Wien, 1947 a.
- Höhlenkundliche Beobachtungen aus dem Südrand des Toten Gebirges. – Verh. geol. B.-A., 1945, 117–122, Wien, 1947 b.
- Tertiäre Sedimente im Toten Gebirge. – Verh. Geol. B.-A., 1948, 131–136, 1 Kt., Wien, 1948.
- LEHMANN, O.: Das Tote Gebirge als Hochkarst. – Mitt. Geogr. Ges. Wien, 70 (7–9), Wien, 1927.
- MANDL, G. et al.: Shear zones in granular material. An Experimental Study of Their Structure and Mechanical Genesis. – Rock Mechanics, 9 (2–3), 95–144, 33 figs., Wien, 1977.
- Bruchtektonik-Einführung in Mechanik und Modelle. – Schriftl. Unterlagen und Arbeitsblätter zu einem Blockkurs in Salzburg, 1980.
- MAURIN, V. & ZÖTL, H.: Karsthydrologische Untersuchungen im Toten Gebirge. – Österr. Wasserwirtschaft, 16 (5/6), 112–123, 7 Abb., Wien, 1964.
- MOJSISOVICS, E. v.: Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt Ischl und Hallstatt mit geol. Kt. 1 : 75 000. – 60 S., Wien (Geol. R.-A.), 1905.
- MURBAN, K.: Geologische Bemerkungen zum Bau des Südostteiles des Toten Gebirges. – Mitt. Mus. Bergbau Geol. u. Techn. am Landesmuseum „Joanneum“, 9, 3–7, 6 Abb., Graz.
- PILLER, W.: Die Juramulde vom Grünberg. – Unveröff. Vorarbeit am Geol. Inst. Univ. Wien, 25 S., 11 Abb., 6 Taf., 1 Kt., Wien, 1972.
- REIK, G.: Primärspannung und Gebirgsdruck. – Felsbau, 3 (1985, 2), 101–106, 13 Bilder, Essen, 1985.
- RIEDEL, W.: Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. – Cbl. Min. Geol. Paläont., B1929, 354–368, 12 Abb., Stuttgart, 1929.
- RITSEMA, A. R.: The Earthquake Mechanisms of the Balkan Region. – UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region: UNDP Projekt REM/70/172, De Bilt, 1974.
- SCHEIDEGGER, A. E.: Beziehungen zwischen Orientationsstruktur der Talanlagen und der Klüftstellungen in Österreich. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 121(II), 187–195, 8 Abb., Wien, 1979.

- SCHÖLLNBERGER, W.: 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., 4 Taf., Wien, 1973.
- SKEMPTON, A. W.: Some observations on tectonic shear zones. – Proceedings First Congr. Intern. Soc. Rock Mechanics, 329–335, 7 figs., Lissabon, 1966.
- SPENGLER, E.: Zur Frage des „Almfensters“ in den Grünauer Voralpen. – Verh. Geol. B.-A., 1924 (9), 157–164, 3 Abb., Wien, 1924.
- Über den Zusammenhang zwischen Dachstein und Totem Gebirge. – Verh. Geol. B.-A., 1934 (6–9), 80–86, 1 Abb., Wien, 1934.
- TOLLMANN, A.: Ostalpen-Tektonik I. Die bruchtektonische Zyklenordnung im Orogen am Beispiel der Ostalpen. – Geotekt. Forsch., 34, 90 S., 21 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Stuttgart, 1970.
- Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik. – IX + 449 S., 130 Abb., 7 Taf., Wien (Deuticke) 1976.
- Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 153 (1), 1–27, 1 Taf., Stuttgart, 1977.
- TRIMMEL, H.: Die Salzofenhöhle im Toten Gebirge. Ein Beitrag zur Frage der Entstehung und Entwicklung alpiner Karsthöhlen. – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 96 S., 2 Taf., Wien, 1950.
- Allgemeine Charakteristik und wissenschaftliche Bedeutung der Raucherkarhöhle. – Wiss. Beiheft z. Z. „Die Höhle“, 21, 9–16, 4 Abb., Wörgl (Aufstieg-Werbung, E. Sengthaler), 1969.
- VERBAND ÖSTERR. HÖHLENFORSCHER [Hrsg.]: Die Raucherkarhöhle im Toten Gebirge. – Wiss. Beiheft z. Z. „Die Höhle“, 21, 52 S., 3 Taf., 1 Grundrißplan, Wörgl (Aufstieg-Werbung, E. Sengthaler), 1969.
- WAAGEN, L.: Zur Stratigraphie und Tektonik des Toten Gebirges. – Verh. Geol. B.-A., 1924 (2, 3), 51–70, 1 Abb., Wien, 1924.

Manuskript eingelangt am 17. 11. 1985

Manuskript angenommen am 5. 12. 1985

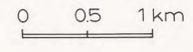
# Beilage 4

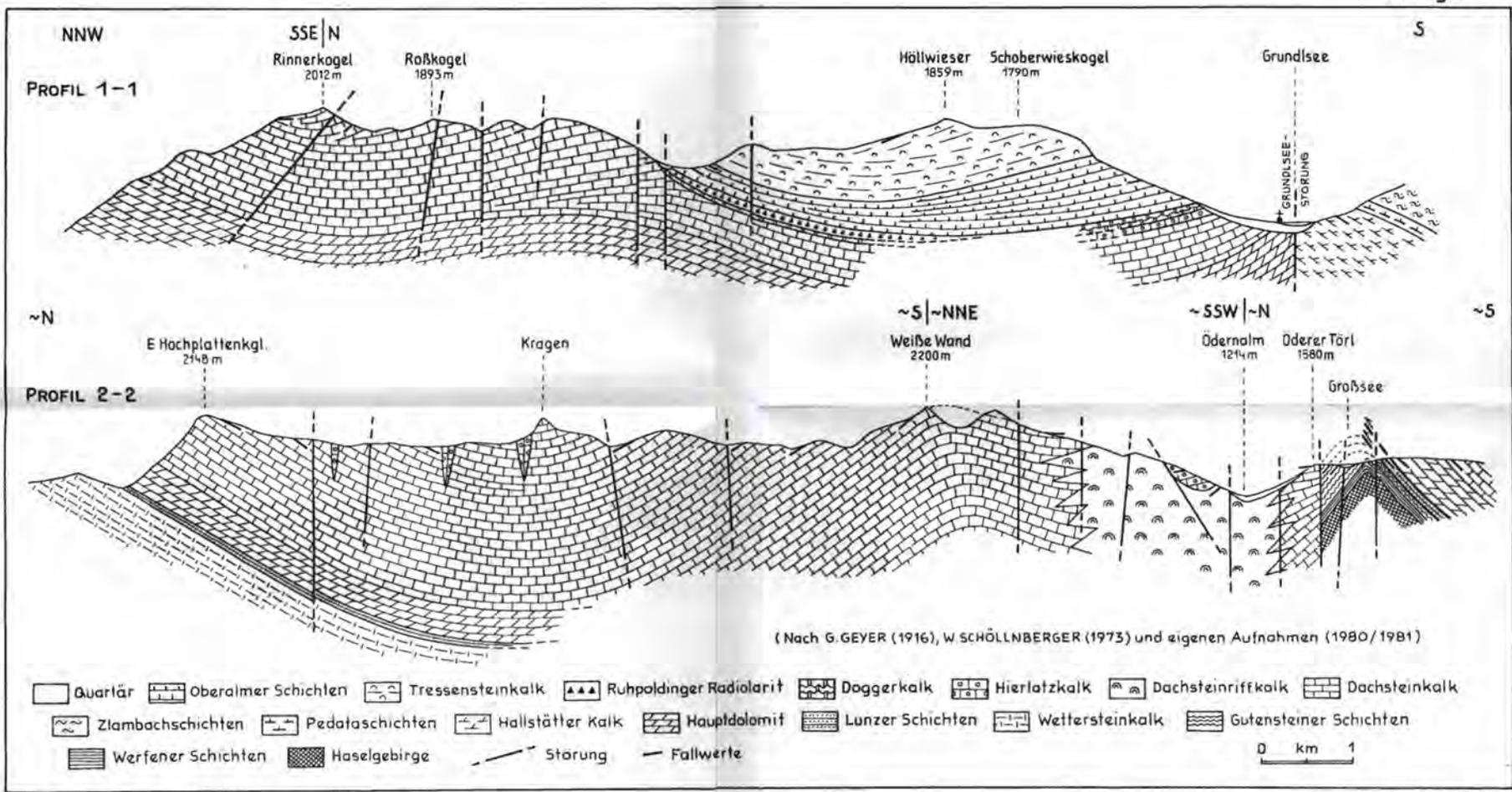




PHOTOGEOLOGISCHE KARTE DES TOTENGEIRGS-PLATEAUS R. SCHWINGENSCHLÖGL 1980 1981

- |  |  |  |              |
|--|--|--|--------------|
| <b>ra</b> rezentes Alluvium            | <b>ihst</b> Jura-Hornsteinkalk                                       | b-Achsen, geneigt  | Profillinien |
| Schuttfelder bzw. -fächer              | Spaltenfüllung im tdk, meist Lias-Crinoidenkalk                      | b-Achsen, horizontal   |              |
| grober Blockschutt, Bergsturzmaterial  | <b>tdk</b> Dachsteinkalk   | Störungen, Großklüfte <span style="margin-left: 20px;">sicher</span> <span style="margin-left: 20px;">(  steil einfallend)</span> <span style="margin-left: 20px;">vermutet</span> |              |
| Schutt- und Bodenbildung, Almböden     | <b>td</b> Hauptdolomit   | Zerrklüfte bzw. -störungen im geschichteten tdk  |              |
| Rutschmassen                           | <b>tmd</b> Mitteltrias-Dolomit                                       | Grenze zwischen Rifffazies und Lagunenfazies im tdk  |              |
| Schwinden, Schlucklöcher und Dolinen   | Rauhwackenbildung  | Augensteinsschotter NNE der Planka Mira  |              |
| Aptychenschichten, Oberalmer Schichten | Schichtköpfe bzw. Schichtstufen                                      | Höhle (Höhlenportal)   |              |
| Tresenstein                            | Fallrichtung, Fallwinkel: $\rightarrow$ bis 30°, $\rightarrow$ > 30° | Bildmittelpunkt des jeweiligen Luftbildes  |              |
| Radiolarit                             | Fallwert im geschichteten Dachsteinkalk (= tdk)                      |  |              |





Geochemie oligozäner shoshonitischer Ganggesteine aus der  
Kreuzeckgruppe (Kärnten/Osttirol)

von

Alexander DEUTSCH

Anschrift des Verfassers:  
Dr. Alexander Deutsch  
Forschergruppe „Erde-Mond-System“  
Universität Münster  
Corrensstraße 24  
D-4400 Münster

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	32	S. 105–124	Wien, 1986
---------------------------------------	----	------------	------------

## Inhalt

Zusammenfassung, Abstract . . . . .	106
Einleitung . . . . .	107
Mineralogie und Petrologie . . . . .	108
Sekundäre Minerale . . . . .	111
Altersbestimmungen . . . . .	115
Geochemie . . . . .	115
Genetische Interpretation . . . . .	120
Literatur . . . . .	122

## Zusammenfassung

Im Altkristallin der Kreuzeckgruppe sowie S Lienz treten basische Gänge auf, deren Intrusionsalter zwischen 29.9 und 24.1 Mio. J. (K/Ar, Rb/Sr) betragen. Aufgrund der hohen Alkaligehalte (mit  $K > Na$ ), der Anreicherungen an inkompatiblen Elementen und Fluids sowie wegen des fehlenden Trends einer Eisenanreicherung können diese subvulkanischen Gesteine als Basalte bzw. basaltische Andesite der Shoshonitreihe bezeichnet werden. Hauptgemengteile dieser Gänge sind titanreiche Hornblende- und Biotitphenokristalle sowie aluminiumreiche Salite bis Titanaugite in einer Grundmasse aus Plagioklas (An<sub>60–46</sub>, von Alkalifeldspat ummantelt), Alkalifeldspat, Klinopyroxen, Hornblende und Biotit. Als Spätbildungen treten Ocellis auf. Unter den Sekundärmineralen sind ein eisenreicher Pumpellyit sowie Analcim zu erwähnen. Es wird angenommen, daß primitive shoshonitischen Magmen durch Teilaufschmelzung eines kaersutitführenden Granat/Herzolites im oberen Mantel gebildet wurden. Anschließende Fraktionierung bei niedrigen Drucken führte zu den kristallreichen alkalischen Basalten und basaltischen Andesiten. Die Strontiumisotopenverhältnisse (.7075 – .713) zeigen, daß die ursprünglichen Magmen gegenüber subkontinentalen Mantelgesteinen angereichert waren und, daß beim Aufstieg der Schmelzen Krustenmaterial assimiliert wurde.

## Abstract

In the Austroalpine unit south of the Tauern Window basic dykes with intrusion ages between 29.9 and 24.1 m. y. (K/Ar, Rb/Sr) are found. Geochemically these subvolcanic basaltic to andesitic rocks are characterized by a high alkali content with  $K > Na$ , high concentrations of incompatible elements and high but variable fluid contents; the common trend of iron enrichment is not observable. LREE are strongly fractionated, the patterns show step HREE and no too insignificant negative Eu-anomalies. The petrographic features of these rocks are large mafic phenocrysts (titanian biotite, titanian hastingsite, aluminous salite and Ti-augite) in a groundmass consisting of plagioclase (An<sub>60–46</sub>, jacketed by K-feldspar), alkalifeldspar, clinopyroxene, hornblende and biotite. In certain parts of the matrix ocellis are frequent. Among others analcime and a rarely described iron-rich pumpellyite are found as deuteric phases. Because of the geochemical and petrographic characteristics these dykes are seen as members of the shoshonitic volcanic family. Probably the most

primitive magmas are produced by partial melting of a kaersutite-bearing garnet-lherzolite in the upper mantle. Subsequent fractionation under low pressure resulted in the observed dykes rich in phenocrysts. The strontium isotopic ratios of .7075 to .713 point to an already enriched subcontinental mantle in the source region – which is also indicated by the strong enrichment in LIL and LREE elements – and further, these strontium data provide some information about an assimilation of crustal material en route to surface.

### Einleitung

Entlang des Alpenbogens drängen in spätalpidischer Zeit Plutone auf, die an vielen Stellen von altersgleichem Gangvulkanismus begleitet werden. Seit EXNER's zusammenfassender Darstellung der „periadriatischen Magmatite“ (1976) wurden in den Ostalpen die Rieserfernerintrusion (v. GIZYCKI und SCHMIDT 1978; BELLINI et al. 1981; GRATZER 1984) und die Ganggesteinsvorkommen im Altkristallin Kärntens und Osttirols (DEUTSCH 1980, 1984) geochemisch neu bearbeitet. Bei Kartierungsarbeiten in der Kreuzeckgruppe wurden einige basische Gänge gefunden (Abb. 1), die auf Grund mineralogischer und geochemischer Kriterien sowie wegen

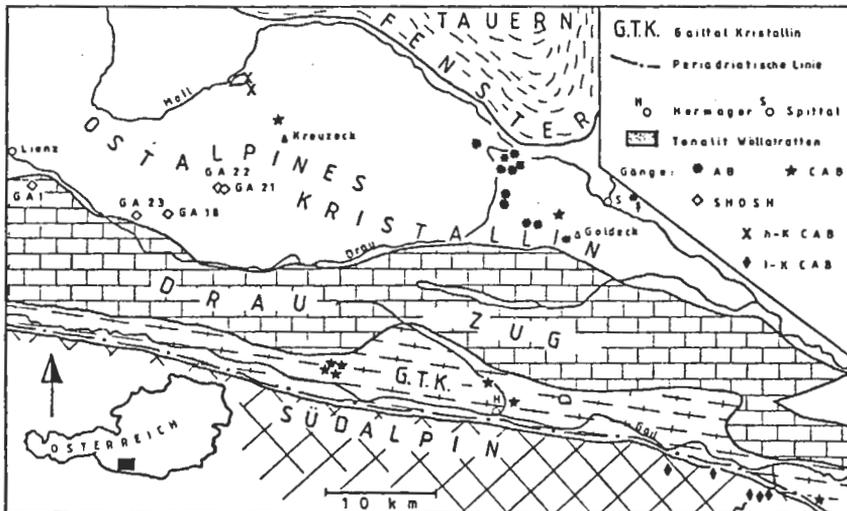


Abb. 1: Geologische Übersichtsskizze der Region südlich des Tauernfensters mit den Fundpunkten der basischen Ganggesteine. AB: Alkalibasaltisch (DEUTSCH 1980), CAB: Kalkalkalisch, SHOSH: Shoshonitisch, h-K CAB: Kalibetont kalkalkalisch, l-K CAB: Kaliarm kalkalkalisch.

ihrer jungen Intrusionsalter eine eigenständige genetische Bedeutung haben. In der vorliegenden Arbeit werden die Resultate der Untersuchungen an diesen shoshonitischen Ganggesteinen vorgestellt und mögliche Modelle der Magmengenese in Zusammenhang mit plattentektonischen Vorstellungen über die Gebirgsbildung in den Ostalpen diskutiert.

### Mineralogie und Petrographie

Die subvulkanischen Shoshonite treten in 2–10 m mächtigen, unverschieferten Gängen auf, sie haben eine bräunliche Farbe und abhängig von der Korngröße einen gesprenkelten Bruch. In den Randzonen der Gänge werden die Gesteine sehr feinkörnig. Kontakterscheinungen fehlen in den Nebengesteinen mit Ausnahme von Rekristallisation in den feinkörnigen Apt-Alb-Flysch, in denen das Vorkommen GA-1 liegt. Makroskopisch sind Hornblende, Biotit, Klinopyroxenester und ovale, perl-schnurartig aufgereichte Ocellis zu erkennen.

Nebengesteinseinschlüsse fehlen, jedoch treten in allen Proben bis cm-große korrodierte Quarz xenokristalle auf. Grobkörnige Klinopyroxene gefolgt von Hornblenden und Biotitphenokristallen sind in allen Proben zu finden; Klinopyroxen wird von diesen beiden Phasen teilweise ummantelt und korrodiert. Hauptgemengteile der aplitischen Grundmasse sind Feldspatfeln (Plagioklasen von Alkalifeldspat ummantelt bzw. Alkalifeldspäte in den stärker differenzierten Proben), Biotit, Klinopyroxen und in einem Teil der Proben Hornblenden. Unter den Akzessorien sind Magnetit-Ulvöspinel, Ilmenit und mm-lange Apatitnadeln zu erwähnen. Die Ocellis werden von einem Gerüst aus Hornblendestengeln und Biotitblättchen umhüllt, gegen das Hohlraumzentrum kristallisieren zuerst radialstrahlig Alkalifeldspat (teilweise mit Kernen von  $An_{33-10}$ ), dann Kalzit, Chlorit und Analcim. Unter den Umwandlungsprodukten sind Analcim, Chlorit, mixed-layer Tonminerale, Kalzit, vereinzelt auftretender Epidot, Prehnit und Pumpellyit, sowie ein  $2M_2$ -Hellglimmerpolymorph in den Plagioklasen zu erwähnen. Stellenweise sind die Feldspäte der Grundmasse stark zersetzt, bei den mafischen Phasen erscheint Biotit immer frisch.

In zwei Proben wurden mafische Knollen gefunden, die als Kumulate interpretiert werden. Sie bestehen aus teilweise serpentinierten Klinopyroxenen bzw. Hornblenden, welche mit Biotit und Alkalifeldspat koexistieren und vereinzelt Klinopyroxeneinschlüsse haben.

Die Feldspäte weisen häufig einen anorthitreichen Kern ( $An_{60}-An_{46}$ ) auf und sind von Alkalifeldspäten (Mischkristalle mit Zusammensetzungen zwischen  $An_{01}-_{08} Ab_{15}-_{92} Or_{04}-_{82}$ ) ummantelt. Mit zunehmender Differentiation sinkt der Volumenanteil der Plagioklase, in Ga-23 bildet Albit die Zentren der Feldspatfeln ( $An_{04} Ab_{92} Or_{04}$  von  $An_{01} Ab_{32} Or_{67}$  umhüllt). (Analysen Tab. 1).

Bei den farblosen bis bräunlichen Klinopyroxenen handelt es sich um stark zonierte aluminiumreiche Salite bis Titanaugite mit Titangehalten bis 3.40/Gew.-%  $TiO_2$  und  $Al_2O_3$  bis 8.8 Gew.-%;  $Na_2O$  kann bis 5.4 Gew.-% ansteigen. Natrium, Titan,  $Al^{IV}$  und Aluminium sowie Eisen nehmen gegen die Kornränder hin zu, während die Wollastonit- und Enstatitkomponenten einen umgekehrten Trend zeigen. Kumulatklinopyroxene enthalten bis zu 1.9 Gew.-%  $Cr_2O_3$  und zeigen im Gegensatz zu den Grundmassepoxenen eine geringe Zunahme der Orthopyroxenkomponente in den Außenzonen (Analysen Tab. 2; Tab. 3). Die Variationen innerhalb der Körner können als Folge einer sich ändernden Magmenzusammensetzung gesehen werden. Abnehmende Temperatur bei gleichbleibendem Druck begünstigt die Zunahme der Jadeit (Jd)- und Kalzium-Tschermaks (CaTs)-Komponenten (THOMPSON, 1974).

Die analysierten Amphibole sind zoniert und zeigen eine große Variabilität; nach der Nomenklatur von LEAKE (1978) handelt es sich um Kaersutite sowie Mischkristalle zwischen pargasitischen und hastingsitischen Zusammensetzungen. Bezogen auf 24 O(OH) beträgt die Al-Substitution in den Tetraedern 1.63 bis 2.35, die Belegung

Gew.-%	GA-1C Grundmasse		koex. mit Kumulathbl.	GA-23 Grundmasse	
	Rand	Zentrum		Rand	Zentrum
SiO <sub>2</sub>	65.40	55.19	65.88	66.45	67.14
TiO <sub>2</sub>	.03	.03	.00	.00	.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.45	27.77	18.71	19.58	20.41
FeO <sup>tot</sup>	.10	.33	.18	.23	.13
MnO	.02	.02	.00	.00	.00
CaO	.19	10.07	.28	.59	.81
Na <sub>2</sub> O	2.61	5.50	3.42	8.45	10.34
K <sub>2</sub> O	12.50	1.15	11.50	4.17	.69
Total	99.30	100.06	99.97	99.47	99.52
Si	12.009	9.995	11.985	11.867	11.817
Al	3.993	5.927	4.012	4.121	4.235
Ti	.004	.004	—	—	—
Fe <sup>tot</sup>	.016	.051	.027	.034	.019
Mn	.004	.004	—	—	—
Ca	.037	1.953	.054	.113	.153
Na	.929	1.931	1.205	2.927	3.529
K	2.927	.267	2.657	.950	.155
Ab	23.87	46.52	30.77	73.36	91.97
An	.96	47.05	1.38	2.83	3.99
Or	75.17	6.43	67.85	23.81	4.04

Tab. 1: Mikrosondeanalysen von Feldspäten (normiert auf 0 = 32.) aus den shoshonitischen Gängen. Analysenmethodik: ARL-SEMQ-Mikrosonde der ETH-Zürich, 6 Spektrometer, 15 kV Beschleunigungsspannung, 50nA Probenstrom, ZAF-Korrektur. Standards: Natürliche Silikate.

der A-Gitterplätze kann bis zu .4 K und .6 Na erreichen, wobei weiteres Na mit Ca auf M(4)-Plätzen koordiniert ist. Der Titangehalt steigt bis 3.93 Gew.-% TiO<sub>2</sub> an, Fe<sup>tot</sup> variiert von 8.86 bis 27.5 Gew.-%, wobei die extrem eisenreichen Amphibole nur als schmale, hellgrüne Säume um Grundmasseamphibole gefunden wurden. In den Kernen der Kumulathornblenden steigt der MgO-Gehalt auf 15 Gew.-%, diese enthalten auch geringe Spuren an Chrom (Tab. 4).

Biotite enthalten bis zu 6.40 Gew.-% TiO<sub>2</sub> und zeigen ähnlich wie die Amphibole randlich eine sehr starke Eisenanreicherung (bis 22. Gew.-%), die mit einer tiefbraunen Färbung verbunden ist. In den hellocker gefärbten Kernen steigt MgO bis 19.2 Gew.-% an. Biotite im Hornblendekumulat enthalten etwas mehr Al<sup>VI</sup> (.458 gegen .2 in den Kernen der Matrixbiotite; bezogen auf 24 O(OH)) und haben einen gleichbleibenden MgO-Gehalt um 17 Gew.-% (Tab. 4). Der höhere MgO-Gehalt ist mit dem Einbau von Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verbunden (.05 – .55 Gew.-%). Feinkörnige Karbonat-Chloritgemenge, die nur innerhalb der Grundmasse und in einigen Hornblenden der Probe GA-1 zu sehen sind, könnten als Pseudomorphosen nach Olivin gedeutet werden; allerdings wurde kein frischer Olivin gefunden. Im Vergleich zu den Zusam-

Gew.-%	GA-21 Kumulatpyroxen		GA-18 großer Phenokristall		GA-1B Grundmassepyroxene		GA-1C
	Zentrum	Rand	Rand	Zentrum	Rand	Zentrum	Rand
SiO <sub>2</sub>	52.51	52.46	48.24	52.33	44.01	48.74	44.36
TiO <sub>2</sub>	.25	.26	1.62	.06	2.19	1.52	3.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.14	2.19	5.46	2.56	9.17	4.12	8.80
FeO <sup>tot</sup>	4.88	4.87	7.02	8.02	11.56	8.07	9.33
MnO	.15	.14	.13	.05	.21	.13	.10
MgO	16.32	16.33	13.60	12.61	8.50	13.00	10.41
CaO	22.40	22.36	22.35	23.28	22.74	23.03	23.18
Na <sub>2</sub> O	.42	.40	.31	.64	.45	.32	.44
K <sub>2</sub> O	.00	.00	.01	.00	.03	.00	.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.08	.10	.09	.08	.00	.00	.00
Total	99.15	99.11	98.83	99.63	98.86	98.93	100.15
Si	1.942	1.941	1.818	1.956	1.705	1.848	1.682
Al <sup>IV</sup>	.058	.059	.182	.044	.295	.152	.318
Al <sup>VI</sup>	.035	.037	.061	.069	.124	.032	.075
Cr	.002	.003	.003	.003	—	—	—
Ti	.007	.007	.046	.002	.064	.043	.100
Fe	.151	.151	.221	.251	.375	.256	.296
Mn	.005	.004	.004	.001	.007	.004	.003
Mg	.900	.901	.764	.703	.491	.734	.588
Ca	.888	.887	.903	.933	.944	.936	.942
Na	.030	.028	.023	.045	.034	.023	.032
K	—	—	.001	—	.001	—	.001
100 Mg/(Mg+Fe)	86	86	76	74	57	74	68
Wo	45	45	45	49	47	46	46
En	47	47	43	38	30	40	36
Fs	8	8	12	13	23	14	18
Al <sup>IV</sup> /Al <sup>VI</sup>	1.63	1.62	2.98	.63	2.38	4.74	4.24

Tab. 2: Mikrosondenanalysen von Klinopyroxenen (normiert auf 0 = 6) aus den shoshonitischen Gängen.

mensetzungen der mafischen Phasen aus den alkalibasaltischen Ganggesteinen des Goldecks (DEUTSCH 1980) sind Pyroxene, Amphibole und Biotite der Kreuzeck-Shoshonite titanreicher, obwohl die Titangehalte der Gesamtgesteine niedriger sind. In den zonierten Mineralen fällt das Fehlen von Rekurrenzen auf und abrupte Änderungen der Mineralchemie treten nur an der Grenze zu den eisenreichen Randzonen bei Hornblende und Biotit auf. Der bedeutendste Unterschied liegt in den hohen Aluminiumgehalten der Klinopyroxene: CaTs-Gehalten bis zu 10.8 Mol % in den Titanaugiten der Shoshonite steht eine CaTs-Komponente bis zu 4.8 Mol-% in den Saliten der Goldeck-Alkalibasalte gegenüber. Bei 1 Atmosphäre Druck können bis zu 11.7 Gew.-% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> im Diopsid gelöst werden (HYTÖNEN und SCHAIRER, 1961), wobei der Einbau von Aluminium in die Z-Gitterplätze durch niedrige SiO<sub>2</sub>-Aktivität

Mol.-%	Grundmassepyroxene		Kumulatpyroxene	
	Rand	Zentrum	Rand	Zentrum
Jd	6.1	2.3	2.9–3.8	(kein klarer Trend)
Ca TiAl <sub>2</sub>	9.6	4.2	4.5	.17
Ca Ts	10.8	3.1	7.6	2.5
Wo	35.8	41.6	37.6	44.6
En	23.1	36.9	36.6	44.3
Fs	18.0	12.6	7.6–7.8	(kein klarer Trend)
Opx	4.9	8.1	12.5	2.8
Chrom	—	±	+	++

Tab. 3: Verteilung der theoretischen Endglieder in Mol.-% in den Klinopyroxenen; die Berechnung erfolgte nach CAWTHORN and COLLERSON (1974).

begünstigt wird. In den analysierten Klinopyroxenen sind zwischen 67 und 83 % des Aluminiums tetraedrisch gebunden, die tiefsten Werte findet man in den Kumulatpyroxenen. Aufgrund der Al<sup>IV</sup> : Al<sup>VI</sup> - Proportionen (4.79–2.83) sind die Grundmassepyroxene unter niedrigem Druck kristallisiert (WASS, 1979). Die Kumulatpyroxene sowie einzelne Großkristalle hingegen mit Al<sup>IV</sup> : Al<sup>VI</sup> zwischen 2.34 und .63, mit niedrigen TiO<sub>2</sub>-Gehalten (< .6 Gew.-%), erhöhten Na<sub>2</sub>O-Werten sowie mit Magnesiumzahlen (mg\*) von 84–86 dürften bei höherem Druck gebildet worden sein (WASS, 1979; THOMPSON, 1974).

#### Sekundäre Minerale

MARIOTTI und VELDE (1972) vermuteten in dem Ganggesteinsvorkommen S Lienz (= GA-1) Analcim und Pumpellyit. Neben anderen Alterationsprodukten wurden diese Phasen mit der ESMS untersucht (Analysen Tab. 5). In GA-1 tritt Analcim relativ grobkörnig (.2 x 02 mm) in Tafeln oder radialstrahlig in Ocellis auf, die aus umgesetzten Feldspäten und Kalzit bestehen. Mit der Mikrosonde konnte in der Grundmasse Analcim verwachsen mit Kaliumfeldspat und Albit nachgewiesen werden. Nach Korrektur der Rohdaten mit einem H<sub>2</sub>O-Gehalt von 8.2 Gew.-% (entsprechend OH 2.000–2.018) erreichen die Analysentotale 99.2–100.7 Gew.-%. Eisen- bzw. Kaliumgehalte sind äußerst gering (bis .12 Gew.-% bzw. .41 bis 1.15 Ges.-%). Die CaO-Gehalte bis 2.24 Gew.-% zeigen aber, daß ein Mischkristall mit einer Wairakit-Komponente vorliegt. Das Si/Al-Verhältnis (1.763–2.003) und die Summe der Kationen mit großem Ionenradius (Na + K + 2 Ca = 13.16 – 16.63) stellen die untersuchten Analcime in den Bereich „C“ von COOMBS und WHETTEN (1967). Derartige SiO<sub>2</sub>-arme Analcime werden durch direkte Präzipitation aus stark alkalischen Wässern gebildet. Für diese Genese spricht auch das Auftreten in Ocellis, die durch rasche Unterkühlung eines fluidreichen Magmas entstehen können (CARSTENS 1982).

Pumpellyit mit starkem Pleochroismus von blaugrün zu dunkelgrün wurde nur in der Probe GA-18 sicher nachgewiesen. Er tritt sowohl in Prismen als flächenhaft in der Gesteinsmatrix und den Ocellis auf und ist mit sekundärem Quarz und Chlorit oder mit Quarz und Epidot vergesellschaftet; beide Paragenesen werden von Albit

Gew.-%	GA-1B Grundmasseamphibol		GA-1B Kumulatamphibol		GA-22 Grundmassebiotit		GA-23 Kumulatbiotit	
	Rand	Zentrum	Rand	Zentrum	Rand	Zentrum	Rand	Zentrum
SiO <sub>2</sub>	36.87	36.67	42.00	43.33	35.64	37.35	36.05	36.29
TiO <sub>2</sub>	3.38	3.93	1.87	1.78	6.40	3.96	3.32	3.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.16	15.25	12.59	11.43	15.12	15.27	15.60	16.45
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.00	.00	.08	.09	.00	.54	.07	.03
FeOtot	27.48	17.44	11.75	10.06	12.17	7.18	11.66	10.84
MnO	.61	.22	.17	.11	.00	.00	.05	.05
MgO	2.77	8.04	13.06	15.43	15.31	19.72	16.97	16.50
CaO	11.05	11.76	11.14	10.91	.14	.03	.06	.03
Na <sub>2</sub> O	2.29	2.13	2.40	2.44	.70	.50	.76	.71
K <sub>2</sub> O	1.97	1.63	1.41	1.15	8.81	9.55	8.22	8.81
H <sub>2</sub> O )	2.20	2.20	2.20	2.20	3.40	3.40	3.40	3.40
Total	100.78	99.27	98.67	98.93	97.69	97.50	96.16	96.37
Si	5.873	5.642	6.257	6.369	5.399	5.546	5.503	5.513
AlIV	2.127	2.358	1.743	1.631	2.601	2.454	2.497	2.487
AlVI	.157	.407	.467	.349	.099	.218	.309	.458
Cr	--	--	.010	.010	--	.064	.008	.004
Fetot	3.662	2.244	1.464	1.236	1.542	.891	1.488	1.377
Ti	.406	.454	.209	.197	.729	.442	.381	.373
Mn	.083	.028	.022	.014	--	--	.007	.006
Mg	.659	1.843	2.900	3.381	3.457	4.364	3.861	3.736
Ca	1.887	1.939	1.777	1.718	.023	.005	.010	.004
Na	.710	.634	.693	.696	.205	.143	.224	.208
K	.402	.319	.267	.216	1.703	1.809	1.601	1.708
H	2.338	2.258	2.186	2.157	3.435	3.368	3.462	3.446
100Mg/(Mg+Fe)	15	45	66	73	69	83	72	73

Tab. 4: Mikrosondeanalysen von Amphibolen und Biotiten (normiert auf 0 = 24) aus den shoshonitischen Gängen. +). Für die ZAF-Korrektur wurden 2.2 bzw. 3.4 Gew.-% H<sub>2</sub>O zugefügt.

Gew.-%	GA-18 Pumpellyit		GA-21		GA-22 Chlorit		GA-23		JM 68 Epidot		JM 68 Prenhit		GA-1C Analcim		GA-1C	
		35.49	36.16	34.15	32.66	33.14	37.97	43.82	54.47	52.42						
TiO <sub>2</sub>	.26	.54	.00	.00	.00	.05	.04									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.73	16.76	13.68	12.66	13.13	27.55	23.71	24.08	25.03							
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.67*	4.28*														
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.00	.07	.00	.00	.00	.00	.00									
FeO	9.92*	9.42*	26.01	23.79	17.98	7.31	.68	.03	.09							
MnO	.05	.08	.11	.05	.20	.13	.05	.00	.00							
MgO	2.27	2.45	14.24	18.12	21.53	.00	.00	.00	.00							
CaO	22.55	22.42	.96	.32	.30	24.08	27.46	.62	2.06							
Na <sub>2</sub> O	.00	.00	.12	.11	.06	.00	.03	10.66	11.77							
K <sub>2</sub> O	.00	.00	.15	.09	.06	.00	.01	1.14	.41							
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> )	6.60	6.60				2.00	4.40	8.20	8.20							
Total	98.54	98.78	89.42	87.80	86.40	99.09	100.20	99.20	99.98							
Si	6.159	6.185	3.495	3.383	3.381	3.021	6.031	2.000	1.927							
Al	3.217	3.379	.505	.617	.619	—	—	—	—							
Fe <sup>3+</sup>	.783	.621	1.145	.929	.960	2.583	3.846	1.042	1.085							
Ti	.034	.070	.000	.000	.000	.003	.005	—	—							
Cr	.000	.009	.000	.000	.000	.000	.000	—	—							
Fe <sup>2+</sup>	1.397	1.277	2.226	2.061	1.534	.486	.078	—	—							
Mn	.008	.012	.009	.004	.017	.009	.006	.001	.003							
Mg	.586	.625	2.172	2.798	3.275	.000	.000	.000	.000							
Ca	4.194	4.109	.105	.035	.032	2.053	4.050	.024	.081							
H	7.641	7.530	.023	.022	.012	.000	.007	.759	.839							
			.019	.012	.008	.000	.003	.053	.019							
						1.060	4.040	2.009	2.011							
								Si/Al	1.919							

Tab. 5:

Mikrosondeanalysen von Sekundärmineralen aus den shoshonitischen Gängen. Pumpellyit normiert auf 0 = 28, Chlorit auf 0 = 14, Epidot auf 0 = 13, Prenhit auf 0 = 24, Analcim auf 0 = 24.+). Für die ZAF-Korrektur wurden 6.6 (Pumpellyit), 2.0 (Epidot), 4.4 (Prenhit) bzw. 8.2 Gew.-% H<sub>2</sub>O (Analcim) hinzugefügt. \*) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : FeO nach PASSAGLIA and GOTTARDI (1973). )FeOtot.

und Kalzit begleitet. Zur Berechnung der Strukturformel der analysierten Pumpellyite wurde das von COOMBS et al. (1976) vorgeschlagene Schema  $W_4 X_2 Y_4 Z_6 O_{20} (OH)_8$  verwendet. Unter der Annahme, alle oktaedrischen Gitterplätze wären aufgefüllt, können relativ einheitliche Werte von .55 bis .75 für  $Fe^{3+}$  in der Y-Position errechnet werden. Da nach PASSAGLIA und GOTTARDI (1973) der Wert für  $(Fe^{2+} + Mg + Mn)$  auf den oktaedrischen X-Gitterplätzen zwischen .71 und 1.55 liegen sollte, dürfte ein Teil des Eisens in diesen Gitterplätzen ebenfalls in einem höheren Oxidationszustand sein. Alle analysierten Pumpellyite haben niedrige Magnesiumgehalte und liegen im Feld des Pumpellyits-(Fe) (Abb. 2). Sie stellen Mischkristalle zwischen Julgoldite und Pumpellyit dar. Ähnlich eisenreiche Zusammensetzungen sind bislang selten beschrieben und treten nur in der Zeolithfazies auf (vgl. LIOU, 1979). In Geo-

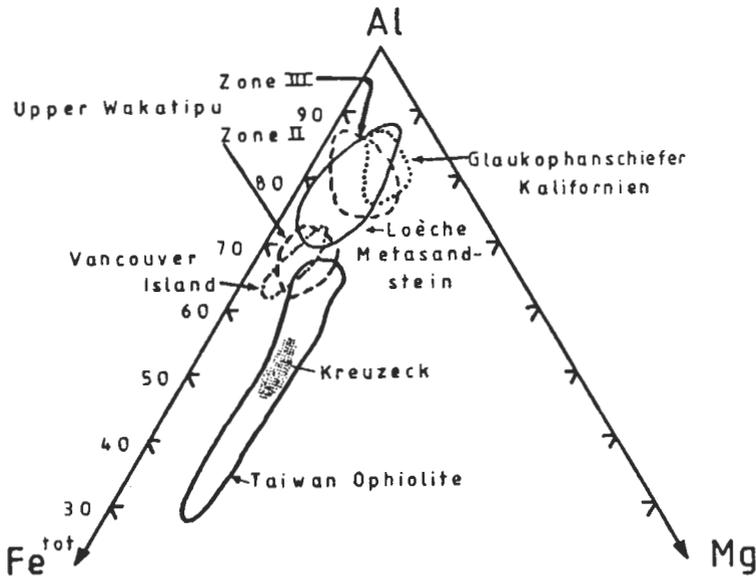


Abb. 2: Variation in der chemischen Zusammensetzung der analysierten Pumpellyite aus den shoshonitischen Gängen des Kreuzecks im Al-Fe<sup>tot</sup>-Mg-Diagramm. Die Vergleichsfelder sind nach LIOU (1979) zusammengestellt.

thermalfeldern in Island beginnt das Wachstum einer eisenbetonten Pumpellyitvariante bei 130°C (SIGVALDASON, 1962). Bei fortschreitender Metamorphose, in der Prehnit-Pumpellyitfazies, nimmt der Aluminiumgehalt des Pumpellyits zu (KAWACHI, 1975). Die Bildung des Pumpellyites in GA-18 wird daher in Zusammenhang mit Lösungsumsatz bei niedrigen Temperaturen gestellt. Blaßgelber Prehnit bildet „Palisaden“ in kleinen Rissen oder faserige Aggregate in umgesetzten Teilen der Grundmasse, er tritt in der Paragenese Chlorit-Quarz und gemeinsam mit Albit auf. Die analysierten Prehnite zeigen kaum chemische Variationen und haben niedrige Eisengehalte ( $FeO_{tot}$  : .68 bis 1.4 Gew.-%). Nach KUNIYOSHI und LIOU (1976) ist eisenreicher Prehnit bei höheren Temperaturen stabil. Als weitere Sekundärbildungen treten zonierte Epidote mit einer Pistazitkomponente bis zu 26 Mol.-%

auf.. Die Minimumtemperatur für die Bildung von Epidot in Geothermalfeldern liegt bei etwa 200°C (TOMASSON und KRISTMANNSDOTTIR, 1972), jedoch wurde eisenreicher Epidot mit  $Ps_{32}$  in Bohrlöchern in Salton Sea erst bei 320°C gefunden (KEITH et al., 1968). Bei den Chloriten wurden ein flaschengrüner eisen- und aluminiumreicher Typ (Brunsvigit) sowie magnesiumreicher Diabantit bestimmt (Tab. 5).

Die Bildung der sekundären Minerale wird als Folge von Reaktionen zirkulierender Restlösungen mit der primären Mineralogie bei Temperaturen zwischen 200° und 130°C in der Abkühlphase der Ganggesteine interpretiert.

### Altersbestimmungen

Analysentechnik und detaillierte Meßergebnisse der K–Ar- und Rb–Sr-Untersuchungen an den shoshonitischen Ganggesteinen wurden bereits an anderer Stelle veröffentlicht (DEUTSCH, 1984); es wird hier nur eine kurze Zusammenfassung gegeben.

K–Ar-Modellalter von Biotit- und Amphibolkorngrößenfraktionen umfassen eine Spanne zwischen 29.9 und 24.1 Mio. J. Diese Alter werden als Zeitpunkt der Intrusion interpretiert. K–Ar-Mineralisochronen ergaben für GA-1 ein Alter von  $24.2 \pm .6$  Mio. J. ( $2\sigma$ ) für GA-18 eines von  $26.2 \pm .2$  Mio. J. Rb–Sr-Mineralisochronen der Proben GA-18 und GA-23 führten zu Altern von  $29.3 \pm 4.1$  Mio. J. und  $31.7 \pm 1.7$  Mio. J.; diese Resultate stimmen innerhalb der Fehler mit den K–Ar-Modellaltern überein.

Die shoshonitischen Ganggesteine intrudierten während des unteren Oligozäns (29–24 Mio. J.), GA-1 stellt das jüngste magmatische Gestein im Altkristallin südlich des Tauernfensters dar. Damit ist diese Suite etwas jünger als die alkalibasaltischen Ganggesteine des Goldecks ( $29.9 \pm .4$  Mio. J.) und auch jünger als die tonalitischen Intrusiva des umgebenden Gebietes (44. bis 30. Mio. J., siehe Zusammenfassung in DEUTSCH, 1984).

### Geochemie

Die shoshonitische Ganggefolgschaft umfaßt Gesteine mit einem  $SiO_2$ -Gehalt von 44. bis 53.5 Gew.-% (Tab. 6). Charakteristisch sind die hohen Gehalte an Alkalien mit  $K_2O > Na_2O$ , an Phosphor und hygromagmatophilen (LIL-) Elementen (Rb, Sr, Ba, U, Th). Den niedrigen Gehalten an Mg, Ni, Cr stehen Anreicherungen in den Seltenen Erdelementen (SEE) bis 650-fach chondritisch gegenüber. Typisch sind die hohen, als primär betrachteten  $CO_2$ -Werte und der fehlende Trend einer Eisenanreicherung. Die Gesteine sind di-ol-hy- bzw. qz-hy-c-normativ (Basalte bis basaltische Andesite). Abweichend zu den von MORRISON (1980) aufgestellten Charakteristika shoshonitischer Magmen ist der jüngste basaltische Gang GA-1 ne-normativ und führt über 2.5 Gew.-%  $TiO_2$ . In Korrelationsdiagrammen lassen sich die shoshonitischen Gesteine klar von den alkalibasaltischen (DEUTSCH, 1980) und kalkalkalischen Gängen (DEUTSCH, unpubl. Daten) aus der Goldeckgruppe, der Kreuzeckgruppe und dem Gailtalkristallin (vgl. Abb. 3) abgrenzen.

Die shoshonitischen Gänge GA-1 und GA-22 zeigen den primitivsten magmatischen Charakter (vgl. Abb. 4). Der mg\*-Wert von 55 für GA-1 zeigt jedoch gemeinsam mit den niedrigen Ni- bzw. Cr-Konzentrationen (39 bzw. 139 ppm) an, daß aus dieser Schmelze bereits Olivin und Klinopyroxen fraktioniert worden sind. Die schwache

	GA-1	GA-18	GA-21	GA-22	GA-23	
Gew.-%						
SiO <sub>2</sub>	44.03	48.36	47.37	44.27	53.49	
TiO <sub>2</sub>	2.46	1.56	1.73	1.84	1.33	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.59	15.08	14.16	14.18	15.59	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.02	3.59	4.37	3.16	2.24	
FeO	7.75	5.15	3.85	5.75	4.75	
MnO	.20	.17	.15	.17	.12	
MgO	5.39	6.96	6.07	6.53	6.53	
CaO	8.41	6.93	8.39	7.87	4.48	
Na <sub>2</sub> O	3.12	2.62	2.29	2.42	2.99	
K <sub>2</sub> O	3.56	3.92	3.78	2.81	3.41	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.63	.80	.82	.88	.35	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.35	2.42	1.46	2.19	2.53	
CO <sub>2</sub>	.22	.83	3.31	5.36	.93	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.01	.03	.02	.02	.03	
NiO	.00	.02	.02	.02	.02	
Total	98.74	98.44	97.79	97.47	98.79	
ppm						Nachweisgrenzen
Nb	30	34	40	36	19	3
Zr	288	372	383	388	261	4
Y	33	25	22	21	13	4
Sr	1139	1025	1199	1214	834	ID
U	9	12.6	15.7	15.2	11.9	INAA
Rb	69.4	125	117	82.5	106	ID
Th	30	74.4	71.2	72.8	38.0	INAA
Pb	20	24	24	0	0	6
Ga	17	15	15	13	17	2
Zn	95	93	79	104	69	5
Cu	32	18	18	11	15	7
Ni	39	112	102	100	134	7
Co	43	27	29	25	19	6
Cr	134	223	188	211	273	10
V	238	254	242	243	229	3
Ba	1299	1536	1721	1408	1042	2
Sc	32	27	20	23	26	.4
	800	99	1464	1426	582	16
( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) <sub>norm</sub>	.70806(18)	.70905(14)	.7094(24)	.70897(10)	.71328(18)	

Tab. 6: Gesteinschemismus der shoshonitischen Gänge. Analysenmethodik: Haupt- und Spurenelemente mit RFA (NISBET et al. 1979); U, Th und REE (Tab. 7) mit INAA (BAJO et WITTENBACH, 1980); Rb, Sr mit ID (DEUTSCH 1984). Die (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)-Verhältnisse sind auf <sup>88</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 8.37521 normalisiert und auf den Sollwert des NBS-Standards SRM 897 = .71014 adjustiert.

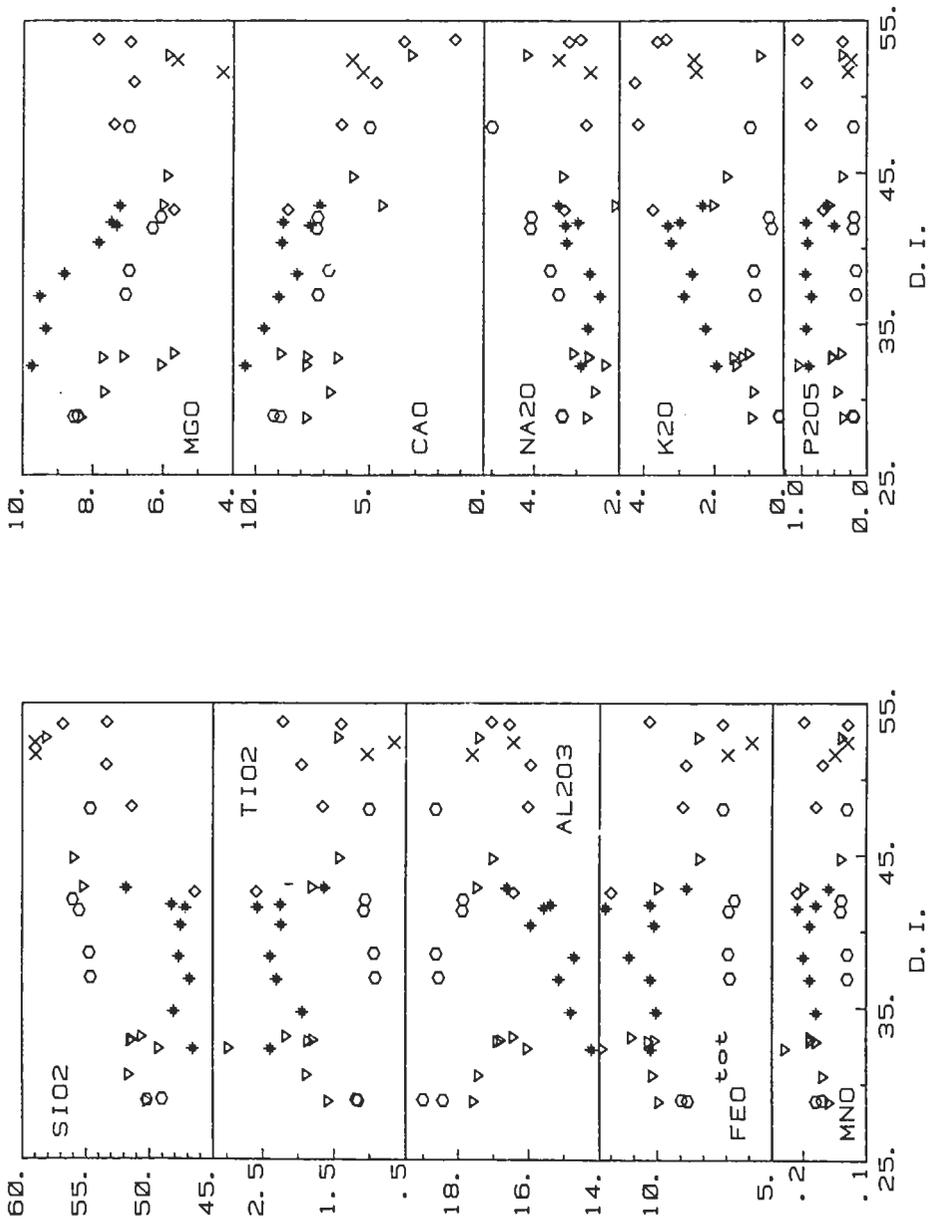


Abb. 3: Variationsdiagramm der Haupt- und Nebenelementoxide (in Gew.-%) gegen den Differenzierungsindex (D.I.), berechnet auf H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-freier Basis, für basische Ganggesteine aus der Region südlich des Tauernfensters. Symbole: Sterne – alkalibasaltisch, Dreiecke – kalkkalkalisch, Sechsecke – kaliarm kalkkalkalisch, Kreuze – kalireich kalkkalkalisch, Vierecke – shoshonitisch. Die hohen und variablen Gehalte der shoshonitischen Gesteine an Fluids, die als primär angesehen werden, sind in dieser Darstellung nicht berücksichtigt.

Zunahme der Nickel-, Chrom- und Magnesiumkonzentrationen mit steigendem Kieselsäuregehalt in den Gängen GA-18 bis GA-23 hingegen deutet auf einen erhöhten Grad der Aufschmelzung. Ni geht bei Aufschmelzung von Granat und Klinopyroxen

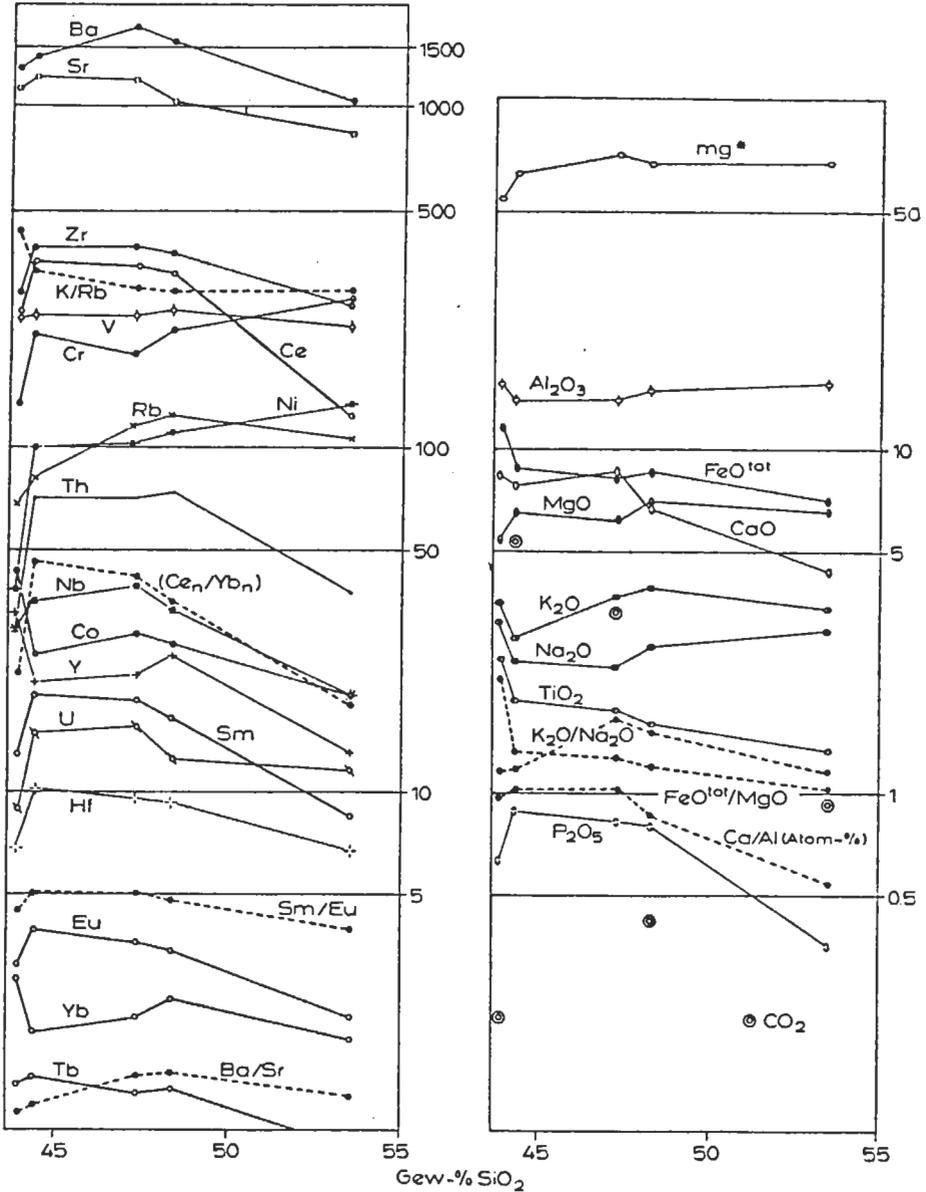


Abb. 4: Korrelationsdiagramm der Haupt- und Nebenelemente (in Gew.-%) sowie der Spurenelemente (in ppm) gegen Gew.-% SiO<sub>2</sub> für die shoshonitischen Ganggesteine aus der Kreuzeckgruppe. Weitere Erläuterungen im Text.

bevorzugt in die Schmelze (GAST 1968), Olivin hingegen hat einen Verteilungskoeffizienten für Nickel um 10. Folglich sollte Olivin im Residuum nur in geringen Anteilen vorhanden sein, und eine Kumulatbildung von Olivin beim Aufstieg der Magmen würden die Ni–SiO<sub>2</sub>-Korrelation umkehren. Wegen der starken Fraktionierung der SEE ( $Ce_N/Yb_N = 22.6$  für GA-1; 47.1 für GA-22, Abb. 5) muß Granat, der die höchsten Verteilungskoeffizienten für schwere SEE hat (SHIMIZU 1975), bei der Magmenbildung als Residualphase stabil gewesen sein. Das nahezu konstante Sm/Eu-Verhältnis (4.46–4.99) und die normalisierten Europiumwerte nahe 1 ( $Eu/Eu^* = .83 - .97$ ) sprechen dafür, daß Plagioklas weder im Residuum als stabile Phase vorlag noch bei der fraktionierten Kristallisation eine größere Rolle spielte. Um die Alkali- bzw. Titananreicherungen erklären zu können, muß die Aufschmelzung von Kaersutit ± Phlogopit ( $K \gg Na$ ) angenommen werden; Phosphor- und SEE-Konzentrationen zeigen, daß auch eine Phosphatphase in die Schmelze gegangen ist. Die Bildung der shoshonitischen Magmen kann also durch partielle Aufschmelzung eines kaersutit- und phlogopitführenden Granattherzolites erklärt werden. Die extremen Konzentrationen der LIL-Elemente, des Titans und der SEE in der Schmelze bedingen nicht nur eine äußerst geringe Teilaufschmelzung (vgl. GAST 1968), zudem muß das Mantelgestein in diesen Elementen bereits gegen die chondritischen Häufigkeiten angereichert gewesen sein.

Für einen an hygromagmatophilen Elementen metasomatisch angereicherten Mantel sprechen auch die Strontiumisotopenverhältnisse von Amphibolen und Klinopyroxen aus den Shoshoniten ( $^{87}Sr/^{86}Sr = .7075 - .7080$ ; DEUTSCH, 1984) und die hohen primären CO<sub>2</sub>-Gehalte der Gesamtgesteine (GA-22 : 5.4 Gew.-% CO<sub>2</sub>). Eine ähnlich radiogene Strontiumisotopie, die die Existenz eines kontaminierten „angereicherten“ subkontinentalen Mantels belegt, haben Diopside in glimmerführenden Granattherzolitknollen aus Kimberliten (MENZIES und MURTHY, 1980). Die Zufuhr der Strontiumkomponente mit erhöhtem  $^{87}Sr/^{86}Sr$ -Verhältnis und der inkompatiblen Elemente kann durch Infiltration des Ausgangsgesteines mit einem CO<sub>2</sub>-reichen Fluid erklärt werden. WENDLANDT und HARRISON (1979) konnten zeigen, daß bei hohem Druck die CO<sub>2</sub>-Dampfphase gegen silikatische Schmelzen stark an SEE, vor allem an leichten SEE angereichert ist.

Aufgrund von Modellrechnungen postulieren WASS und ROGERS (1980) für die Genese ähnlicher Magmen eine 1- bis 5-prozentige Teilaufschmelzung eines kaersutit- und apatitführenden Granattherzolites im oberen Erdmantel, dessen Elementhäufigkeiten durch metasomatische Prozesse zwischen 4- (für Yb) und 20-fach (für La) gegen C-1 Chondrite erhöht waren. ALIBERT et al. (1983) hingegen interpretieren die hohen Konzentrationen an streng inkompatiblen Elementen mit Aufschmelzung und Herauslösung von akzessorischen Mineralen beim Aufstieg des Magmas durch die Kruste. Obwohl im Falle der Shoshonite Kontamination in einem späten Stadium durch die Strontiumisotopie der Gesamtgesteine nachgewiesen ist (GA-23 :  $^{87}Sr/^{86}Sr = .713$ ; DEUTSCH, 1984), zeigen doch  $^{87}Sr/^{86}Sr$  und die SEE-Gehalte der Amphibole (Tab. 7, Abb. 5) aus dem Gang GA-1, daß bereits das ursprüngliche Magma angereichert war. Nach Experimenten von WATSON (1982) sind basaltische Magmen mit K<sub>2</sub>O-Gehalten über 1.5 Gew.-% gegen die weitere Aufnahme von Kalium aus aufgeschmolzenen felsischen Krustengesteinen gepuffert. Da zudem die K/Rb-Verhältnisse der Shoshonite mit Ausnahme von GA-1 (>440) ziemlich konstant sind (283–260), kann für diese beiden Elemente eine Zufuhr während des Aufdringens der Magmen ausgeschlossen werden. Gleiches gilt für Titan, die Seltenen Erden und CO<sub>2</sub>, die alle

ppm	GA-1	GA-18	GA-21	GA-22	GA-23	GA-1 Hbl	GA-18 Cpx	GA-23 Hbl	Reproduzier- barkeit
La	104	198	201	207	74.6	125	33.0	26.3	2 %
Ce	248	327	342	355	130	283	72.5	65.7	2 %
Sm	13.5	16.5	18.4	19.1	8.38	22.5	7.88	9.84	2 %
Eu	3.03	3.39	3.69	3.92	2.15	4.12	1.66	2.20	2 %
Tb	1.36	1.33	1.29	1.46	.803	1.90	.828	.870	6 %
Yb	2.8	2.45	2.08	1.93	1.85	5.97	1.38	2.09	4 %
Lu	.53	.377	.293	.306	.276	.999	.211	.273	3 %
Hf	6.9	9.50	9.84	10.1	6.70	13.3	4.38	4.32	2 %
(Ce <sub>n</sub> /Yb <sub>n</sub> )	22.6	34.1	42.	47.1	18.	13.4	13.4	8.9	
Eu/Eu*	.86	.90	.83	.83	.97				

Tab. 7: REE-Gehalte von Gesamtgesteinsproben und von Mineralkonzentraten (Reinheit > 99. Vol.-%) aus shoshonitischen Gängen.

mit zunehmendem SiO<sub>2</sub>-Gehalt der Ganggesteine im Gegensatz zu den Strontiumisotopenverhältnissen abnehmen (vgl. Abb. 4). Will man die Anreicherungen an inkompatiblen Elementen durch Kontamination des Magmas erklären, so müßte dieser Prozeß bereits im oberen Erdmantel oder in der unteren Kruste vor der Erstauscheidung der mafischen Phasen stattgefunden haben.

Eine Kontamination der basischen Schmelze durch krustales Material kann durch die Präsenz korrodierter Quarz- und Plagioklasenokristalle belegt werden. Der Trend zu höheren Strontiumisotopenverhältnissen weist ebenso auf die Aufnahme von Krustenmaterial beim Aufstieg der Magmen hin. Da aber diese Assimilation im Magma zur verstärkten Kristallisation führt, werden die Effekte der Zufuhr von Material durch die Fraktionierung überlagert und können nicht evaluiert werden.

Die Entwicklung zu dem SiO<sub>2</sub>-reichen basaltisch-andesitischen Gang stellt sich als komplexer Prozeß dar, der durch die zusätzliche fraktionierte Kristallisation von Klinopyroxen und Apatit, in einem späten Stadium auch von Biotit gesteuert wird. Neben diesen Phasen, die Phenokristalle und z. T. Kornhaufen („Kumulate“) bilden, dürfte auch die Fraktionierung von Amphibol ins Gewicht fallen. Jene Elemente, die bevorzugt in Hornblende eingebaut werden, nämlich Zr, Nb, Co und Hf, in gewissem Maße auch Titan korrelieren mit SiO<sub>2</sub> (vgl. Abb. 4) negativ und könnten ein Hinweis auf die fraktionierte Kristallisation von Amphibolen sein. Allerdings kann der Beitrag der Hornblendens wegen der variablen Mineralchemie und der stark unterschiedlichen Verteilungskoeffizienten für die SEE nicht abgeschätzt werden.

Mit Zunahme des SiO<sub>2</sub>-Gehaltes nehmen die REE-Konzentrationen der Gesamtgesteine ab und der (Ce<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub>)-Quotient sinkt (47.1 / 18) (Tab. 7, Abb. 4, 5). Die strenge Korrelation von Ce und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> zeigt die Fraktionierung von Apatit an, als mögliche Ursache für die relative Anreicherung der schweren REE wird die Abtrennung von Klinopyroxen gesehen, dessen K<sub>D</sub>-Werte für diese Elemente deutlich unter 1 liegen (Tab. 7, Abb. 5). Ein weiteres geochemisches Merkmal ist die negative Korrelation von Uran und Thorium mit SiO<sub>2</sub>, wobei beide Elemente in hohen Konzentrationen vorliegen.

### Genetische Interpretation

Die subvulkanischen shoshonitischen Ganggesteine können mit einer komplizierten mehrstufigen Petrogenese am besten erklärt werden. Die Magmen dürften durch

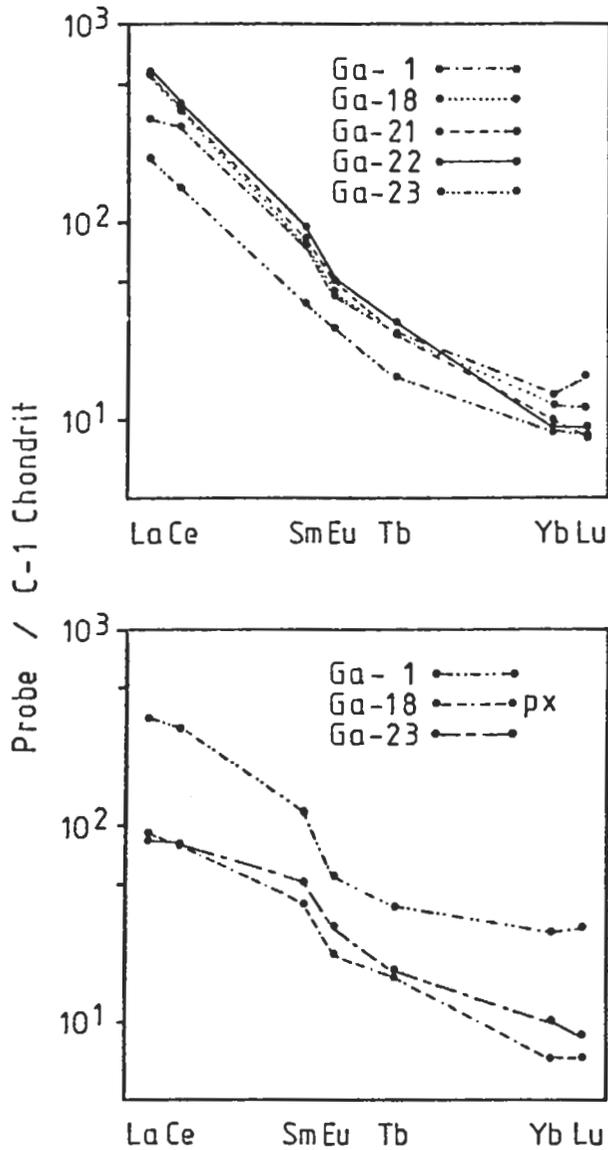


Abb. 5: SEE-Gehalte der shoshonitischen Ganggesteine (oberes Diagramm) sowie von handseparierten Hornblende-Klinopyroxenenkonzentraten (unteres Diagramm) normalisiert auf SEE-Gehalte des C-1 Chondriten Leedy/1.2 (MASUDA et al. 1973).

Teilaufschmelzung eines olivinarmen kaersutitführenden Klinopyroxen-Granattherzolites entstanden sein, welcher in den inkompatiblen Elementen und an radiogenem Sr gegen Mantelgesteine bereits angereichert war. Beim Aufstieg der Magmen kam es zur geringfügigen Assimilation von Krustenmaterial und fraktionierter Kristallisation von Klinopyroxen, Amphibol und Biotit. Das Instabilwerden von Kaersutit und das Fehlen von Plagioklas im Ausgangsgestein weisen auf eine Magmenbildung in größeren Tiefen hin; beispielsweise als Folge der „alpinotypen“ Kontinent-Kontinent-Kollision von Eozän bis Oligozän. Durch das Absinken subduzierter penninischer Lithosphäre wurden zu dieser Zeit im oberen Mantel Partialschmelzen ausgelöst, die zu den mächtigen kalkalkalischen Intrusivkörpern des Adamello, Bergell und Rieserferner führten (DIETRICH, 1984). Ein mögliches Szenario für die Bildung der shoshonitischen Magmen wäre die Zufuhr von Fluids, angereichert an inkompatiblen Elementen, die durch die Dehydratation der penninischen Kruste in den oberen Erdmantel freigesetzt wurden. Dadurch wurde eine geringe Teilaufschmelzung des oberen Erdmantels ausgelöst. Der Aufstieg der Magmen wurde schließlich durch die im Oligozän einsetzende Phase der tektonischen Dehnung begünstigt (LAUBSCHER, 1983).

#### Danksagung

Ich danke Herrn V. DIETRICH (ETH-Zürich) für Diskussionen und die Durchsicht des Manuskriptes, den Herren A. ESENWEIN (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) und WYTTEBACH (E. I. R. Würenlingen) für die Hilfe im analytischen Teil der Arbeit. Die Untersuchungen wurden durch Geldmittel des Schweiz. Nationalfonds Projekt No. N. F. 2.617-0.76 unterstützt.

#### Literatur

- ALIBERT, C., MICHARD, H. and ALBAREDE, F.: The transition from alkali basalts to kimberlites: isotope and trace element evidence from melilitites. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 82, 176–186, 1983.
- BAJO, S. & WYTTEBACH, A.: Extraction liquide-liquide des terres rares et application a leur dosage dans les silicates par activation neutronique. – *E. I. R. Techn. Mitt.* TM-44-80-2, 1980.
- BELLIENI, G., PECCERILLO, A. & POLI, G.: The Vedrette di Ries (Rieserferner) plutonic complex: petrological and geochemical data bearing on its genesis. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 78, 145–156, 1981.
- CARSTENS, H.: Spherulitic crystallization in lamprophyric magmas and the origin of ocelli. – *Nature*, 297, 493–494, 1982.
- CAWTHORN, R. G. & COLLERSON, K.D.: The recalculation of pyroxene end-member parameters and the estimation of ferrous and ferric iron content from electron microprobe analyses. – *Am. Mineral.*, 59, 1203–1208, 1974.
- COOMBS, D. S., NAKAMURA, Y. & VUAGNAT, M.: Pumpellyite-actinolite facies schist of the Tavayanne formation near Loeche, Valais, Switzerland. – *J. Petrol.* 17, 440–471, 1976.
- & WHETTEN, J. T.: Composition of analcime from sedimentary and burial metamorphic rocks. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 78, 269–282, 1967.
- DEUTSCH, A.: Alkalibasaltische Ganggesteine aus der westlichen Goldeckgruppe (Kärnten/Österreich). – *Tschermaks mineral.-petrol. Mitt.*, 27, 17–34, 1980.
- Young alpine dykes south of the Tauern Window (Austria): a K–Ar and Sr isotope study. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 85, 45–57, 1984.
- DIETRICH, V.: Evolution of the Eastern Alps: the traditional concept and modern

- plate tectonics. – *Ann. Geophys.*, 2, 155–160, 1984.
- EXNER, CH.: Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineaments. – *Verh. Geol. B.-A.*, Wien, 1976, 3–64, 1976.
- GIZYCKI, P. V. & SCHMIDT, K.: Zur Genese der Plutone im SW des Tauernfensters (Ostalpen). – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1978, 657–673, 1978.
- GRATZER, R.: Ein Beitrag zur Petrologie der Rieserferner Intrusion in Ost- und Südtirol. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 30/31, 319–342, 1984.
- HYTÖNEN, K. & SCHRAIRER, J. F.: The plane enstatite-anorthite-diopside and its relation to basalts. – *Yb. Carnegie Inst. Washington*, 60, 125–139, 1961.
- KUNIYOSHI, S. & LIOU, J. G.: Burial metamorphism of the Karmutsen volcanics, Vancouver Island, British Columbia. – *Am. J. Sci.*, 276, 1096–1119, 1976.
- LAUBSCHER, H. P.: The tectonic situation of the late Alpine "periadriatic" intrusions. – *Ann. meeting Soc. Geol. Ital. e Soc. Ital. Mineral. Petrol.*, Padova 1983 (abstract).
- LEAKE, B. E.: Nomenclature of amphiboles. – *Can. Mineral.*, 16, 501–520, 1978.
- LIOU, J. G.: Zeolite facies metamorphism of basaltic rocks from the Last Taiwan ophiolite. – *Am. Mineral.*, 64, 1–14, 1979.
- MARIOTTI, A. & VELDE, D.: Sur la presence d'une microsyenite riche en hornblende brune (proche des ehrwaldites) dans le flysch cretace des Lienzer Dolomiten (Tirol, Autriche), au Nord de la Ligne du Gail. – *C. R. Acad. Sci. Paris*, 275, D 1–4, 1972.
- MASUDA, A., NAKAMURA, N. & TANAKA, T.: Fine structures of mutually normalized rare-earth patterns of chondrites. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 239–248, 1973.
- MENZIES, M. & MURTHY, V. R.: Enriched mantle: Nd and Sr isotopes in diopsides from kimberlite nodules. – *Nature*, 283, 634–636, 1980.
- MORRISON, G. W.: Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. – *Lithos*, 13, 97–108, 1980.
- NISBET, E. G., DIETRICH, V. & ESENWEIN, A.: Routine trace element determination in silicate minerals and rocks by X-ray fluorescence. – *Fortschr. Mineral.*, 57, 264–279, 1979.
- PASSAGLIA, E. & GOTTARDI, G.: Crystal chemistry and nomenclature of pumpellyites and julgoldites. – *Can. Mineral.*, 12, 219–223, 1973.
- SHIMIZU, N.: Rare earth elements in garnets and clinopyroxenes from garnet lherzolite nodules in Kimberlites. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 25, 26–32, 1975.
- SIGVALDASON, G. E.: Epidote and related minerals in two deep geothermal drill holes, Reykjavik and Hveragerdi, Iceland. – *USGS Prof. Paper*, 450E, 77–79, 1962.
- THOMPSON, R. N.: Some high-pressure pyroxenes. – *Mineral. Mag.*, 39, 769–787, 1974.
- THOMASSON, J. & KRISTMANNSDOTTIR, H.: High temperature alteration and thermal brines, Reykjanes, Iceland. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 36, 251–276, 1972.
- WASS, S. Y.: Multiple origins of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks. – *Lithos*, 12, 115–132, 1979.
- & ROGERS, N. W.: Mantle metasomatism – precursor to continental alkaline volcanism. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, 1811–1823, 1980.
- WATSON, E. B.: Basalt contamination by continental crust: some experiments and

- models. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80, 73–87, 1982.
- WENDLANDT, R. F. & HARRISON, W. J.: Rare earth partitioning between immiscible carbonate and silicate liquids and CO<sub>2</sub> vapor: results and implications for the formation of light rare earth-enriched rocks. — *Contr. Mineral. Petrol.*, 69, 409–419, 1979.

Manuskript eingelangt am 7. 10. 1985

Manuskript angenommen am 7. 11. 1985

# Beispiele wehrgeologischer Aufgaben im 2. Weltkrieg

von

Hermann HÄUSLER

mit 1 Abbildung

Schlüsselwörter:

Wehrgeologie

1. Weltkrieg

2. Weltkrieg

Wehrgeologengruppe

Wehrgeologenstelle

Organisation Todt (OT)

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hermann Häusler  
Institut für Geologie  
Universität Wien  
Universitätsstraße 7  
A-1010 Wien

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	32	S. 125--136	Wien, 1986
---------------------------------------	----	-------------	------------

## Inhalt

1.0 Zusammenfassung, Abstract . . . . .	126
2.0 Einleitung . . . . .	126
3.0 Zur Entwicklung der Wehrgeologie . . . . .	126
4.0 Gliederung und Aufgaben der Wehrgeologie im 2. Weltkrieg . . . . .	127
5.0 Literatur . . . . .	135
Dank . . . . .	136

### 1.0 Zusammenfassung

Während die Wehrgeologie im Deutschen Reich während des 1. Weltkrieges dem Kriegsvermessungswesen des Heeres angegliedert war, befand sich der Leitende Heeresgeologe im 2. Weltkrieg beim General der Pioniere und Festungen im Oberkommando des Heeres. Die Wehrgeologenstellen des Heeres wurden nach Bedarf z. B. den Festungspionier-Kommanden oder den „Höheren Pionierführern“ der Armeekommanden zugeteilt. Einige Beispiele wehrgeologischer Tätigkeit werden von verschiedenen Frontabschnitten angeführt.

### Abstract

This article is about typical examples of geological war-activities within several theaters of operations during World War II. While the German war-geologists of World War I were incorporated into the "Kriegsvermessungswesen" the "Leitende Heeresgeologe" of World War II was under the command of the General in Charge of Pioneer and Forts responsible to the Army High Command. In case of necessity the posts of army-geologists were appointed e. g. to the Chief of Fort-Pioneer or to the higher advanced pioneer-leaders in the staff of army-commands.

### 2.0 Einleitung

Die kurzgefaßten Beispiele angewandter geologischer Arbeiten während des zweiten Weltkrieges sind ein Auszug einer Dokumentation unveröffentlichter Unterlagen und Mitteilungen von etwa 50 ehemaligen Wehrgeologen, die heute noch in Österreich und in der Bundesrepublik Deutschland leben. Diese Unterlagen des wehrgeologischen Archivs bilden wertvolle historische Ergänzungen zu den publizierten wehrgeologischen Arbeiten sowie Dokumenten, die sich in einigen in- und ausländischen Archiven befinden.

### 3.0 Zur Entwicklung der Wehrgeologie

Erste Anregungen von W. KRANZ, künftig Militärgeologen für Mobilmachungsvorarbeiten einzusetzen, schlugen bereits 1913 fehl. Die Königliche Preußische Geologische Landesanstalt war jedoch schon Anfang März 1914 bereit, die Schaffung von Mi-

litärgeologenstellen zu unterstützen. Auch die von W. KRANZ im März 1914 auf dem Militärdienstweg eingereichte „Denkschrift über die Notwendigkeit etatsmäßiger Militärgeologen für den Festungsbau und die Vorbereitung des Festungskrieges“ blieb ohne Wirkung (W. KRANZ, 1927).

Erst nach dem Übergang von einem Bewegungskrieg zu einem Stellungskrieg wurden im 1. Weltkrieg auch von militärischer Seite geologische Beratungen gefordert. Nach anfänglichen Problemen wurde eine „Kriegsgeologie“ als Organisationsform in das Kriegsvermessungswesen einbezogen (O. ALBRECHT, 1969, S. 44 f.). Am 6. 9. 1916 kamen die ersten 50 Geologen zu den Vermessungsabteilungen. Jede Vermessungsabteilung erhielt eine „Geologengruppe“, den Generalkommandos und Divisionen wurden „Geologenstellen“ zugeteilt. Während des Krieges fungierte die Geologische Abteilung der Preußischen Landesaufnahme mit ihren Zweigstellen in Straßburg und Lille als „Geologische Auskunftsstelle“ und versorgte die Geologen der Kriegsschauplätze mit allen nötigen fachlichen Informationen. Der III. Teil der Kriegs-Vermessungs-Vorschrift über die Kriegsgeologie, herausgegeben im Auftrag des Chefs des Generalstabes des Feldheeres durch den Chef des Kriegs-Vermessungswesens am 15. Januar 1918, enthält z. B. eine Feldanweisung für die Feldgeologen des Kriegsvermessungswesens (Kr. Verm.V, Ziffer 49–53).

Wie einem unveröffentlichten Bericht von E. KRAUS (1918) über die geologische und kriegsgeologische Übersicht des Operationsgebietes der Armeeabteilung B zu entnehmen ist, befanden sich z. B. unter Leitung der bei der Vermessungsabteilung 13 in Colmar befindlichen Geologengruppe mehrere geologische Frontberatungsstellen. Von den 12 Geologen der fünf Beratungsstellen mit den Standorten „Kaysersberg, Wasserburg, Gehweiler, Mühlhausen und Waldighofen“ wurden in der Zeit von Nov. 1916 bis Okt. 1918 über 1000 schriftliche und mündliche wehrgeologische Beratungen für Fragen der militärischen Wasserversorgung, Rohstoffversorgung sowie Stellungsbau und Minierkrieg etc. durchgeführt.

Die geologischen Unterlagen wurden auch in Form mehrfarbiger thematischer Karten 1 : 25.000 oder 1 : 50.000 gedruckt und betrafen z. B.: Stellungsbaukarten, Grundwasserkarten, Entwässerungskarten, Wasserversorgungskarten, Minierkarten, Steinschlag- und Lawinenkarten, Splitterwirkungskarten, Geländegangbarkeitskarten, Tankkarten (Panzerbeurteilung) etc. (s. W. WOCHINGER, 1919).

Insgesamt waren nach W. KRANZ (1943) während des 1. Weltkrieges etwa 200 Geologen zur Beurteilung der Untergrunds-, Gesteins- und Wasserhältnisse aber auch von Rohstoffen für militärische Zwecke im Heeresdienst tätig.

#### 4.0 Gliederung und Aufgaben der Wehrgeologie im 2. Weltkrieg

In der Zwischenkriegszeit wurden mehrere Lehrbücher über die Wehrgeologie veröffentlicht (E. WASMUND 1937; W. KRANZ 1938; K. BÜLOW et al. 1938; C. MORDZIOL 1938). Auch in Einzelarbeiten wurde auf die Notwendigkeit wehrgeologischer Kenntnisse hingewiesen (J. STINY & O. KÜHN 1937).

Ab 1937 begann E. KRAUS mit dem Aufbau eines Wehrgeologischen Dienstes in der Deutschen Wehrmacht.

Im Oktober 1939 kam es in Mülheim zu einem ersten offiziellen Zusammentreffen jener Wehrgeologen, die bereits friedensmäßig im Mobilmachungsplan erfaßt worden sind. Als Leiter von Wehrgeologenstellen waren ordentliche und außerordentliche

Universitätsprofessoren vorgesehen. Eine erste wehrgeologische Ausbildung der Geologie-Assistenten und älteren Studenten wurde von dem Geologie-Professor und Offizier K. RODE betrieben.

Die aufgestellten Wehrgeologenstellen bestanden bereits aus je 9 Mann (Leiter, Stellvertreter, 3 Mitarbeiter meist im UO-Rand, Kraftfahrer etc.). Sie waren vollmotorisiert und hatten eine eigene Feldpostnummer.

Die praktische Ausbildung der ersten jüngeren Wehrgeologen erfolgte von Ende November 1939 bis Jänner 1940 bei der Minierung größerer Luftschutzunterstände in den Braunkohletagbaubetrieben der Niederrheinischen Bucht. Diese ersten kriegsmäßigen Einsätze, bei denen Pioniere, Bergleute, Vermessungstechniker und Geologen zusammenarbeiteten, wurden auch im Film (8 mm Schmalfilm) festgehalten. Die fertiggestellten Anlagen wurden auch von den Teilnehmern des Aachener Wehrgeologenkurses 1940 besucht.

Der 1. Wehrgeologische Kurs dauerte in Aachen vom 15. – 20. 1. 1940. Insgesamt wurden 1940 fünf wehrgeologische Lehrgänge in Aachen, Gießen und Tübingen gehalten. Der Abschlußband des 6. Wehrgeologischen Lehrganges in Heidelberg berichtet bereits über erste wehrgeologische Erfahrungen im Bewegungskrieg und in den besetzten Gebieten. Anfangs wurden die Wehrgeologenstellen noch mit jüngeren Geowissenschaftlern von Universitätsinsituten und den Reichsanstalten besetzt. Im Laufe des Krieges wurde eine nicht unbeträchtliche Anzahl aber völlig unsystematisch – erst bei Bedarf auf dem Wege der Umfrage unter den Soldaten von der Truppe weg zu den verschiedenen Stäben beordert. Teilweise waren Geologen trotz ihrer wehrgeologischer Arbeiten vor dem Krieg von der Wehrmacht als Soldaten wie z. B. Kraftfahrer (O. SICKENBERG) oder Zahlmeister (L. WALDMANN) eingezogen worden, bevor sie, häufig nach einem zufälligen Zusammentreffen mit eingesetzten Wehrgeologen oder auf Empfehlung über die Wehrgeologenkompanie, zu einer Wehrgeologenstelle gelangten.

Die Heeresgeologie unterstand im 2. Weltkrieg nicht mehr dem Chef des Kriegskarten- und Vermessungswesens, sondern der Leitende Heeresgeologe wie z. B. E. KRAUS oder später W. v. SEIDLITZ war während des Krieges gliederungsmäßig beim General der Pioniere und Festungen (InFestGeol. = Inspektion der Festungen Geologie).

Der Zentralstelle für Wehrgeologie, dem Wehrgeologenstab, der seinen Sitz in Berlin-Wannsee, in der Villa des ehemaligen französischen Botschafters Francois Poncet, Am kleinen Wannsee 13, hatte, gehörten zwischen 50 und 60 Mitarbeiter an. Der „Kern“ bestand aus 5–6 älteren Geologen. Dazu kamen mehr oder weniger ausgebildete jüngere Wehrgeologen sowie Zeichner, Photographen, Übersetzer, Schreibkräfte und Gefangene als Übersetzungshelfer. Entsprechend den Kriegsschauplätzen gliederte sich der Stab in die Hauptabteilungen: Ostfront, Norwegen, Westen, Süd-Osten, Afrika und ab Sommer 1943: Italien. Zusätzlich gab es die Fachreferate für Ingenieurgeologie, Hydrogeologie und Geophysik.

Die eigentliche Tätigkeit des Wehrgeologenstabes Wannsee war die Versorgung der im Einsatz befindlichen Wehrgeologenstellen mit Literatúrauszügen und sonstigen wissenschaftlichen Unterlagen, soweit sie nicht von den universitären Geologen-Auskunftsstellen (GAUST) oder von den Wehrgeologen selbst im jeweiligen Gebiet erreichbar waren.

Die Wehrgeologie war zu Kriegsbeginn Heeresgeologie, zu der erst im Laufe des Krieges und im Zuge der ständigen Eroberungsfeldzüge Wehrgeologen bei der Luftwaffe, bei der Organisation Todt und auch bei der Waffen-SS hinzukamen.

Die Verwendung von Wehrgeologen bei der Truppe war zu Kriegsbeginn keineswegs selbstverständlich und bei manchen Armee-Kommanden noch unbekannt, da durch dringliche Divisionsbefehle z.B. noch Wünschelrutengänger von der Truppe freigestellt und für Untergrund- und Wasserfragen eingesetzt wurden.

Vor dem Angriff auf die Maginotlinie waren Wehrgeologen z. B. mit der Vorbereitung zur Gangbarmachung der Aufmarschwege und Bereitstellungsräume für die Division vor Warst und Kappe befaßt. Dazu zählte auch die Beratung beim Bau von Knüppeldämmen im Ansumpfungsgebiet der Maginotlinie sowie die Beratung der Munitionswahl schwerer Artilleriegeschosse für die angesumpften Räume.

Nach Beendigung des Westfeldzuges waren die kleinsten selbständigen wehrgeologischen Einheiten sogenannte Wehrgeologen-Erkundungstrupps, die im Einsatzbereich einer Armee zu einer Wehrgeologengruppe gehörten. Die Aufteilung der verschiedenen Wehrgeologen-Erkundungstrupps ist gemäß einer Aufstellung von InFestGeol vom 20. 8. 1940 in Abb. 1 dargestellt.

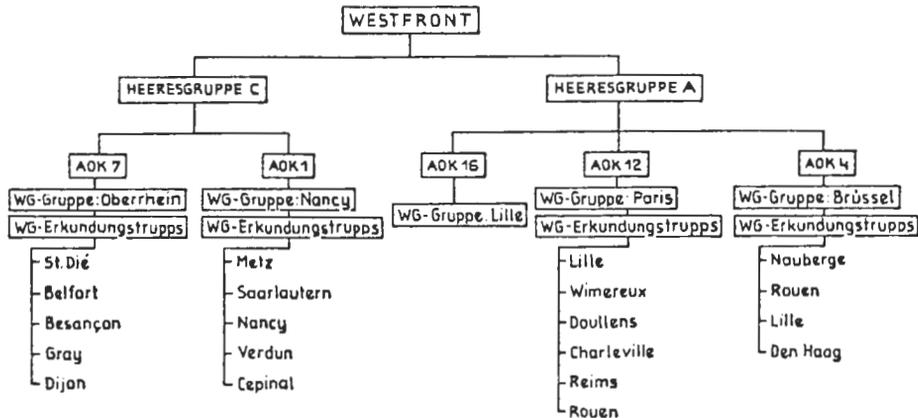


Abb. 1: Gliederung der Wehrgeologengruppen an der Westfront nach Beendigung des Westfeldzuges 1940 (AOK = Armeekommando).

Neben den fünf Wehrgeologengruppen im Westen bestand außerdem unter dem Inspekteur für Ostbefestigungen die Wehrgeologengruppe Königsberg/Preußen. Diese Wehrgeologengruppe umfaßte bereits 1940 erstmals Wehrgeologenstellen, und zwar:

- Wehrgeologenstelle 1: Warschau bei Festungspionierstab 6
- Wehrgeologenstelle 2: Pulaww bei Festungspionierstab 16
- Wehrgeologenstelle 3: Annopol
- Wehrgeologenstelle 4: Jaroslaw
- Wehrgeologenstelle 5: Dynow

Gemäß der Verfügung des Allgemeinen Heeresamtes AHA/Ia(II)Nr. 1353/41, geheime Kommandosache vom 29. 3. 41 wurden mit Wirksamkeit vom 15. 4. 1941 die bisherigen Wehrgeologengruppen und -stellen völlig neu gegliedert. Anstelle der fünf Wehrgeologengruppen im Westen traten nun 25 Wehrgeologenstellen (WG-Stellen), die mit Verfügung vom 23. 10. 1941 um die WG-Stellen 26–32 ergänzt wurden. Die folgende Liste gibt einen Überblick über die Unterstellung der Wehrgeologenstellen 1–32 nach der deutschen Sommeroffensive 1942, deren Ziel die Eroberung der Erdölfelder des Kaukasus und die Eroberung des Rüstungs- und Verkehrszentrums Stalingrad war und basiert auf dem Befehl des Oberkommandes des Heeres Nr. 714/42, geheime Kommandosache vom 10. 11. 1942.

Es waren unterstellt:

Wehrgeologenstelle 1: dem Festungspionierkommandeur XIX

- Wehrgeologenstelle 2: dem Panzerarmeeoberkommando 2 (Raum Brjansk)  
 Wehrgeologenstelle 3: dem Festungspionierkommandeur XV  
 Wehrgeologenstelle 4: dem Festungspionierkommandeur XVIII  
 Wehrgeologenstelle 5: dem Festungspionierkommandeur XVIII  
 Wehrgeologenstelle 6: der Wehrgeologen Lehr- und Gerätestelle Sternberg/Neumark (zwecks Auffrischung und Ausrüstung für anderweitigen Einsatz)  
 Wehrgeologenstelle 7: dem Wehrbefehlshaber Ukraine  
 Wehrgeologenstelle 8: dem Generalkommando zur besonderen Verwendung  
 Wehrgeologenstelle 9: dem Wehrbefehlshaber Ostland  
 Wehrgeologenstelle 10: dem Wehrbefehlshaber Südost  
 Wehrgeologenstelle 11: dem Armeeoberkommando 16 (Raum Lettland)  
 Wehrgeologenstelle 12: der Deutsch-Italienischen Panzerarmee in Nordafrika  
 Wehrgeologenstelle 13: dem Armeeoberkommando 9 (Weißrußland, Raum Smolensk)  
 Wehrgeologenstelle 14: dem Armeeoberkommando 17 (Raum Ukraine, Stalino)  
 Wehrgeologenstelle 15: dem Militärbefehlshaber in Belgien und Nordfrankreich  
 Wehrgeologenstelle 16: dem Armeeoberkommando 11 (Küstengebiet Schwarzes Meer – Asowsches Meer)  
 Wehrgeologenstelle 17: dem Festungspionierkommandeur XIV  
 Wehrgeologenstelle 18: dem Festungspionierkommandeur XVII  
 Wehrgeologenstelle 19: dem Festungspionierkommandeur I  
 Wehrgeologenstelle 20: dem Heeresgruppenkommando Mitte  
 Wehrgeologenstelle 21: dem Armeeoberkommando 18 (Raum Estland – Leningrad)  
 Wehrgeologenstelle 22: dem Festungspionierkommandeur XVI  
 Wehrgeologenstelle 23: dem Armeeoberkommando 2  
 Wehrgeologenstelle 24: dem Festungspionierkommandeur II  
 Wehrgeologenstelle 25: dem Armeeoberkommando 6 (Raum Ukraine)  
 Wehrgeologenstelle 26: dem Festungspionierkommandeur IV  
 Wehrgeologenstelle 27: dem Gebirgsarmeeoberkommando 20 (Raum Norwegen)  
 Wehrgeologenstelle 28: dem Panzerarmeeoberkommando 3 (Raum Weißrußland – Moskau)  
 Wehrgeologenstelle 29: der Inspektion der Festungen im Oberkommando des Heeres; Wehrgeologen-Lehr- und Gerätestelle Berlin-Wannsee (dieser Wehrgeologenstab war die Zentralstelle für Wehrgeologie)  
 Wehrgeologenstelle 30: dem Festungspionierkommandeur XIX  
 Wehrgeologenstelle 31: dem Festungspionierkommandeur XV  
 Wehrgeologenstelle 32: dem Heeresgruppenkommando A (Raum Stalino-Rostow-Kuban-Meikop)

Die Wehrgeologenstellen der Armeeoberkommanden (AOKs) waren meist dem „Höheren Pionierführer“ (HöPiFü) zugeteilt und wurden nach operativen Gesichtspunkten 1942 vorwiegend am östlichen Kriegsschauplatz eingesetzt. In den bereits besetzten Gebieten wurden die Wehrgeologenstellen hauptsächlich den Festungspionierkommandeuren und Militärbefehlshabern sowie den Luftgaukommanden zugeteilt.

Mit Verfügung vom 30. 9. 43 wurden die Wehrgeologenstellen 33–35 und mit Verfügung vom 19. 11. 43 letztlich die Wehrgeologenstellen 36–40 aufgestellt.

Nach ihrer Aufstellung wurden einzelne Wehrgeologenstellen später aufgefrischt und teilweise bei anderen Kommandostellen eingesetzt.

Im Zuge des Unternehmens „Barbarossa“ 1941/1942 waren Wehrgeologenstellen somit den Panzerarmeen der Heeresgruppen Nord, Mitte und Süd zugeteilt. In den Armeeoberkommanden der 1. Panzerarmee der Heeresgruppe Süd, der 2. Panzerarmee der Heeresgruppe Mitte und der 3. und 4. Panzerarmee der Heeresgruppe Nord hatten Wehrgeologen sowohl in den Angriffsphasen, als auch in Verteidigungsstellungen in Rußland und in den Rückzugslinien bis in die Karpaten und bis zur Oderlinie Gelände- und Untergrundbeurteilungen bezüglich Befahrbarkeit, Stellungsbau, Anlage von Panzerhindernissen, Entwässerungen und Wasserversorgung etc. durchzuführen. Berichte über Schlamm-schlachten „im Dreck und Sumpf“ der Ukraine (K. HAMPE, 1942) sowie über die Hindernisse der riesigen Sumpflandschaften (z. B. Pripjet-Sümpfe) sind allgemein bekannt.

Für die rasche Erstellung von Befahrbarkeitskarten in mittleren Maßstäben wurden einerseits russische topographische Karten 1 : 100.000 und 1 : 200.000 ausgewertet und schon mit „gesundem Menschenverstand“ Gewässernetz, Mooregebiete und Morphologie unter Berücksichtigung geologischer und bodenkundlicher Kenntnisse wie Gesteinsuntergrund und Verwitterungsdecke beurteilt.

Im Bereich des Ilmensees in den Pripjetsümpfen, wo nur Holzprügelstraßen vorhanden waren, fielen dem Wehrgeologen neben geomorphologischen Erkundungen auch geographische Erhebungen der Fahrwege zu, auf denen die Fahrzeuge der Wehrgeologenstelle oft genug selbst stecken geblieben sind, was letztlich praktische Hinweise auf Beurteilungskriterien für die Befahrbarkeit durch Räderfahrzeuge zuließ. Es blieb der Initiative der einzelnen Wehrgeologen überlassen, neben einer rein qualitativen Geländebeurteilung auch halbquantitative Kriterien zur Beurteilung der Geländebefahrbarkeit zu entwickeln. So hat sich im Einsatzbereich der 1. Panzerarmee in einem Korpsabschnitt in den Partisanenwäldern von Kielce in der Lysa Gora südlich von Warschau, im sogenannten Weichselbogen, eine rasche Prüfmethode bewährt, die auf dem Prinzip der Stempel Eindringtiefe in  $\text{kp/cm}^2$  bei konstanter Belastung beruhte und die eine Abschätzung zuließ, wo mit einem Vordringen des russischen Panzers T 34 gerechnet werden mußte, aber andererseits der deutsche Panzer Tiger nicht mehr fahren konnte. Durch Böschungsfahrversuche mit Räderfahrzeugen konnte ebenfalls grob eine Grenzsteigung für russische Fahrzeuge und Fahrzeuge der deutschen Wehrmacht ermittelt werden.

Von der Wehrgeologenstelle 28 beim Armeeoberkommando der 3. Panzerarmee mußten im Raum Witebsk, ebenfalls im Partisanengebiet, in dem zwei russische Divisionen versprengt waren, neben der Beurteilung der Geländebefahrbarkeit für leichte und schwere Panzer auch die Beurteilung gefrorener Seen für Begehungen und Befahrungen sowie als Notlandeplätze für leichte Flugzeuge, wie z. B. für den Fieseler Storch durchgeführt werden. In einfacher Weise wurden mit einem großen Fuchsschwanz Streifen aus dem Eis gesägt und die Veränderung der Eisdicke beobachtet.

Es war bekannt, daß die Rote Armee für die Beurteilung der Frosttiefe sowie des Zufrierens und Auftauens der Moore auf Grund langjähriger Wetterbeobachtungen eine „Faustformel“ entwickelt hatte.

Sogenannte „geobotanische Befahrbarkeitskarten“ z. B. des Pripjet-Gebietes basierten auf einer vegetationskundlichen Auswertung des Luftbildmaterials und wurden noch in den letzten Kriegsmonaten von der Zentralstelle Berlin an die Wehrgeologen ausgegeben.

Von der Wehrgeologenstelle Orel wurde im Oka-Gebiet eine wehrgeologische Karte der möglichen Hochwassergrenzen gezeichnet, indem morphologisch jene Isohypsen ermittelt wurden, die von dem langjährig bekannten Wasserspiegelanstieg nach der Schneeschmelze erreicht wurden. Für eine Gesamtdauer von etwa 14 Tagen war nach dem Winter mit den Wässern der Schneeschmelze und der Frühjahrsregen zu rechnen. Diese natürliche potentielle Überflutungskarte ist vom Heer auch für den Stellungsbau berücksichtigt worden, hatte aber im speziellen Fall taktisch und operativ letztlich keine Auswirkung, da die russische Offensive noch vor dem Beginn der Frühjahrs-hochwässer erfolgte.

Während der Schneeschmelze wurde der Frostboden nur oberflächlich aufgetaut, das Wasser konnte aber nicht in den darunter befindlichen gefrorenen Boden versickern, sodaß die Schützengräben unter Wasser gerieten. Die Vorschläge der Wehrgeologenstelle Orel, das äußerst flache Gelände durch ein Grabensystem zu entwässern,

konnte dann wegen des Mangels an Arbeitskräften nicht mehr durchgeführt werden.

Da die Wehrgeologen häufig die jahreszeitlich und witterungsbedingten Zustandsveränderungen des Bodens zu beurteilen hatten, bestand ein enger Kontakt mit meteorologischen Stellen, wobei es ein Vorteil war, daß zahlreiche Wehrgeologen sprachkundig waren und an wissenschaftlichen Instituten in Rußland auch die nötigen Daten beschaffen und auswerten konnten. Da die Wehrgeologenstellen im Osten ständig in Bewegung waren und es keine zentrale Geologenauskunftsstelle (GAuST) wie für den französischen Raum (GAuST Heidelberg) oder den Südostraum (GAuST Wien) gab, waren die Wehrgeologen auf Informationen aus den landeseigenen Bibliotheken etc. angewiesen.

Während des Rückzuges der Deutschen Wehrmacht aus dem russischen Raum waren immer wieder Rückzugslinien wehrgeologisch zu erkunden und zu beurteilen.

Auch in Weißrußland, im Mittelabschnitt der Front, mußten von Wehrgeologen die von den Armeestäben vorgesehenen und in den operativen Karten eingezeichneten Auffangstellungen begangen, begutachtet und Änderungen vorgeschlagen werden. Das Gelände wurde in Hinblick auf Begehbarkeit und Befahrbarkeit flächenhaft beurteilt. Anschließend wurden Panzerhindernisse in Form künstlicher Versteilungen der Hänge oder Anlage nasser Panzergräben vorgeschlagen.

Bei diesen Beurteilungen waren alle Maßnahmen auf den russischen Panzer T 34 gerichtet. Wo vorhanden, wurden auch große Gesteinsblöcke im Dreiecksverband für die passive Panzerabwehr eingesetzt.

Auch in den im Bereich der Flyschzone des Karpatenrandes gelegenen Wäldern führten Wehrgeologen wochenlange Erkundungen für den Stellungs- und Grabenbau durch.

Neben einer morphologischen Beurteilung der Oder als Rückzugslinie wurde auch die Möglichkeit untersucht, mittels einer akkumulierenden Flutwelle russische Untertunnels und Brücken zu zerstören, wofür ein Flutwellenplan der oberschlesischen Talsperren ausgearbeitet wurde.

Ein Wehrgeologe ist nach den Einsätzen von der Truppe weg in das Oberkommando des Heeres versetzt worden, um in der zentralen Wehrgeologenstelle im Auftrag von W. v. SEIDLITZ die Panzerabwehr von Berlin wehrgeologisch zu planen.

Mindestens ein weiterer Geologe war mit der Detailerkundung einer Überflutung des Havellandes als Hindernis gegen russische Angriffe befaßt. Zu diesem Zweck wurde die Funktion und Wirkungsweise der Schleusenanlagen in den künstlich kanalisierten eiszeitlichen Urstromtälern überprüft.

Der Baudirektion des Luftgaukommandos 8 in Breslau (später Krakau), zuständig für alle Baubelange im Südtel der Ostfront, war ein Wehrgeologe zugeteilt, der sich um Belange der Wasserversorgung, eines Ausbaues der Landebahnen für den Einsatz der ersten Düsenjäger und um Bereitstellung von Zementersatzmaterial zu kümmern hatte. Für die Verwendung von Betonkies wurden Kiese aus bestimmten Gruben nahe Krakau im Labor auf Korngrößenverteilung und Würfeldruckfestigkeit untersucht. Als Ersatzmaterial für Zement wurde z. B. für den Erdstraßenbau neben den Landepisten eine bestimmte Schotter-Kies-Lehm-Mischung gefunden, bei der der Straßenbelag auch nach Regenfällen noch halbwegs befahrbar war. Auf Grund dieser Arbeiten wurde der eingesetzte Wehrgeologe scherzhaft auch als der „Kiesd doktor“ bezeichnet.

Auch im Rahmen von Luftwaffenfeldbataillonen z. B. bei Smolensk, wo in der Nähe der Hauptkampflinie (HKL) unterirdische getarnte Holzbauten als Unterkünfte und Lager gebaut wurden, sind zuerst vom Wehrgeologen durch Bohrungen jene Be-

reiche ausgesucht worden, die nicht mehr vom Grundwasser beeinflusst wurden.

Die wehrgeologische Abteilung des Luftgaukommandos Norwegen wurde hauptsächlich für Fragen der Untergrundbeurteilung und Erweiterung von Flugplätzen sowie Fragen der Wasserversorgung herangezogen.

Wissenschaftliche Unterlagen, Karten und Informationen über Norwegen erhielten die Wehrgeologen in der Norwegischen Geologischen Landesanstalt in Oslo und am Museum in Tromsø. In einem zentralen Erdbaulabor in Oslo wurden routinemäßig Sedimentuntersuchungen durchgeführt, sowie Siebkurven und die Druck- und Scherfestigkeit von Tonen etc. ermittelt.

Da das Problem des Zementnachsches im Verlauf des Krieges immer größer wurde, wurde auch hier ein sogenannter Ersatzzement entwickelt, der nach seiner Verfestigung eine harte und tragfähige Schichte ergab.

Vom Befestigungsbaustab wurde 1942 eine Überprüfung bestehender unterirdischer Hohlräume für den Küstenbereich angeordnet, wobei die Bombensicherheit zu beurteilen und Ausbauvorschläge zu machen waren. Dabei wurden Versuche mit lockerem Zerschellergestein durchgeführt, indem grobes Material verschiedener Gesteinsarten in Drahtnetzen zusammengehalten wurde. Dadurch sollte die Sprengwirkung der Bomben herabgesetzt werden. Zerschellergesteine wurden z. B. um Flakstellungen und Bunker aufgebracht.

Von der zentralen Wehrgeologenstelle im Luftgaukommando Oslo wurden Baugrundkarten 1 : 10.000 vorbereitet, da die thixotropen quartären „Eismeertone“ im Küstenbereich äußerst rutschungsgefährdet waren.

Für die Anlage von Trockendocks für Schlachtschiffe und den Bau von U-Bootbunkern wurden ebenfalls bereits in der Planungsphase geologische Untersuchungen durchgeführt.

Für den U-Boot-Bunkerbau bei Stavanger wurde u. a. von Wehrgeologen die Felsmorphologie für Gründungen und Fundierungen bis 40 m Wassertiefe untersucht.

Bahnlinien zu den Trockendocks wurden ebenso geologisch untersucht wie die Trinkwasserversorgung für die Arbeiterlager beim Bau des Atlantikwalls.

Von Trondheim aus wurde die „Expedition Hopseidet“ gestartet, die einen Kanaldurchstich der ca. 600 m breiten Halbinsel Hopseidet für die Schifffahrt vorbereiten sollte. Neben Wasserspiegelmessungen, Wetterbeobachtungen, einer Untersuchung der Bodenbeschaffenheit und der Planung des Sprengmittel- und Baustahlverbrauches wurde in diesem Zusammenhang auch der Bau eines Kraftwerkes geplant.

Bei Felssprengungen für den Straßen- und Eisenbahnbau (z. B. Bahntrasse Schweden-Norwegen über Narvik) traten Probleme auf, die auf die starken Spannungserscheinungen im Kristallingestein zurückzuführen waren (und die 2–3 Wochen lang anhielten).

Aus dem Gesprächskreis einiger Wehrgeologen über diese geomechanischen Probleme hat sich nach dem Krieg der „Salzburger Kreis“ österreichischer Felsmechaniker und Ingenieurgeologen entwickelt.

Vor dem Einsatz der Wehrgeologenstelle 12 beim Deutschen Akrikakorps wurde die Inspektion der Festungen (Geologie) in Berlin im Juli 1941 über 1) Arbeitsmöglichkeiten der Wehrgeologie in den Subtropen, 2) über bestehende wehrgeologische Erfahrungen in Trockengebieten und 3) über einen für die Truppe zweckdienlichen Einsatz der Wehrgeologie informiert.

Gerade der vorausschauenden Beurteilung der Wasserversorgung in Wüstengebieten, des Stellungsbaues, der fehlenden Bodendecke und Vegetation sowie der Beurtei-

lung der Befahrbarkeit unbefestigter Straßen und Dünenstrecken kam größte Bedeutung zu.

Wie in den Küstengebieten Frankreichs und der Niederlande hatten Wehrgeologen der Wehrgeologenstelle Tirana auch ähnliche Probleme der Wasserversorgung und der Wasserentnahme zu lösen. Es durfte den Brunnen nur soviel Wasser entnommen werden, daß sich das Süßwasser nicht mit dem nachdringenden Salzwasser vermischte.

Auch von den Wehrgeologenstellen in Saloniki, Athen und Chania auf Kreta wurden zahlreiche hydrogeologische Fragen bearbeitet.

Auf Kreta wurden Karstquellen, die brackisches Wasser mit einer Sekundenleistung von mehreren  $m^3$  schütteten, zur Stromerzeugung in kleinen Elektrizitätswerken genutzt. Auf Kephallenia trieb das Meerwasser durch Sog und Druck in einem Spaltensystem unterirdische Mühlen an.

Außerhalb der Wehrgeologenstellen waren Wehrgeologen auch im sogenannten „SS-Wehrgeologen-Bataillon“ im Bereich der Südmee unter General Kesselring eingesetzt.

Die wehrgeologischen Aufgaben am südlichen Alpenrand bestanden im Bereich Rovereto–Ala–Trient z. B. in der Beurteilung von Panzersperren sowie der Sperrmöglichkeit von Tälern durch Felsabsprengungen, ferner in einer Beurteilung von Luftlandemöglichkeiten auf Hochplateaus, einer Auswertung geologischer Karten für eine Beurteilung des Beschußverhaltens von Gesteinen und Beurteilung der Gesteine für die Tragfähigkeit von Hohlraumbauten. Es wurden wehrgeologische Karten für die Panzerbefahrbarkeit entworfen, wobei zusätzlich die Tragfähigkeit von Brücken bewertet wurde.

Die Bauorganisation des Westwalles lag fast ausschließlich in den Händen der Organisation Todt (OT), Baugruppe Westwall, wobei rund 100.000 Mann der Festungspionierstäbe und 350.000 Mann der OT beim Bau eingesetzt waren.

Für die Beurteilung ingenieurgeologischer Belange sowie Fragen der Wasserversorgung etc. waren nach SEMMLER (1941) während der Bautätigkeit des Westwalles bis 1941 ca. 25 Wehrgeologen in der Baugruppe Westwall der OT tätig.

Die Planung des Atlantikwalls erfolgte größtenteils durch Festungspioniere des Heeres, der Marine und der Luftwaffe, wobei die Bauausführung auch an Firmen vergeben wurde. Schwere Bunker wurden z. B. im Auftrag des O!erkommandos der Wehrmacht (OKW) von der Organisation Todt errichtet. Die Erkundung der dafür benötigten Rohstoffe stellte eine weitere Aufgabe für Wehrgeologen dar. Im Frühjahr 1943 verarbeiteten am Atlantikwall ca. 400.000 Arbeiter rund 600.000 Kubikmeter Stahlbeton (K. GRASSER & J. STAHLMANN, 1983; R. ROLF, 1983).

Auch die für die U–Boot-Flotte notwendigen Bunker und Reparaturdocks mit Wandstärken von 2,0 oder 3,5 m wurden nicht von der Marine, sondern von der OT gebaut. So wies z. B. der U–Bootbunker von Brest 15 Boxen auf, die 15–20 m breit und ca. 180 m lang waren. Die ursprüngliche Dachstärke von 3,50 m wurde 1944 auf 6 m verstärkt. Neben den Schiffsbunkern wurden in den Häfen der besetzten Gebiete auch Treibstoffvorratsbunker gebaut. Allein für den U–Bootbunker bei Farge nördlich von Bremen benötigte man 500.000 Kubikmeter Stahlbeton.

Auch von den Armeen Frankreichs, der Niederlande, der Sowjetunion und der Vereinigten Staaten von Nordamerika wurden umfangreiche wehrgeologische Aktivitäten während des 2. Weltkrieges bekannt.

In Frankreich bestand bereits vor dem 2. Weltkrieg ein Zentrum der Wissenschaft

aus 2000 Mitarbeitern, das auch die im Kriegsfall auftretenden wissenschaftlichen Fragen zu bearbeiten hatte (CNRSA = Centre national de la Recherche Scientifique Appliquée; E. KRAUS, 1941, S. 8 f.). Die Organisation umfaßte 19 Gruppen, wobei eine Gruppe meist eine Universität umfaßte (z. B. sechs in Paris, je eine in Lille, Nancy, Strasbourg, Dijon, Besancon, Bordeaux, Poitiers, Reims und Saen).

Über die in den Niederlanden geplanten und von den Holländern durchgeführten Überflutungen berichtet Th. OEHLER (1941, S. 23 ff.).

Wie durch Dolmetschenauswertung von russischen Unterlagen im Wehrgeologenstab Berlin/Wannsee bekannt geworden ist, verfügte auch der sowjetische Generalstab z. B. über Befahrbarkeitskarten. Außerdem wurde untersucht, ab welcher Frosttiefe Panzer (wie z. B. der russische T 34) auch über Sümpfe fahren konnten, da Moore und Sumpfgelände in Westrußland sehr verbreitet sind und fast 20 % der Gesamtfläche Weißrußlandens ausmachen.

Die Beurteilung über Zufrieren und Auftauen der Moore basierte auf den meteorologischen Unterlagen des Klimainstitutes Minsk über Beginn des Winters, Angaben über Frosttage und die Dauer der Schneedecke, sowie den Angaben des Torfkatasters von Weißrußland.

Für die amerikanische Invasion in der Normandie führte beispielsweise C. T. SNYDER militärgeologische Untersuchungen durch (C. T. SNYDER, 1957). Über die morphologischen und geologischen Untersuchungen der Calvados-Küste, die von einer Sondereinheit zur geologischen Stranderkundung im Jänner 1944 durchgeführt wurden (Operation "Postageable 1") berichtet J. PIEKALKIEWICZ (1979, S. 65 ff.).

## 5.0 Literatur

- ALBRECHT, O.: Das Kriegsvermessungswesen während des Weltkrieges 1914–18. – Deutsche Geodätische Kommission Bayer. Akad. Wiss., Reihe E, H. 9, 80 S., Kt. 1 : 25.000, München (Beck) 1969.
- BÜLOW, K. v., KRANZ, W. & SONNE, E.: Wehrgeologie. – 170 S., 164 Abb., 5 Anl., Leipzig (Quelle & Meyer) 1938.
- GRASSER, K. & STAHLMANN, J.: Westwall, Maginotlinie, Atlantikwall. Bunker und Festungsbau 1930–1945. – 190 S., zahlr. Abb., Leoni am Starnberger See (Druffel) 1983.
- HAMPE, K.: Im Sumpf und Dreck der Ukraine. – Geol. Rundsch., 33, 58–60, Stuttgart 1942.
- KRANZ, W.: Die Entwicklung der Kriegsgeologie und ihre Bedeutung für die allgemeine angewandte Geologie. – Sonderdruck aus W. KRANZ: Die Geologie im Ingenieur-Baufach, 52 S., Stuttgart (Enke) 1927.
- Technische Wehrgeologie. Wegweiser für Soldaten, Geologen, Techniker, Ärzte, Chemiker und andere Fachleute. – 78 S., 49 Abb., Leipzig (Jänecke) 1938.
- Zur Entwicklung der deutschen technischen Wehrgeologie. – Z. prakt. Geol., 51, 91–92, Halle/Saale 1943.
- KRAUS, E.: Allgemeine Fragen der Wehrgeologie. – (In:) 6. Wehrgeologischer Lehrgang in Heidelberg, 5–9, Berlin (Reichsdruckerei) 1941.
- MORDZIOL, C.: Einführung in die Wehrgeologie. – 102 S., 44 Abb., Bilderanhang, Frankfurt/M. (O. Salle) 1938.
- OEHLER, Th.: Die militärischen Überflutungen in den Niederlanden in alter und

- neuer Zeit. – (In:) 6. Wehrgeologischer Lehrgang in Heidelberg, 23–25, 2 Abb., Berlin (Reichsdruckerei) 1941.
- PIEKALKIEWICZ, J.: Invasion Frankreich 1944. – 320 S., zahlr. Abb., München (Südwest) 1979.
- ROLF, R.: Der Atlantikwall – Perlenschnur aus Stahlbeton. – 223 S., zahlr. Abb., Beetsterzwaag (AMA) 1983.
- SEMLER, E.: Wehrgeologische Erfahrungen in der Trias am Westwall. – (In:) 6. Wehrgeologischer Lehrgang in Heidelberg, 121–124, Berlin (Reichsdruckerei) 1941.
- SNYDER, C. T.: Use of geology in planning the Normandy invasion. – Bull. Geol. Soc. Am., 68, p. 1565, New York 1957.
- STINY, J. & KÜHN, O.: Notwendigkeit und Aufgaben einer Wehrgeologie in Österreich. – Militärwiss. Mitt., 68, 905–908, Wien 1937.
- WASMUND, E.: Wehrgeologie in ihrer Bedeutung für die Landesverteidigung. – 103 S., Berlin (Mittler & Sohn) 1937.
- WOCHINGER, W.: Beitrag zur Geschichte der Ingenieurgeologie unter besonderer Berücksichtigung der Kriegsgeologie. – Veröff. Diss. K. technische Hochschule München, 164 S., Traunstein (Leopoldseder) 1919.

## Dank

Allen ehemaligen Wehrgeologen danke ich sehr herzlich für ihre Informationsbereitschaft.

An offiziellen Stellen gilt mein Dank vornehmlich dem Bundesarchiv Freiburg/Breisgau, dem Bundesarchiv Koblenz, der Bibliothek der Pionierschule München und dem Kriegsarchiv Wien.

Manuskript eingelangt am 16. 10. 1985  
Manuskript angenommen am 12. 12. 1985

Neue Erkenntnisse über die Morphologie der Gattung  
*Pseudocucurbita* BORZA & SAMUEL (Foraminifera)

New knowledges about the morphology of the genus  
*Pseudocucurbita* BORZA & SAMUEL (Foraminifera)

von

Baba SENOWBARI-DARYAN, Erlangen

(mit 2 Abb. und 2 Taf. im Text)

Anschrift des Verfassers:  
Dr. Baba Senowbari-Daryan  
Institut für Paläontologie der Universität Erlangen-Nürnberg  
Loewenichstraße 28  
D-8520 Erlangen, BRD.

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österreich	S. 137–147	Wien, 1986
--	------------	------------

### Inhalt

Zusammenfassung, Summary . . . . .	138
Einleitung . . . . .	138
Vorkommen von <i>Pseudocucurbita infundibuliformis</i> (JABLONSKY) in Sizilien .	139
Funktionelle Deutung der Stacheln . . . . .	142
Literatur . . . . .	143

### Zusammenfassung

In den resedimentierten ladinisch-karnischen Riffkalken südlich von Palermo tritt die Gattung *Pseudocucurbita* BORZA & SAMUEL 1977 (pro *Cucurbita* JABLONSKY 1973, non SCUDDER 1882) mit der Art *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY) ziemlich häufig auf. An Hand von gut erhaltenen Exemplaren kann belegt werden, daß diese Foraminiferen (eventuell auch die Gattung *Spiriamphorella* BORZA & SAMUEL) bestachelt waren. Die Stacheln werden als Verankerungsorgane vor dem Einsinken des Organismus in Feinschlamm gedeutet.

### Summary

In the resedimented reef limestones of Ladinian or Karnian age south of Palermo the genus *Pseudocucurbita* BORZA & SAMUEL 1977 (pro *Cucurbita* JABLONSKY 1973, non SCUDDER 1882) occurs with the species *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). These foraminiferes are abundant. In well preserved specimens we can see that these foraminiferes (perhaps the genus *Spiriamphorella* BORZA & SAMUEL too) carry spines. The spines have been interpreted as an organ for anchoring.

### Einleitung

Aus mehreren Lokalitäten in den Westkarpaten (JABLONSKY 1973, BORZA & SAMUEL 1977 a, 1977 b, 1978), Griechenland (SENOWBARI-DARYAN 1983), Jugoslawien (SENOWBARI-DARYAN 1981, 1983), Sizilien (SENOWBARI-DARYAN 1983), Türkei (ALTINER & ZANINETTI 1981, ZANINETTI & ALTINER 1983, ZANINETTI et al. 1982 a, 1982 b), Italien (MICONNET et al. 1983) und Österreich (SADATI 1981) sind in den letzten Jahren Mikroorganismen beschrieben worden, die als *Pseudocucurbiten* oder *Spiriamphorellen* bekannt sind. Wie die bisherigen Untersuchungen zeigen, sind diese Organismen aus den gut untersuchten Trias-Riffen in den Alpen vorerst unbekannt. Eine Ausnahme ist durch das Auftreten dieser Organismen-Gruppen in der Hohen Wand SW Wien gegeben (SADATI 1981), die anscheinend karpatischen oder südeuropäischen Einfluß zeigt.

Stratigraphisch gesehen, treten diese Organismen im Karn bzw. im Nor auf. Aus der Mitteltrias sind bis jetzt keine Funde beschrieben worden.

Die systematische Stellung der generell als Foraminifere akzeptierten *Pseudocucurbita* bzw. *Spiriamphorella* ist noch umstritten. Während diese Organismen (teilweise)

von ZANINETTI et al. (1982) in eine von ihnen neu aufgestellte Subfamilie – *Pseudocucurbitinae* – innerhalb der Familie Milioliporidae BRÖNNIMANN & ZANINETTI eingeordnet werden (vgl. auch ZANINETTI 1982), wird die systematische Stellung dieser Gruppe von SALAJ et al. (1983) nochmals diskutiert und als Foraminiferen-Gruppe „*incertae sedis*“ eingeführt. Es muß hier bemerkt werden, daß eine Perforation der Gehäusewand bei dieser Organismen-Gruppe bis jetzt nicht beobachtet werden konnte.

In den Pantokrator-Kalken der Insel Hydra (Griechenland) war dem Verfasser aufgefallen, daß das Sediment um die dort massenhaft auftretende Art – *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY) – verdichtet und wenig ausgewaschen ist (vgl. SENOWBARI-DARYAN 1983, Taf. 12/Fig. 1, Taf. 13/Fig. 1). Dieses Phänomen (Verdichtung des Sediments um diesen Organismus) ist auch im Material aus den Karpaten (BORZA & SAMUEL 1978 a) und in Proben aus dem Taurus-Gebirge in der Türkei (vgl. ZANINETTI et al. 1982, Taf. 1/Fig. 1, 2, 6, 9; ZANINETTI 1983, Taf. 1/ Fig. 4) ersichtlich. Diese Erscheinung ist anscheinend ZANINETTI et al. (1982) aufgefallen, so daß die Autoren verdichtetes Sediment um den Organismus als mögliche Wand und die Strukturen innerhalb dieses verdichteten Sediments als mögliche Wandporen ansehen (vgl. ZANINETTI et al. 1982, Fig. 1F). Wie wir weiter unten zeigen werden, handelt es sich bei diesem Sediment um Schlammkörner, welche zwischen den Stacheln des Gehäuses festgehalten und nicht ausgewaschen worden sind.

#### Vorkommen von *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY) in Sizilien

Die hier beschriebene Mikrofauna stammt von einer Straßenböschung zwischen den Ortschaften Altofonte und Giocalone (SW Palermo). Dabei handelt es sich um umgelagerte Riffkalke (z. T. auch Lagunenkalke mit massenhaft auftretenden Diploporen), welche in dem obertriadischen Flysch in der sogenannten „Mufara-Formation“ (Nor) eingeschaltet sind. Nach vorläufigen Untersuchungen sind diese Karbonate ins Ladin-Karn einzustufen. Die Beschreibung des paläontologischen Bestandes und der Fazies-Typen ist in einer separaten Arbeit in Vorbereitung.

Nach den paläontologischen und sedimentologischen Merkmalen sind die meisten gesammelten Proben dem zentralen Riffareal zuzuordnen und als „Biolithit“ bzw. „Bafflestone“ anzusprechen. In diesen Proben findet man *Pseudocucurbita* bzw. *Spiriamphorella* ? in den mikritischen bis pelmikritischen Sedimenten zwischen den verschiedenen Riffbildnern (dominierend sind die Kalkschwämme und Tubiphyten) oder in den Riffhöhlungen relativ häufig. Wie in anderen Lokalitäten (vgl. SENOWBARI-DARYAN 1983) treten sie auch hier gehäuft auf. Quantitativ gesehen ist diese Gruppe die häufigste Form unter den Foraminiferen. Entsprechend ihres eng begrenzten Lebensraumes stellen sie auch gute Faziesfossilien dar. In den karnischen Riffen hat diese Gruppe die gleichen Biotope erobert, welche in den norischen bzw. rhätischen Riffen von anderen Gruppen (z. B. den Gattungen *Galeanella* und *Ophthalmidium*) eingenommen werden.

Im untersuchten Material treten folgende Arten dieser Organismen-Gruppe auf:

*Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY)

*Pseudocucurbita longicollum* SENOWBARI-DARYAN

*Pseudocucurbita* ? oder *Spiriamphorella* ? sp.

*Pseudocucurbita* ? sp.

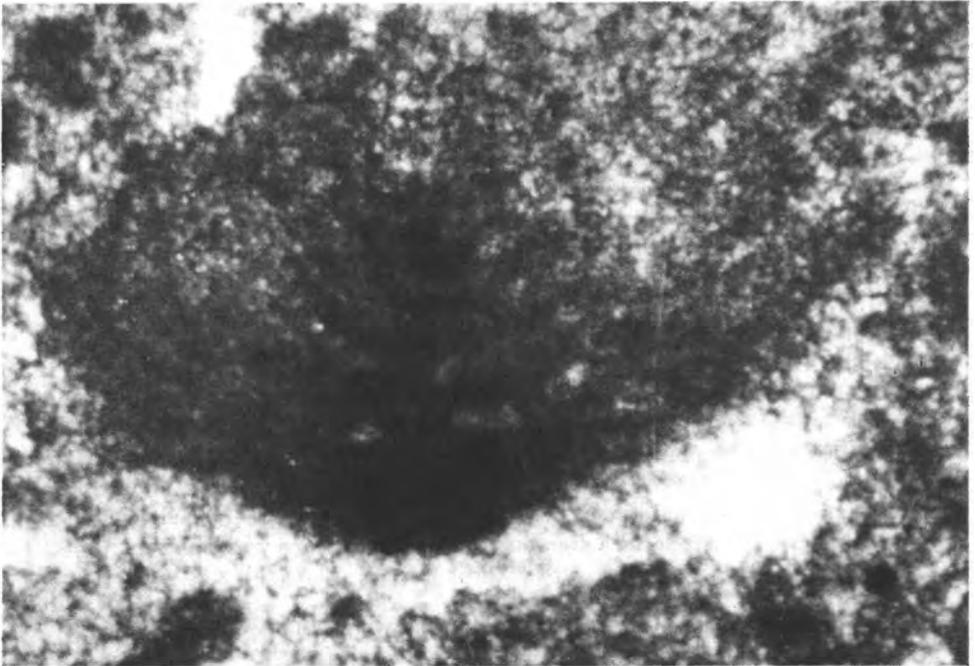


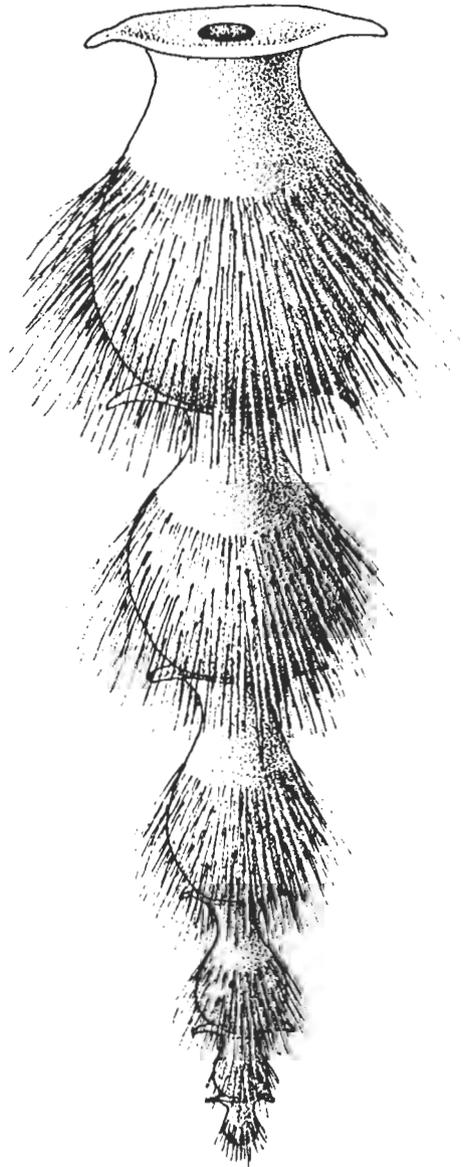
Abb. 1: *Pseudocucurbita infundibuliformis* ? (JABLONSKY). Besonders schön sind die stachelartigen Fortsätze um den „bauchigen“ Teil der amphorenähnlichen Kammern zu sehen. Schliff S/6/16. ca. 300 x (Vergrößerung aus Taf. 2. Fig. 1).

An gut erhaltenen bzw. günstig angeschnittenen Exemplaren kann man beobachten, daß der als *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY) beschriebene Organismus stachelartige Fortsätze besaß (Abb. 1, Taf. 1/Fig. 2–4, 8, Taf. 2/Fig. 1–2). Nach dem Erhaltungszustand ist festzustellen, daß offensichtlich nicht die gesamte Gehäuseoberfläche, sondern nur der breite und „bauchige“ Bereich der einzelnen, amphorenähnlichen Kammern mit solchen Stacheln versehen war (Abb. 1, Taf. 1/Fig. 3, 9, 10). Dies ist vor allem aus dem Exemplar in Abb. 1 zu entnehmen, dessen Identität mit der Art *P. infundibuliformis* (JABLONSKY) allerdings fraglich ist. Auch im Exemplar in Taf. 1/Fig. 1, welches als *Pseudocucurbita* ? oder *Spiriamphorella* ? anzusprechen ist, sind solche Stacheln sehr gut zu beobachten. Es ist angedeutet, daß die Stacheln offensichtlich nur an „bauchigen“ Bereichen und nicht an den „Hälsen“ der amphorenförmigen Kammern entwickelt sind.

Die wahre Länge solcher Stacheln ist aus dem fossilen Material sehr schlecht zu ermitteln. Wie aber aus den abgebildeten Exemplaren ersichtlich ist, betrug die Länge der Stacheln zum Teil bis zum 2,5-fachen des Gehäusedurchmessers (Abb. 1, Taf. 1/ Fig. 1. 3. Taf. 2/ Fig. 1–2). Selten treten in den Schlifften halbkreisförmige bis kreisförmige konzentrische Parallelstrukturen auf, die nichts anderes darstellen als Schnitte durch die Stacheln (Taf. 2/ Fig. 1).

Unser Material aus Sizilien zeigt damit, daß die als *Pseudocucurbita* und vielleicht auch als *Spiriamphorella* beschriebenen Organismen (zumindest zum Teil) bestachelt

Abb. 2: Rekonstruktion von *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Die Größenverhältnisse der Gehäuseteile und der koralline Wachstumsmodus sind nicht berücksichtigt. Um die Gestalt der einzelnen, amphorenähnlichen Kammern zu zeigen, sind sie an den Kontaktstellen zwischen zwei Kammern sehr schematisch dargestellt. In Wirklichkeit übergreifen die jüngeren Kammern den „Kragen“ der älteren in der Weise, daß die „Kragen“ von außen kaum sichtbar sind.



waren. Diese Eigenschaft sollte bei der Gattungsdiagnose der Organismen berücksichtigt werden.

Das häufig um diese Organismen verdichtete Sediment wird dann als primäres Sedimentpartikelchen (neben Organismenstacheln) angesehen, welches zwischen den Stacheln sedimentiert und nicht ausgewaschen wurde. In Abb. 2 ist eine Rekonstruktion für die Art *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY) dargestellt.

### Funktionelle Deutung der Stacheln

Bei den Fortsätzen um das Gehäuse von *Pseudocucurbita* kann es sich theoretisch (während der Lebenszeit des Tieres) entweder um Weichteile oder um Hartteile gehandelt haben. Für den Fall, daß es sich um Fortsätze des Protoplasmas gehandelt hat, die der Verankerung des Organismus dienten, würden sie im fossilen Material wirt im Sediment liegen. Man könnte auch annehmen, daß die dünnen und fädigen Fortsätze des weichen Protoplasmas durch die feinen Schlammkörner geschützt wurden, so daß durch die spätere Zersetzung der Weichteile die negativen Sturkturen im Sediment als feine und strahlenartige Fortsätze heute in Erscheinung treten. In diesem Fall hätten sie primär als Hohlräume vorliegen müssen, welche zu einem späteren Zeitpunkt durch Kalzit ausgefüllt worden waren. Das bedeutet, daß die Fortsätze anders aussehen müßten (in diesem Fall sparitisch oder mikrosparitisch) als das Gehäuse bzw. die Gehäuserstruktur des Organismus, was jedoch nicht der Fall ist.

Aus diesen Gründen müssen wir für diese Strukturen (Fortsätze) während der Lebenszeit des Organismus einen starren Zustand annehmen. Unter dem oft verwendeten Wort „Stacheln“ werden hier lediglich nadelförmige und starre Fortsätze verstanden.

Theoretisch können solche stachelartige Fortsätze der Fortbewegung, der Nahrungsaufnahme oder der Verankerung des Organismus dienen. Eine funktionelle Deutung der Stacheln als Bewegungsorgane kommt kaum in Frage, wenn man die einseitige und auf bestimmte Bereiche des Gehäuses bzw. der Kammern beschränkte Bestachelung in Betracht zieht. Die Stacheln müßten dann auch gelenkig sein (wie z. B. bei Seeigeln), wofür es aber keinerlei Hinweise gibt.

Dadurch, daß die Stacheln nur im bauchigen Bereich und nicht an der Mündung der Kammern entwickelt sind, ist ihre Deutung als Organe für die Nahrungsaufnahme sehr unwahrscheinlich. Hinzu kommt noch, daß sie starr waren.

Das gehäufte Auftreten dieser Organismen und ihr beschränktes Vorkommen in einem eng begrenzten Raum (in geschützten Bereichen zwischen den riffbildenden Organismen oder in den Riffhöhlungen) deutet darauf hin, daß diese Organismen in ihrem primären Lebensraum überliefert sind. Da keine festsitzenden Exemplare (auf einem Hartsubstrat) beobachtet werden konnten, wird angenommen, daß es sich um Schlammbewohner handelt, welche entweder auf schlammigem Boden oder zum Teil im Schlamm steckend lebten. Dafür spricht auch der koralline Wachstumsmodus der gesamten Gehäuse von *Pseudocucurbita*, in dem die einzelnen Kammern nicht auf einer geraden Linie (in der Regel), sondern auf einer krummen Linie angeordnet sind. Dieses koralline Wachstum entsteht dadurch, daß durch das Wachstum des Gehäuses, dieses auf die Seite gekippt wird und die neuen Kammern wiederum mehr oder weniger in der Richtung senkrecht zur Sedimentoberfläche angelegt werden. Um das Gehäuse vor dem Einsinken in Feinschlamm zu schützen, waren noch zusätzliche Verankerungsorgane notwendig. Wir deuten die um den Organismus entwickelten Fortsätze als solche Verankerungsorgane, die wahrscheinlich neben dem breit ausgebildeten Kranz des Gehäuses den Organismus vor dem Einsinken in den Feinschlamm schützten.

Aufbewahrungsort für alle abgebildeten Dünnschliffe: Institut für Paläontologie der Universität Erlangen-Nürnberg.

Dank: Die Arbeit wurde durch Reise- und Sachmittel durch die DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT unterstützt (Projekt: „Se 416/1–1“).

## Literatur

- ALTINER, D. & ZANINETTI, L.: Le Trias dans la region de Pinarbasi, Taurus oriental, Turquie: unites lithologiques, micropaleontologie, milieux de depot. — Riv. Ital. Paleont., 86/4, 705–760, 6 Abb., Taf. 78–88, Milano 1981.
- BORZA, K. & SAMUEL, O.: New genera and species (incertae sedis) from the Upper Triassic in the West Carpathians. — Geol. Zborn. Slov. Akad. Vied, 28/1, 95–119, 3 Abb., 8 Tab., 7 Taf., Bratislava 1977 a.
- & SAMUEL, O.: *Paratintinnina tintinniformis* and *P. tulipaformis* nov. gen. et nov. sp. (incertae sedis) from Upper Triassic limestones of West Carpathians (Czechoslovakia). — ZK, Paleont. (Bratislava), 2–3, 143–150, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Bratislava 1977 b.
- & SAMUEL, O.: *Pseudocucurbita* nov. gen. (incertae sedis) from the Upper Triassic of the West Carpathians (Czechoslovakia). — Geol. Zborn. Slov. Akad. Vied, 29/1, 67–75, 2 Abb., 2 Taf., Bratislava 1978.
- JABLONSKY, E.: Mikroproblematika aus der Trias der Westkarpaten. — Geol. Zborn. Slov. Akad. Vied, 24/2, 415–423, 1 Abb., 3 Taf., Bratislava 1973.
- MICONNET, P., CIARAPICA, G. & ZANINETTI, L.: Faune a foraminiferes du Trias superieur d'affinite Sud-Tethysienne dans l'Apennin meridional (Bassin de Lago-negro, Province de Potenza, Italie); Comparaison avec L'Apennin Septentrional. — Rev. Paleobiologie, 2/2, 131–147, 3 Abb., Taf. 1–4, Geneve 1983.
- SADATI, S.-M.: Die Hohe Wand: Ein obertriadisches Lagunen-Riff am Ostende der Nördlichen Kalkalpen (Niederösterreich). — Facies, 5, 191–264, 15 Abb., 10 Tab., Taf. 54–66, Erlangen 1981.
- SALAJ, J., BORZA, K. & SAMUEL, O.: Triassic Foraminiferes of the West Carpathians. — Geol. ustav Dionyza Stura, 213 S., 23 Abb., 157 Taf., Bratislava 1983.
- SENOWBARI-DARYAN, B.: Zur Paläontologie des Riffes innerhalb der Amphycli-nen-Schichten bei Hudajuzna, Slowenien. — Razprave IV. razr., SAZU, 23/2, 99–118, 1 Abb., 1 Tab., Taf. 1–10, Ljubljana 1981.
- Zur Gattung *Pseudocucurbita* BORZA & SAMUEL, 1978 (= pro *Cucurbita* JA-BLONSKY, 1973) und Beschreibung vergleichbarer problematischer Organismen aus der Obertrias des alpin-mediterranen Raumes. — Riv. Ital. Paleont., 88/2, 181–250, 14 Abb., 9 Tab., Taf. 12–24, Milano 1983.
- ZANINETTI, L.: Sur la Subdivision des Milioliporidae (Foraminiferes Triasiques), note de Nomenclature. — Rev. Paleobiologie, 1/2, 181, Geneve 1982.
- & ALTINER, D.: „L'Effet de Cavite“ dans la paroi des Foraminiferes porcelanes recristallises: Deux exemples, les Milioliporidae (Galeanellinae et Pseudocucurbitinae) et les Nubeculariides (Ophthalmidiinae). — Rev. Paleobiologie, 2/1, 9–11, Taf. 1, Geneve 1983.
- , ALTINER, D., DAGER, Z. & DUCRET, B.: Les Milioliporidae (Foraminiferes) dans le Trias superieur a facies recifal du Taurus Turquie. I. Proposition pour une nouvelle subdivision. — Rev. Paleobiologie, 1/1, 93–103, 1 Abb., Taf. 1–2, Geneve 1982 a.
- , ALTINER, D., DAGER, Z. & DUCRET, B.: Les Milioliporidae (Foraminiferes) dans le Trias superieur a facies recifal du Taurus, Turquie. II. Microfaunes asso-ciees. — Rev. Paleobiologie, 1/2, 105–139, Taf. 1–11, Geneve 1982 b.

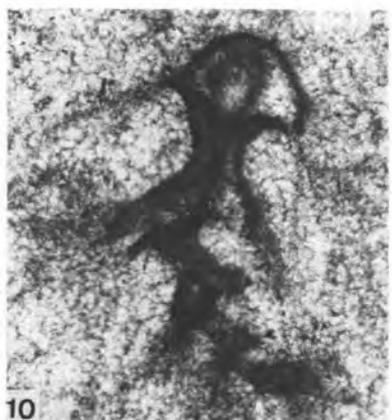
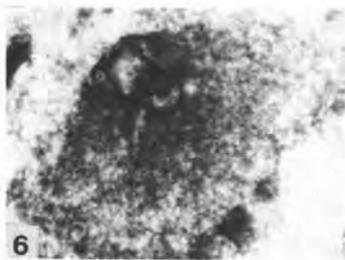
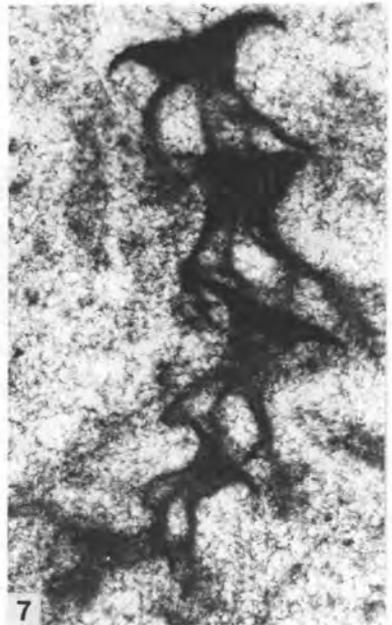
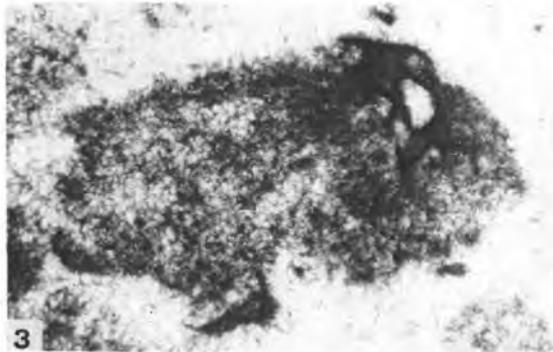
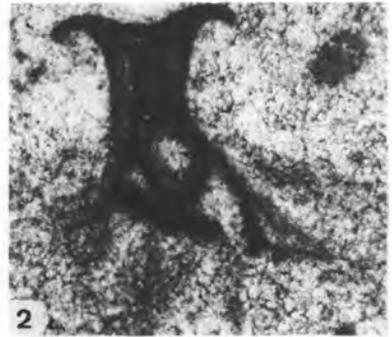
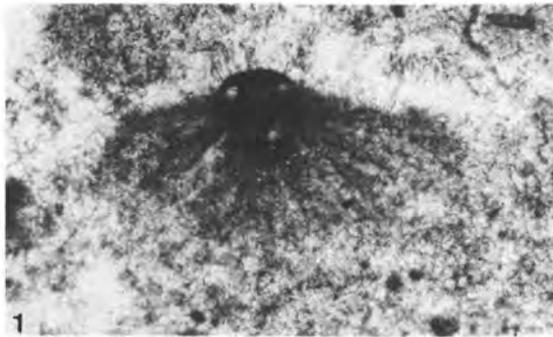
## TAFEL 1

- Fig. 1: *Spiriamphorella* ? sp. Besonders schön sind die stachelartigen Fortsätze am „bauchigen“ Teil des Organismus zu sehen. Schliff 5/6/16, 40 x.
- Fig. 2: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Schnitt durch die letzte Kammer und durch den „Kragen“ der vorhergehenden Kammer. Schliff S/6/28/3, 100 x.
- Fig. 3: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Schnitt durch zwei Kammern. Besonders schön sind die langen Stacheln zu sehen. Schliff S/6/67, 140 x.
- Fig. 4: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Schnitt durch eine Kammer. Am „bauchigen“ Teil sind die Stacheln angedeutet. Schliff S/6/28/1, 25 x.
- Fig. 5: *Pseudocucurbita* ? sp. Besonders schön sind die Stacheln zu sehen. Schliff S/6/26, 25 x.
- Fig. 6: *Pseudocucurbita* ? sp. Schnitt durch zwei Kammern. Die Kammern sind durch Stacheln versehen. Schliff S/6/67, 140 x.
- Fig. 7: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Längsschnitt durch mehrere (7) Kammern. An den „bauchigen“ Teilen der Kammern sind die Stacheln angedeutet. Schliff S/6/26, 100 x.
- Fig. 8: *Pseudocucurbita longicollum* SENOWBARI-DARYAN. Bei diesem Exemplar handelt es sich um eine seltene Art. Schliff S/6/16, 100 x.
- Fig. 9: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Schnitt durch zwei Kammern. Am „bauchigen“ Teil der jüngsten Kammern sind die Stacheln zu sehen. Schliff S/6/27, 100 x.
- Fig. 10: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Schnitt durch 5 Kammern. An den „bauchigen“ Teilen der Kammern sind die Stacheln angedeutet. Schliff S/6/28/1, 100 x.

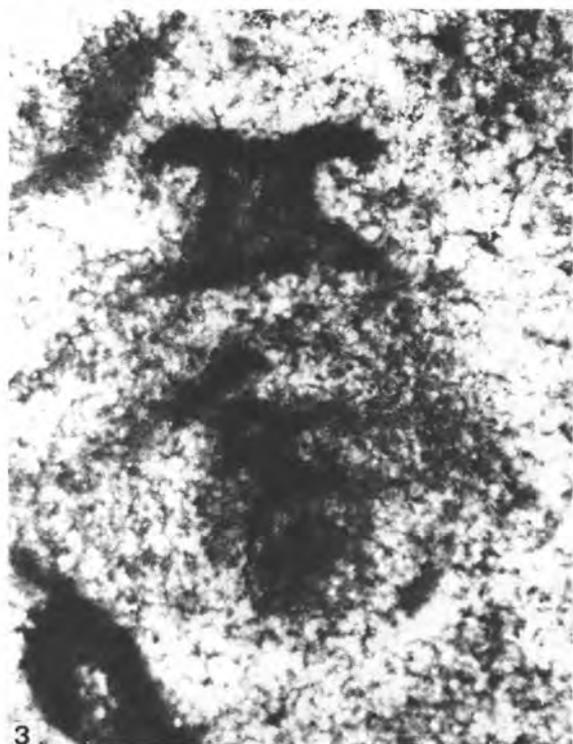
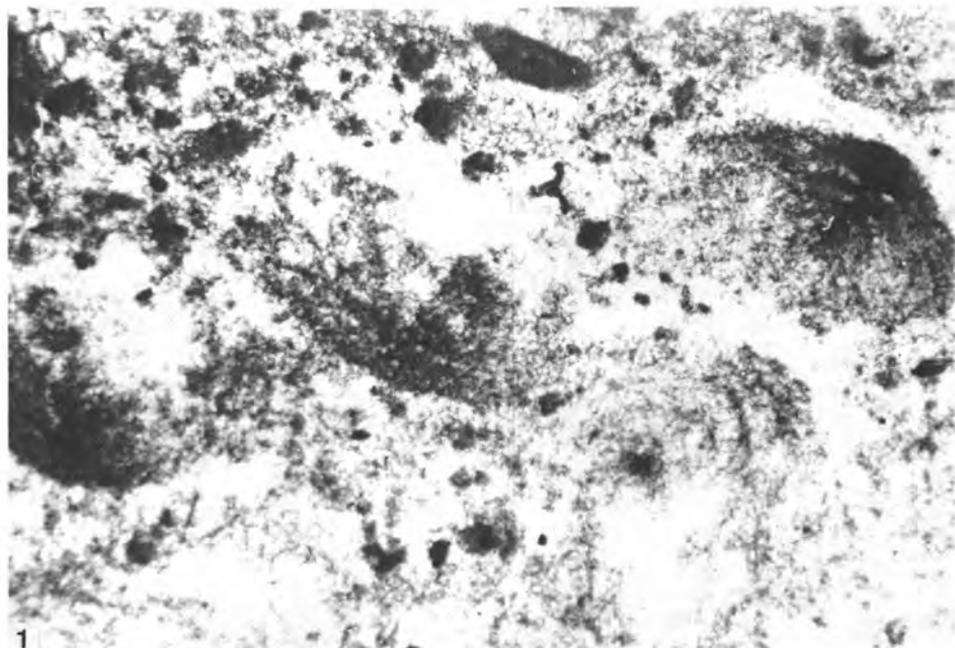
## TAFEL 2

- Fig. 1: Mehrere kreisförmig konzentrische Strukturen, die Schnitte durch die Stacheln von *Pseudocucurbita infundibuliformis* ? (JABLONSKY) darstellen. Schliff S/6/16, ca. 50 x.
- Fig. 2: *Pseudocucurbita infundibuliformis* ? (JABLONSKY) mit sehr langen Stacheln. Schliff S/6/67, 40 x.
- Fig. 3: *Pseudocucurbita infundibuliformis* (JABLONSKY). Schnitt durch mehrere Kammern. Die Stacheln sind angedeutet. Schliff S/6/16, 120 x.

# TAFEL 1



## TAFEL 2



## ZUSAMMENFASSUNGEN

der im Studienjahr 1984/85 und bis Ende 1985 approbierten Dissertationen  
am Institut für Geologie der Universität Wien

HÖSCH, K.: Zur lithofaziellen Entwicklung der Greifensteiner Schichten in der Flyschzone des Wienerwaldes. – Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät Univ Wien, 1985.  
Betreuer: P. FAUPL und CH. EXNER  
Promoviert am 5. 7. 1985

In dieser Arbeit werden die Greifensteiner Schichten der Flyschzone des Wienerwaldes einer lithofaziellen und sedimentologischen Untersuchung unterzogen.

Fußend auf Profilaufnahmen konnte gezeigt werden, daß die Greifensteiner Schichten von drei Lithofazies und sieben Subfazies aufgebaut werden:

1. Ungradierte und gradierte Konglomerate von einigen Zehnermetern Mächtigkeit, die nur im nördlichsten Abschnitt des Untersuchungsgebietes anzutreffen sind. Sie lassen sich mit der Fazies A nach E. MUTTI & F. RICCI LUCCHI (1975) oder den "clast-supported conglomerates" nach R. WALKER (1978) vergleichen und werden als proximale Rinnenfüllungen gedeutet.

2. Mächtige Mittel- bis Grobsandsteine, die keine Gradierung besitzen und auf die die BOUMA-Abfolge nicht anwendbar ist. Sie sind von Tonklasten durchsetzt. Ihrer Ausbildung nach sind sie mit den "Massive Sandstones" nach R. WALKER (1978) oder der Fazies B<sub>1</sub> nach E. MUTTI & RICCI LUCCHI (1975) gut vergleichbar. Es handelt sich ebenfalls um Rinnenfüllungen. Diese Fazies nimmt mächtigkeitsmäßig den Großteil der Schichtfolge der Greifensteiner Schichten (ca. 50 %) ein. Innerhalb dieser Fazies sind drei Subfazies zu unterscheiden:

- a) Ungradierte, massige Mittel- bis Grobsandsteine. Diese mächtigen Psammitbänke besitzen als einzige Internstruktur Entwässerungserscheinungen, an der Bankunterseite scour marks, Schleifmarken und Belastungsmarken.
- b) Amalgamierte Sandsteine. Dieses Gestein stellt die amalgamierte, geringmächtigere Ausbildungsart der ungradierten, massigen Mittel- bis Grobsandsteine dar.
- c) Ungradierte Grob- bis Mittelsandsteine mit ebener bis schräger Internschichtung.

3. Ablagerungen, die mit der BOUMA-Zyklus beschrieben werden können und die daher als „klassische“ Turbidite gelten, wobei nach dem Grad der Vollständigkeit dieses Zyklus drei Subfazies unterschieden werden können: a) Ta + Te-Abfolgen; b) Tb/Tc bis Te-Abfolgen; c) Siltstein/Tonstein-Wechsellagerungen.

Diese Fazies, deren Mächtigkeit ungefähr 30 % der Gesamtmächtigkeit beträgt, wird als Zwischenrinnensediment gedeutet. Sie weist die stärkste Bioturbation und Lebensspuren-Führung der Greifensteiner Schichten auf. Sie kann am ehesten mit der Fazies C oder D von E. MUTTI & F. RICCI LUCCHI (1975) verglichen werden.

Die Sedimentationseinheiten sind in vertikaler Richtung in bestimmten zyklischen Abfolgen (fining upward-, isolated- und uniform cycles) organisiert.

Bei der gegenseitigen Ablöse der verschiedenen Lithofazies kommt es hauptsächlich zu Übergängen von Fazies 1 in Fazies 2 oder von Fazies 2 in Fazies 3, während Fazies 3 mit vorwiegend Übergängen zwischen ihren Subfazies einen relativ eigenständigen Platz einnimmt. Die Aufschlüsse sind dementsprechend meist in einen dickbankigen und einen dünnbankigen Bereich gegliedert.

Die Schwermineraluntersuchung erbrachte für die Greifensteiner Schichten ein ho-

mogenes Spektrum mit Zirkonvormacht und einem beträchtlichen Anteil an Turmalin und Rutil. Nur in Übergangszonen im Liegenden ergab sich auch Granatdominanz. Die Zirkonuntersuchung bestätigte mehrere Liefergebiete und oftmalige sedimentäre Aufarbeitung.

Die Sandsteine der Greifensteiner Schichten sind überwiegend als sublithische Arenite, in untergeordnetem Maß als Subarkose und in seltenen Fällen als Wacken anzusprechen. Durch die mangelnde Sortierung und Rundung sind sie als gering reifes (submature) Sediment anzusehen. Die Grundmasse ist hauptsächlich tonig oder siliziklastisch, etwaiger Karbonatgehalt dürfte auf karbonatischen Zement zurückzuführen sein.

Die Pelite der Greifensteiner Schichten sind durch sehr geringe Karbonatgehalte (max. 4 %) und eine Tonfraktion aus Kaolinit und Illit sowie in wechselnden Mengen aus Illit/Smektit-Mixed-Layer-Mineralen gekennzeichnet. Es konnte weder durch den Karbongehalt noch durch die tonmineralogische Zusammensetzung innerhalb einer Pelitbank ein hemipelagischer Abschnitt abgetrennt werden.

Bei den Psephiten handelt es sich überwiegend um polymikte Konglomerate. Das Kristallinmaterial zeigt starke Anklänge an granitische Gesteine der Böhmisches Masse.

Bei den Sedimentgesteinsbruchstücken sind vor allem die Dolomite, die Jurakalke und die paläogenen Kalkkomponenten von besonderem Interesse. Diese Gesteinstypen lassen sich auf das autochthone Mesozoikum des Molasseuntergrundes, auf die Waschbergzone und die Klippenzone zurückführen.

Die paläogeographische Herleitung des Sedimentmaterials von diesen Zonen wird durch die Paläoströmungsdaten gestützt. Bei der Paläoströmungsanalyse wurden sowohl Unterflächenmarken, sedimentäre Internstrukturen als auch Kornorientierungen ausgewertet. Eine generelle Materialanlieferung aus NW konnte festgestellt werden.

Als Paläoenvironment wird ein submarines Tiefseefächersystem angenommen. Den Greifensteiner Schichten kommt eine Position im distalen Ende des oberen (inneren) Fächers bzw. im Bereich des oberen (rinnenbetonten) Teiles des mittleren Fächers zu. Die Faziesassoziationen legen eine Deutung als Rinnenfüllungen, Ablagerungen des Rinnenrandes und des Zwischenrinnenbereiches nahe.

Die Greifensteiner Schichten stellen im Vergleich zu anderen, teilweise gleichaltrigen Sedimenten des Wienerwald-Flysches das nördlichste und proximalste Element dar. Innerhalb der Greifensteiner Schichten selbst ist eine Abnahme der Proximalität gegen Süden zu erkennen. Diese eigenständige Entwicklung spiegelt sich auch in dem im N bzw. NW gelegenen Liefergebiet (Ostteil der Böhmisches Masse, autochthones Mesozoikum des Molasseuntergrundes, Ultrahelvetikum) wider.

KROHE, A.: Metamorphosegeschichte und tektonische Entwicklung in der nördlichen Koralpe, der angrenzenden Stubalpe und am Südwestrand des Grazer Paläozoikums.  
– Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät der Universität Wien, 1984.

Betreuer: W. FRANK und W. RICHTER

Promoviert im Dezember 1984

Schwerpunkt der Untersuchungen war die Gefügeentwicklung in der nördlichen Koralpe sowie in den angrenzenden Gebieten der Stubalpe und im basalen Grazer Paläozoikum.

Es wurden insgesamt drei mittelgradige Metamorphosezyklen unterschieden. Gegenüber früheren Untersuchungen konnte die der  $\pm$  auf die Koralm beschränkten andalusitbildenden Metamorphose nachfolgende Barrowmetamorphose (Disthenbildung) in zwei strukturell und zeitlich unterscheidbare Ereignisse – „ältere“ und „jüngere“ Hauptstrukturprägung – getrennt werden.

Beide sind mit einer intensiven Durchbewegung im Kornbereich verbunden. Die jüngere korreliert mit den retrograden Erscheinungen in den Bewegungshorizonten unterhalb des Grazer Paläozoikums.

Die Gefügebilder dieser beiden Strukturprägungen werden charakterisiert unter anderem auch mit Hilfe von Quarzgefügen.

Im Zuge der älteren Hauptstrukturprägung erfolgt die Umwandlung von Andalusit nach Disthen. Die Gefügebilder sind durch eine die Deformation überdauernde Kristallisation gekennzeichnet; sie ergeben schlecht geregelte rhombische weit geöffnete Quarzgefüge. Diese Strukturprägung tritt sowohl in den Stubalmserien als auch reliktsch in der Koralmserie auf.

Zu den Gefügetypen der jüngeren Hauptstrukturprägung zählt in erster Linie die Plattengneisdeformation. Damit wird eine Blastomylonitbildung charakterisiert, bei der sich durch mega- makro- und mikroskopischen Beobachtungen sowie anhand der Quarzgefügeasymmetrie eine simple-shear-Deformation // L („a-Tektonit“) nachweisen läßt. Es können mehrere verschiedene Scherhorizonte mit unterschiedlicher Verzenz unterschieden werden, die Bewegungsrichtung der Hauptscherhorizonte geht gegen Norden.

Außerhalb der Blastomylonite ist die junge Hauptstrukturprägung als Crenulation mit rhombischen Quarzgefügemustern entwickelt.

Bisher vorliegende geochronologische Daten belegen eine kretazische Metamorphose in weiten Bereichen der Kor-, Stub- und Gleinalpe von mindestens höherer Grünschieferfazies, sowie eine Temperaturabnahme im Raum unterhalb des Grazer Paläozoikums in den Raum Steinplan.

Es kann gezeigt werden, daß die Gefügetypen der jüngeren Hauptstrukturprägung im Liegenden und Hangenden des Stub-Koralmkomplexes mit der kretazischen Temperaturverteilung korrelieren.

Besonders deutlich wird dies im Raum Krenhof (Gradener Serie, Grazer Paläozoikum), wo ein genetischer Zusammenhang zwischen den Gesteinen mit Plattengneistextur im Hirschegger Gneis („Hirschegger Blastomylonitgneis“) und der Deformation in der Gradener Serie sowie im Kalkphyllit des Grazer Paläozoikums hergestellt werden kann. Die simple-shear-Deformation des Hirschegger Blastomylonitgneises, dessen Lineation bogenförmig in jene der Gradener Serie einschwenkt, wird dort unter kühleren Bedingungen fortgesetzt.

Quarzgefügemessungen dieser Scherhorizonte (Plattengneis und ähnliche einschließlich Scherhorizont in der Gradener Serie) zeigen als Ausdruck einer Temperaturabnahme gegen N eine kontinuierliche Abfolge der Gleitsysteme von Süden nach Norden: Prismen- (und Rhomben)gleitung im Süden (zentrale Koralpe und Bereich Hirzmannstausee) – Prismen- und Basalgleitung im Hirscheegger Blastomylonitgneis – im allgemeinen Basalgleitung im Norden (Gradener Serie).

Die rasche Metamorphoseabnahme unter dem Grazer Paläozoikum wird im Zusammenhang mit der simple-shear-Deformation innerhalb dieser mächtigen Scherhorizonte gesehen.

Im Liegenden der Koralmserie ist eine Inversion der älteren (variszischen) Metamorphosezonierung festzustellen, die als Ergebnis der kretazischen Plattengneisdeformation betrachtet wird. Auch die Intensität der jungen Kristallisation und Deformation nimmt im untersuchten Gebiet von oben nach unten ab.

MILOTA, Ch.: Geologische Untersuchungen im Zuge einer Kraftwerksplanung sowie eine allgemeine Charakteristik der alpidischen Beeinflussung des Stubaikristallin im Bereich Kalkkögel – Lisenstal – Mutterbergalm – (Stubaital) – Gschnitztal. – Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät, Universität Wien, 1985.

Betreuer: W. FRANK und W. RICHTER

Promoviert am 21. 11. 1985.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in einen baueologischen und einen kristallin-geologischen Teil.

Der baueologische Teil beschäftigt sich mit den ersten, vorwiegend feldgeologischen Voruntersuchungen zu einem Kraftwerksprojekt im inneren Stubaital. Hier befindet sich an der orographisch rechten Flanke (ca. 2 km vom Talschluß entfernt) in einer Höhe von 1850 m ein morphologisch günstig geformter Karbereich, der für die Errichtung eines Wasserspeichers auserwählt wurde (Speicher SULZENAU).

Ein zweites im Verlauf dieser Arbeiten untersuchtes Kar, das ebenfalls als Speicher in das Kraftwerksprojekt miteinbezogen werden soll, ist das in etwa 2300 m Höhe liegende HOHE MOOS an der orographisch linken Talflanke des Stubaitales.

Für eine erste Grundsatzabklärung wurde das Gebiet um die Sulzenau-Alm im Maßstab 1 : 10.000 kartiert.

In beiden Karregionen erfolgte eine Aufnahme des Stauraumes (1 : 2.000) und der Sperrenstelle (1 : 500) unter besonderer Berücksichtigung des Gefügeinventars.

Zusätzlich dazu wurden die Möglichkeiten zur Gewinnung von Betonzuschlags- und Dammbaustoffen untersucht.

Mit Hilfe von zahlreichen künstlichen Aufschlußarbeiten (Sondierbohrungen + Wasserabpreßversuche, Bohrlochuntersuchungen mit der Fernsehsonde, seismische Untersuchungen) konnte der Felsuntergrund samt seiner Überlagerung genauestens studiert werden.

Nach Abschluß dieses ersten Projektierungsschrittes kann festgestellt werden, daß einerseits am Hohen Moos von geologischer Seite keine allzu großen Schwierigkeiten für die Errichtung eines Steinschüttdammes zu erwarten sind, andererseits im Raum Sulzenau-Alm noch zusätzliche Studien mit Hilfe von Sondierstollen notwendig wären, um endgültige Aussagen über die Eignung dieses Kares als Speicherraum treffen zu können.

Im kristallingeologischen Teil dieser Arbeit wurde die alpidische Beeinflussung des Stubaikristallin im Bereich Kalkkögel – Lisenstal – Mutterbergalm (Stubaital) – Gschnitztal untersucht.

Von besonderer Bedeutung waren dabei die überaus häufig vorkommenden retrograden Mineralreaktionen (Serizitisierung von Feldspat und Staurolith, Umwandlung von Biotit, etc.). Da keine durchgreifenden und das gesamte Stubaikristallin erfassenden tektonischen Aktivitäten während der alpidischen Orogenese bekannt sind, können diese retrograden Umbildungen auf das Einwirken einer fluiden Phase zurückgeführt werden.

Anhand von drei Probenprofilen (in E/W-, N/S- und NE/SW-Richtung) konnte durch Dünnschliff- und Kleinbereichsuntersuchungen mit Hilfe der Rb/Sr-Methode festgestellt werden, daß die retrograden Erscheinungen im engen Zusammenhang mit dem Brennermesozoikum zu sehen sind. Aus diesen Untersuchungen ergab sich ein sehr deutlicher Trend, der darauf hinweist, daß die Hauptmenge der für diese rückschreitenden Mineralreaktionen notwendigen fluiden Phase aus den überlagernden Sedimenten freigesetzt wurde. Im Stubaikristallin des untersuchten Gebietes kann zwischen drei verschiedenen Zonen unterschieden werden.

Der Beginn der Fluid-Beeinflussungen ist sehr schwer anzugeben. Es scheint aber naheliegend, daß mit Einsetzen der Sedimentation des Mesozoikums auf das Kristallin auch mit einer „Durchfeuchtung“ desselben zu rechnen ist. Im Zuge der alpidischen Metamorphose führten erhöhte Temperaturen zu einer Aktivierung dieser Fluids und zur Ausbildung der beschriebenen Reaktionen. Aus den vorliegenden Regressionslinien mancher Lagenkombinationen aus den Kleinbereichs-Isotopenmessungen bzw. auch aus den Biotitaltern ist wahrscheinlich, daß die Aktivitäten bis zum Ende der alpidischen Phase andauerten (im untersuchten Raum etwa zwischen 76 und 72 Mio. J.).

PAVLIK, W.: Geologische Untersuchungen in den Kalkhochalpen (Tirolikum und Juvavikum) im Gebiet Halltal – Student (Steiermark). – Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät, Universität Wien, 1985.

Betreuer: A. TOLLMANN und CH. EXNER

Promoviert am 5. 7. 1985

Die Problemstellung dieser Arbeit bestand darin, eine genaue stratigraphische Untersuchung in diesem Raum durchzuführen und, basierend auf diesen Ergebnissen, die tektonischen Fragen zu beantworten.

Der stratigraphische Umfang der Schichtglieder reicht vom Paläozoikum bis in das Tertiär. Die einzelnen tektonischen Einheiten weisen sehr unterschiedlichen faziellen und verschiedenen stratigraphischen Umfang auf. Einige sind auf nur wenige Serien beschränkt.

Die tektonische Gliederung von Norden nach Süden lautet wie folgt: a) Göller-Decke; b) Halltal-Deckscholle; c) Halltal-Fenster und -Halbfenster; d) Schulkogel-Deckscholle; e) Tribein-Schuppe; f) Schürfling der Grauwackenzone; g) Brunntal-Deckscholle (Hallstätter-Decke); h) Student-Deckscholle (Schneeberg-Decke).

Es konnte gezeigt werden, daß die in der Literatur erwähnten Schichtfolgen vom permischen Haselgebirge über Werfener Schichten zu Mitteltriasdolomiten im Halltal nicht vorhanden sind. Die am Braschkogel, Hallhofkogel und entlang des Lusterkogels aufgeschlossenen Dolomite sind eindeutig Antiklinalen der unter der Halltal-Deck-

scholle liegenden Göller-Decke. Besonders gut ist dies beim Hallhofkogel-Halbfenster und in einem kleinen Steinbruch ungefähr 150 m nördlich Höhnbichler erkennbar.

Die am Schulkogel im Ort Halltal auftretenden Serien mit Gutensteiner Schichten und kieseligen Wettersteindolomiten sind auf den bisher vorliegenden Karten nicht eingetragen. Die Schichtfolge ist mit der der Student-Deckscholle zu vergleichen. Da diese Abfolge nicht zur Halltal-Deckscholle gestellt wird, wurde diese Einheit nach ihrem Vorkommen am Schulkogel als neue tektonische Teileinheit, als Schulkogel-Deckscholle, bezeichnet.

Am Südrand der Halltal-Deckscholle ist im Bereich des Höllgrabens eine Überschiebung durch die Tribein-Schuppe ausgebildet. Weiters ist eine Verschuppung dieser beiden Einheiten erkennbar.

Die Tribein-Schuppe konnte in ihrer Schichtfolge und in ihrer flächenmäßigen Ausdehnung neu erfaßt werden. Entgegen den älteren Darstellungen wurde eine erheblich umfangreichere Gliederung angetroffen. Während durch die früheren Kartierungen Hauptdolomit, Dachsteinkalk, Hierlatzkalk, Kössener Schichten und Allgäuschichten (Liasfleckenmergel) ausgewiesen wurden, konnte ein Hinabreichen in die Mitteltrias belegt werden. Im Norden beginnt die Schichtfolge mit Göstlinger Kalken und führt über Lunzer Schichten, Dachsteinkalken und Oberrhätkalken zu Hierlatzkalken. Im Süden sind über den Dachsteinkalken Starhembergkalke, Kössener Schichten und Allgäuschichten entwickelt.

Der Schürfling der Grauwackenzone konnte flächenmäßig gut auskartiert werden, aber die äußerst schlechten Aufschlußverhältnisse ließen keine genaue Gliederung zu.

Die Brunntal-Deckscholle ist in ihrem bisher bekannten Umfang erfaßt worden und konnte um einige Schichtglieder, Zlambachschichten, rote Brekzie und Mergel sowie Plassenkalke, ergänzt werden.

Die zuoberst lagernde Student-Deckscholle muß in ihrer Schichtfolge neu erfaßt werden. Der bis vor kurzer Zeit angenommene Zusammenhang zwischen Haselgebirge, Werfener Schichten und Steinalm-Wettersteinkalken ist nicht gegeben, da die beiden erstgenannten Schichten neuerdings zur Brunntal-Deckscholle gezählt werden. Die somit neu zu fassende Student-Deckscholle besteht nur noch aus Gutensteiner Schichten an der Basis, Wettersteinkalken, „Reitmauerkalken“ und Ruhpoldinger Schichten.

Die tektonische Formung dieses Raumes ist auf eine Gleittektonik im Oberjura zurückzuführen. Im Oxford (Ruhpoldinger Schichten) sind die im Süden anzusiedelnden Einheiten, Grauwackenzone, Brunntal-Deckscholle über die nördlicher gelegenen Decken, Schneebergdecke und Mürzalpendecke auf die Tribein-Schuppe und die Göller-Decke aufgeglitten. Auch die Schneebergdecke glitt nach Norden, wobei aber ein großer Teil auf der Mürzalpendecke liegen blieb und nur wenige kleine Reste bis auf die Tribein-Schuppe und die Göller-Decke vorstießen. Schließlich folgte dann die Mürzalpendecke. Wie schon oben erwähnt, finden diese Ereignisse im Malm statt, und vereinzelt sind an den Gleitflächen rote und graue Kieselkalke und Radiolarite zwischengeschaltet.

Später, in einer nachgosauischen Phase, ist – wie einige Gosaeinklemmungen unter der Tribeinschuppe zeigen – dieselbe abgeschert worden und über die nördlich von ihr befindliche Göller-Decke mit ihren Deckschollen gefahren.

POBER, E.: Stratigraphische und Sedimentgeologische Untersuchungen in der Gosau von Wörschach (Steiermark). – Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät, Universität Wien, 1984.

Betreuer: P. FAUPL und A. TOLLMANN

Promoviert am 6. 2. 1985

Das Gosauvorkommen von Wörschach–Liezen im Ennstal (Steiermark) am Südrand der Nördlichen Kalkalpen umfaßt eine tektonisch stark gestörte Schichtfolge, die vom Coniac bis ins Untereozän reicht. Der vorgosauische Untergrund gehört größtenteils dem Tirolikum an (Juramulden der Warscheneckdecke), das von Resten der ?Dachsteindecke und südjuvavischen Hallstätter Schollen überlagert wird.

Die Schichtfolge setzt mit mächtigen Konglomeraten ein (Konglomeratserie 1). Diese nehmen den größten Flächenanteil in der Gosaubedeckung ein. Ihre Zusammensetzung widerspiegelt das Erosionsniveau des kalkalpinen Raumes und zeigt starke Beziehungen zum lokalen vorgosauischen Untergrund. Die Konglomerate werden als Ablagerungen einer alluvialen Schwemmfächer-Fazies interpretiert, die gegen Hangend mit marinen Sandsteinen verzahnt ist (Fan-Delta-System).

Die Konglomeratserie 1 wird von einer flachmarin gebildeten, makrofossilreichen mergelig-sandigen, kohleführenden Serie überlagert, die teilweise starke brackische Einflüsse zeigt (Schneckengrabenschichten). Die ins M.–O.-Coniac eingestuften Schichten sind geringmächtig und nur lokal aufgeschlossen.

Im Gegensatz zu anderen Gosauvorkommen, wo im Verlauf der Tieferen Gosau die kontinuierliche Abtiefung des Sedimentationsraumes zu belegen ist, setzt in der Wörschacher Gosau nach der ersten marinen Phase wiederum eine Regression ein; in Form der Konglomeratserie 2 werden mächtige, grobklastische fluviatile Sedimente abgelagert. Sie werden als braided stream-Sedimente interpretiert (proximaler, kiesdominierter Abschnitt). Sie sind ebenfalls kalkalpin zusammengesetzt, enthalten aber auch einen geringfügigen Anteil an „exotischen“ Komponenten.

Die Reschitzgrabenschichten, eine geringmächtige Sandstein-Mergel-Serie, bilden eine Übergangsfazies zwischen dem alluvial-flachmarinen Komplex der Tieferen Gosau und dem turbiditischen Komplex der Höheren Gosau. Die Zusammensetzung der Sandsteine zeigt bereits den Einfluß neuer Liefergebiete an.

Ab dem höheren Untercampan werden Nierentaler Schichten abgelagert. Die mergelreiche Serie (bunte Pelite wechsellagern mit turbiditischen Sandsteinbänken und fallweise Karbonat-Breccien-Horizonten) wird als Ablagerung einer Hangfazies interpretiert.

Ab dem höheren Obercampan werden die Nierentaler Schichten von einer sandreichen Tiefwasser-Klastika-Serie, den Wörschachbergsschichten, abgelöst. Bis zu m-dicke Sandsteinbänke (T(a/e)-Turbidite bzw. ungradierte Bänke) alternieren mit dünnbankigen Turbiditen und Geröllmergellagen. Thinning upward-Bankzyklen treten auf. Die Sedimente werden als Ablagerungen aus einem proximalen mittleren Tiefseefächerbereich gedeutet.

Die zusammenhängende Schichtfolge der Wörschacher Gosau endet mit dem obersten Campan/untersten Maastricht. Aus dem Maastricht gibt es Hinweise auf eine mergelreiche Sedimentation, die den Nierentaler Schichten vergleichbar sein dürfte.

Aus dem Alttertiär (U.-Eozän) sind in geringem Umfang Olisthostrome erhalten, deren Komponentenspektrum hauptsächlich aus paleozänen Riff-(Schutt)-Kalken (Kambühelkalk) besteht. Daneben treten Maastricht-Mergel und Kristallingerölle (de-

ren Herkunft aus der Grauwackenzone möglich erscheint) auf.

In den Sedimenten der Tieferen Gosau ist vorwiegend kalkalpines Material aufgearbeitet worden, Kristallinkomponenten spielen eine unbedeutende Rolle. Sie beginnen in den Reschitzgrabenschichten an Bedeutung zu gewinnen. Zugleich setzt die Lieferung einer charakteristischen Bioklastenassoziation ein; sie stammt aus einem karbonatproduzierenden Schelfgebiet (das aus dem Paläogen belegt ist und, wie der Detritus in den campanen Gosau-Schichten zeigt, schon in der höheren Oberkreide aktiv war). In den Turbiditsandsteinen der Höheren Gosau fehlt kalkalpines Material fast vollständig. Sie werden einerseits aus Metamorphiten (aus einem schwach metamorphen Bereich) und Sedimentgesteinsklasten aufgebaut, andererseits tritt in den Wörschachbergsschichten ein bedeutender Biogenanteil auf. In den Geröllmergelagen der Wörschachbergsschichten sind Phyllite, Quarzite und verschiedene Metavulkanite enthalten, die möglicherweise auf die Herkunft des Materials aus oberostalpinen altpaläozoischen Serien hinweisen. Im Campan ist, wie radiometrische Datierungen (K/Ar-Methode) an detritären Glimmern ableiten lassen, betreffs frühalpindisch metamorph gewordenen Kristallin wieder zur Abtragung zur Verfügung gestanden.

In den Schwermineralspektren der Tieferen Gosau tritt eine grundsätzliche Differenz zwischen den Spektren der grobklastischen Konglomeratserien (Turmalin-Epidotgruppe-Apatit-Granat-Zirkon) und denjenigen der flachmarin gebildeten Sedimente auf (Chromspinellvormacht-Chloritoid-Turmalin). Den konglomeratischen Serien fehlt der in der Tieferen Gosau sonst charakteristische Chromspinell.

Ab dem Campan treten in den Reschitzgrabenschichten neben Chromspinell Granat, Chloritoid und Grüne Hornblende auf. Die Nierentaler Schichten enthalten relativ heterogene Spektren, die keinen Chromspinell mehr führen. Ab dem höheren Obercampan tritt in den Wörschachbergsschichten Granatdominanz auf. Selten tritt auch wieder Chromspinell hervor.

SPERL, H.: Geologie und Sedimentologie des Quartär im Attergau/O.Ö. – Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät, Universität Wien, 1984.

Betreuer: D. van HUSEN und W. FRANK

Promoviert am 13. 5. 1985

Im Gebiet des Attergaaues konnten nach petrographischen, sedimentologischen und morphologischen Gesichtspunkten Moränen und mit diesen verknüpfte Terrassen- bzw. Vorstoßkiese zu allen vier klassischen Eiszeiten des Ostalpenraumes auskartiert und auf ihre Kornverteilung, Kornrundung und Gesteinszusammensetzung untersucht werden. Dadurch war es möglich, die Entwicklung des Traungletschers im Arbeitsgebiet zu den jeweiligen Eiszeiten zu rekonstruieren. Dabei zeigte sich, daß auch hier im Würm die von D. VAN HUSEN (1977) im Traunseelobus nachgewiesene Abfolge eines kürzer andauernden Maximalstandes und eines darauffolgenden längeren Hochstandes entwickelt ist. Innerhalb der Würm-Endmoräne des St. Georgener-Lobus konnten im Grundmoränengebiet bei Abtsdorf noch Hinweise auf einen überfahrenen Würm-Endmoränenwall gefunden werden. Die Abfolge des Riß zeigte das ebenfalls durch D. VAN HUSEN (1981, S. 217f) vom Traunseelobus und anderen ostalpinen Gletschern her bekannte Bild eines lange andauernden Hochstandes und eines später nachfolgenden größeren, aber nur kurz andauernden Maximalstandes, der die vorher

abgelagerten mächtigen Reiß-Endmoränen und Teile der Hochterrasse überfuhr und mit Moräne bedeckte. Das Mindel-Hochglazial scheint im Attergau aufgrund der geringmächtigen Endmoränen im Vergleich zum Reiß kürzer gedauert zu haben. Die Ausdehnung der Mindelgletscher war allerdings im Arbeitsgebiet die Größte aller vier Eiszeiten. Im Mindel wurden die Günz-Moränensedimente des Attergaaues von den Kiesen und Moränen des weit vorstoßenden Gletschers überdeckt, sodaß heute die Mindelablagerungen die höchstgelegenen eiszeitlichen Sedimente im Attergau darstellen. Da die Günzmoräne bei Frankenmarkt weit außerhalb der Reißmoräne liegt, dürften die Günzgletscher die zweitgrößte Ausdehnung hier erreicht haben.

Durch vereinzelte Funde von ungerundeten zentralalpinen Kristallingeschieben in den Endmoränen des Reiß und des Mindels konnte eine Beteiligung zentralalpiner Eismassen aus dem Raum der Niederen Tauern am Traungletscher des Attergaaues auch für diese zwei Eiszeiten nachgewiesen werden.

Die Vorstoß- und Terrassenkiese der einzelnen Eiszeiten zeigen eine zum jüngeren abnehmende Aufarbeitung von gut bis sehr gut gerundeten Quarz- und Kristallingeröllen der Kiese der terrestrischen tertiären Molasse und deren Umlagerungsprodukte. Dies ist auf eine zunehmende Verdünnung dieses Materials durch die in den Eiszeiten immer wiederkehrende Schüttung von fast reinen Kalkalpin- und Flyschgeschieben zurückzuführen.

Die im Arbeitsgebiet auftretenden Quarz/Kristallinkiese konnten als umgelagerte und teilweise zu Restschottern hin entwickelte Kiese der terrestrischen tertiären Molasse (Hausruckschotter) erkannt werden. Die zeitliche Einstufung erfolgte im Sinne H. GRAULS (1937) teilweise noch ins Oberpliozän, doch ist eine Zuordnung der tiefer gelegenen Vorkommen dieser Sedimente im Arbeitsgebiet auch in den Zeitraum Oberpliozän bis Altquartär anzunehmen. Da die Günzablagerungen über den Schlierinnen (ausgenommen der Vöcklarinne) liegen, können diese nur ein prägünzzeitliches Alter haben. Eine Einstufung ins Oberpliozän bis Altquartär ist wahrscheinlich.

In den Ablagerungen aller vier Eiszeiten treten durchwegs die gleichen Sedimenttypen auf. Bei Vorstoß-, Terrassenkies, Endmoräne und Grundmoräne konnten immer gleichartige fluvioglaziale bis glaziale Bildungsbedingungen beschrieben werden. Dabei wies nur die im tieferen Alpenvorland abgelagerte Grundmoräne des Reiß-Maximalstandes durch ihre lockere Lagerung und ihre gelbliche Färbung eine spezifische Eigenheit auf. Die lockere Lagerung dieses Sediments scheint auf die kurze Dauer des Maximalstandes zurückzuführen zu sein. Der Reiß-Maximalstand dauerte zu kurz, um das Wasser durch den Überlagerungsdruck des Gletschers auszupressen und die Grundmoräne stärker zu verdichten. Die gelbliche Färbung ist vermutlich auf die Einarbeitung von Löß im Bereich der überfahrenen älteren Endmoränen und Terrassenebenen zurückzuführen.

In den eiszeitlichen Vorstoß- und Terrassenkiesen überwogen die Sedimentstrukturen von "braided rivers" im Bereich eines "upper outwash fan" im Sinne H. E. REINECKS und I. B. SINGHS (1980, S. 203) bei weitem, währenddessen derartige Strukturen in den oberpliozänen bis altquartären Quarz/Kristallinkiesen nur selten zu beobachten waren.

SPIESS, R.: Kristallineologisch-geochronologische Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte des Westrandes der Phyllitgneiszone i. w. S. im Montafon (Vorarlberg). – Diss. Formal- und Naturwiss. Fakultät, Universität Wien, 1985.

Betreuer: W. FRANK und W. RICHTER

Promoviert am 3. 2. 1986

Die im Rahmen dieser Dissertationsarbeit untersuchte Kristallisations- und Deformationsgeschichte des Kristallin des W-Endes der Phyllitgneiszone im Montafon, sollte weitere Erkenntnisse bezüglich ihrer Entwicklungsgeschichte vor allem in alpiner Zeit liefern.

Es ergab sich, daß durch die variszische amphibolitfazielle Metamorphose sowie die damit interferierende Gefügeprägung ( $s_2$ ) eine noch ältere Mineralparagenese, welcher Granat angehört, eine Umschieferung erfährt. Ob diese älteste Mineralparagenese und meist nur in Porphyroblasten erhaltenes  $s_1$  einer kaledonischen Metamorphose angehört, oder einem bezüglich  $s_2$  präkinematischen frühvariszischen Ereignis zuzuordnen ist, kann nicht entschieden werden.

Die mit der variszischen amphibolitfaziellen Metamorphose interferierenden Gefügeprägung ( $s_2$ ) wird ihrerseits von einer Crenulation und z. T. einer mit dieser in unmittelbarem Zusammenhang stehenden dritten, weitständigen Schieferung ( $s_3$ ) überprägt. Diese Deformation findet in einem Temperaturniveau statt, in welchem eine gute Rekristallisation intensiv deformierten Quarzes noch möglich ist, Staurolith, Disthen und Granat (zumindest im letzten Stadium) nicht mehr stabil sind.

Die zeitliche Einstufung dieser Crenulation und  $s_3$  als spätvariszische retrograde Überprägung der variszisch amphibolitfaziellen älteren Mineralparagenese und  $s_2$ , wird durch das Auftreten derselben Crenulation in den Kristallingeröllen des Basiskonglomerates der oberkarbonen „unteren Kristbergsschichten“ belegt. Die Entstehung dieser Deformation während der geringen Metamorphosebedingungen, welche die postvariszischen Sedimente im Montafon aufweisen, kann ausgeschlossen werden.

Als jüngste Deformation kann eine Knickfaltung (3–4 cm Abstand) lokal begrenzt vorgefunden werden. Diese kann am Golm auch in den Verrucano hinein verfolgt werden. Diese unter kühlen Bedingungen stattfindende alpine Deformation muß als Produkt lokaler Stauchungen aufgefaßt werden. Eine alpine penetrative gefügeprägende Deformation kann im Kristallin der Golmer Phyllitgneiszone nicht beobachtet werden.

Im Rahmen dieser Dissertationsarbeit wurde im weiteren das Gebiet zwischen Tisuluna-Schwarzhorn-Walseralpe und Tschaggunser Mittagsspitze einer Neubearbeitung unterzogen.

Dabei konnte aufgrund der Kristallinkomponenten der Permbreccien der Schwarzhorn-Walseralp-Sedimentmulde der unmittelbare Zusammenhang zwischen den Gesteinsserien des Schwarzhorn-Walseralp-Kristallin dokumentiert werden. Im weiteren konnte der direkte transgressive Kontakt der Sedimente der Tschaggunser Mittagsspitze mit dem vermutlich altpaläozoischen Porphyroid (früher als Granitgneis bezeichnet) des Walseralp-Kristallin untermauert werden. Für eine derartige primäre Beziehung spricht unter anderem das Auftreten kantiger Porphyroidbruchstücke und Glimmerschiefer des Walseralpkristallin in der oberjurassischen Alpilebreccie. Die Einordnung der Sedimente der Tschaggunser Mittagsspitze in den oberostalpinen Faziesbereich ist aufgrund sedimentologischer und lithofazieller Gesichtspunkte von KOBEL (1969) und HARSCH (1968) übereinstimmend getroffen worden. Dadurch kann

auch das unmittelbar die Sedimente unterlagernde Kristallin dem Oberostalpin zugeordnet werden. Nachdem dieses Kristallin in seiner heutigen Position sowohl von der nördlich anschließenden Phyllitgneiszone als auch dem östlich anschließenden Silvrettakristallin tektonisch begrenzt wird, kommt der Schwarzhornbreccie eine besondere Bedeutung für die Einordnung des Schwarzhorn-Walseralp-Kristallin innerhalb der ostalpinen kristallinen Plattform zu.

Bezüglich der umstrittenen Genese der Schwarzhorn-Amphibolitbreccie konnte als wesentliche Ursache der Breccienentwicklung eine kataklastische Deformation des Schwarzhorn-Amphibolituzuges belegt werden. Diese Deformation verursacht das Zerbrechen mit Matrixentstehung und die Rotation spröder Körper in Bereichen mit geringen Überlastungsdrücken und stellt einen typischen Verformungsmechanismus im hohen Krustenniveau dar.

Diese Deformation wird in direktem Zusammenhang mit krustenausdünnenden Vorgängen im ostalpinen Kristallin, im Zuge der penninischen Ozeanentwicklung, gesehen. Es scheint daher naheliegend, im Schwarzhorn-Walseralp-Kristallin ein randnahes Kristallin der „ostalpinen Plattform“ zu vermuten, welches zu vorkretazischer Zeit möglicherweise eine westliche Fortsetzung der Phyllitgneiszone darstellte.

Eine weitere zentrale Zielsetzung dieser Dissertationsarbeit war, den Einflußbereich der von THÖNI (1981) und KRECZY (1981) im Bereich Landeck festgestellten kretazischen Aufwärmung des Silvrettakristallin und der Phyllitgneiszone gegen Westen abzugrenzen. Für diese Fragestellung wurde mittels Rb/Sr- und K/Ar-Methode die Datierung von Biotiten an Gesteinen des Silvrettakristallin und der Phyllitgneiszone zwischen Schruns und St. Anton am Arlberg vorgenommen. Dabei konnte der Grenzbe- reich der durch die Biotit-Datierung erfaßbaren alpinen Aufwärmung östlich der SW/NE-streichenden Linie Riffler(Malfontal)-Schneidjöchl (Moostal) festgestellt werden. Westlich dieser Linie können an Biotiten sowohl des Silvrettakristallin als auch der Phyllitgneiszone ausschließlich variszische Abkühlalter festgestellt werden. Östlich dieser Linie setzt sich die alpine Aufwärmung diskordant über die Grenze Silvrettakristallin-Phyllitgneiszone fort. Durch diese zusätzlichen geochronologischen Daten wird damit die von FRANK (1983) diskutierte Vorstellung, daß die Phyllitgneiszone als Basis der „Nördlichen Kalkalpen“ zum Zeitpunkt des beginnenden kretazischen Wärmeaufstiegs bereits nördlich des Silvrettakristallin gelegen haben muß, weiter untermauert.

Die K/Ar-Datierung von Grobfractionen der Hellglimmer aus den karbonen Kristallingeröllen am Bartholomäberg ergab Werte von  $318 \pm 13$  Ma bzw.  $340 \pm 14$  Ma, die Feinfraktionen der permotriadischen Sedimente bei Vandans ergaben Werte für den Verrucano von  $73 \pm 4$  Ma, dem Muschelkalk von  $116 \pm 6$  Ma, den Partnachsichten von  $152 \pm 7$  Ma. Grobfractionen detritischer Hellglimmer des Verrucano ergaben  $217 \pm 11$  Ma.

Die K/Ar-Datierung von Feinfraktionen der permotriadischen Sedimente des Krestakopfes ergab Werte von  $87 \pm 4$  bzw.  $94 \pm 4$  Ma für den Verrucano,  $89 \pm 4$  Ma für den Muschelkalk sowie  $106 \pm 5$  Ma für die Partnachsichten.

## BUCHBESPRECHUNGEN

MIYASHIRO, A., AKI, K. & SENGÖR, A. M. C.: Orogenese — Grundzüge der Gebirgsbildung. — 236 S., öS 298.—, Deuticke, Wien 1985.

Das vorliegende Buch ist die deutsche Übersetzung eines bereits 1979 in der japanischen Originalfassung aufgelegten Werkes über Gebirgsbildung. Die von den drei Autoren in den einzelnen Kapiteln dargelegten Ansichten über die Gebirgsbildung bringen auf Grund der nachträglich eingearbeiteten Literatur den Stand der Orogeneseforschung bis 1981.

Das erste Kapitel, Klassische Gebirgsbildungstheorien (SENGÖR) behandelt die Entwicklung der Gebirgsbildungstheorien von Beginn bis zu den Anfängen der Plattentektonik. Dabei nimmt das Werk von E. SUESS einen bevorzugten Platz ein. Ebenso wird die weitere Entwicklung in den sich daraus entwickelnden tektonischen Schulen der Neokatastrophen bzw. Fixisten unter KÖBER/STILLE und der Uniformitaristen bzw. Mobilisten unter WEGENER/ARGAND eindrücklich geschildert.

Im zweiten Kapitel, Plattentektonik und Orogenese (MIYASHIRO) wird ausgehend von grundlegenden philosophischen Betrachtungen über die Wissenschaft im allgemeinen, der Erfolg der plattentektonischen Hypothese und ihr Durchbruch in der geowissenschaftlichen Gedankenwelt zwischen 1965 und 1970 behandelt. Anschließend werden ausgehend von Erläuterungen über die Frage der Zyklen in Orogenen, Einteilung der Orogengürtel, Kontinentkollision, Magmatismus an Plattenrändern und die altersmäßige Einteilung der Gebirgsgürtel, käno- und mesozoische Orogenese (Alpen, Himalaya), die Entwicklungsgeschichte des Atlantik sowie Orogenesen in Kalifornien, Japan und den Anden diskutiert.

Das dritte Kapitel, Die Petrologie der Orogengürtel (MIYASHIRO) bringt die Erforschungsgeschichte petrologischer Untersuchungsobjekte — vulkanische Inselbögen, Granitplutongürtel, regionalmetamorphe Gürtel und Ophiolite — in Orogengürteln. Dabei wird besonders auf nach dem Durchbruch der Plattentektonik gewonnene Erkenntnisse und Änderungen der Ansichten über den Ablauf regionalmetamorpher Vorgänge eingegangen.

Im vierten Kapitel über Mechanismen der Orogenese (AKI) werden orogene Erscheinungen aus geophysikalischer Sicht betrachtet. Dabei werden die angenommenen mechanischen Eigenschaften der Kruste auf Grund von aus Feld- und Labordaten gewonnenen Gesteinseigenschaften diskutiert. Ebenso werden Ansichten über Ursachen, Stärke und Verteilungen der Kräfte, die zu orogenen Erscheinungen führen, diskutiert und abschließend an den Beispielen Himalaya und Anden erläutert.

Das fünfte Kapitel, Präkambrische Orogenesen (MIYASHIRO) gibt einen Einblick in den gegenwärtigen Stand der Forschungsarbeiten an präkambrischen Gebirgsbildungen. Dabei wird vom Autor die Forderung erhoben, daß plattentektonische Kräfte auf Grund des zu vermutenden bestehenden Gesamtkonzeptes noch nicht in Aktion waren.

Alle Abschnitte beinhalten eine Diskussion der vorgebrachten Ansichten aus der Sicht des jeweiligen Autors. Die zum Teil mangelhafte Übersetzung wirkt sich störend auf die sonst allgemein leichte Lesbarkeit aus. Die schlechte Haltbarkeit des Einbandes beeinflusst den positiven Gesamteindruck des Buches ebenfalls. Erfreulich ist das Erscheinen einer übersichtlichen, deutschsprachigen Zusammenfassung über Gebirgsbildungstheorien auf fast aktuellem Stand, die durchaus als Grundlage für erdwissenschaftliche Studien gesehen werden kann.

W. Leithner

HOLLAND, H. D. & TRENDALL, A. F.: Patterns of Change in Earth Evolution. — Dahlem Konferenzen, Phys. Chem. Earth Sci. Res. Rep., 5, VII + 432 S., 48 Abb., 12 Tab., 4 Fototaf., Berlin—Heidelberg—New York—Tokyo (Springer) 1984. ISBN 3—540—12749—6; DM 57.—.

Seit der richtigen Interpretation der Fossilien bilden die Veränderungen, denen unsere Erde im Laufe ihrer Existenz unterlegen haben mag, einen der interessantesten und meist diskutierten Fragenkomplexe in der Geologie. Nachdem manche, wie etwa CUVIER, die Lösung mit der Katastrophentheorie suchten, setzte sich seit dem vergangenen Jahrhundert LYELL's Aktualismus

durch, der die Erdgeschichte als Summation vielfacher Wirkungs- und Entwicklungsvorgänge betrachtet. Mit der allgemeinen Anerkennung von DARWIN's Evolutionstheorie einerseits und andererseits dem Erkennen plötzlicher Veränderungen, als Folge eines großen Impaktes etwa, tendieren wir heute zu einer Synthese beider Anschauungen. Besonders der Triumphzug der Plattentektonik ließ rasche Veränderungen in der Erdgeschichte wieder sehr viel leichter vorstellbar erscheinen. Die Art langfristiger sowie plötzlicher, katastrophaler Veränderungen auf und in der Erde, deren Ursachen und Folgen oder gar eine mögliche Periodizität derselben sind Themen, die noch eher der Spekulation denn exakter wissenschaftlicher Erkenntnis unterliegen. Internationaler und interdisziplinärer Austausch von Forschungsergebnissen, Erfahrungen und neuer Ideen in diesem Bereich sowie deren Diskussion waren Ziel einer Konferenz im Mai 1983 in Berlin—Dahlem, an der 46 prominente Geowissenschaftler aus aller Welt teilnahmen. In vorliegendem Buch wurden die Resultate in Form einzelner Gruppenberichte zusammengefaßt.

Alleine schon die Themenstellung darf im Leser keine Forderung auf Vollständigkeit, auf ausgereifte Lösungen der vielen Fragen aufkeimen lassen. Es handelt sich hier um kein Lehrbuch, sondern um einen „Zustandsbericht“ über den derzeitigen Wissensstand und gleichzeitig um eine Diskussionsgrundlage. Als sehr vorteilhaft für die Inangriffnahme eines solch komplexen Themas erweist sich die Behandlung durch viele verschiedene, aus teils völlig unterschiedlichen Forschungsgebieten stammenden Autoren. Dies ermöglicht eine breit gefächerte Abdeckung des gestellten Themas, sodaß in diesem Buch für jeden Erdwissenschaftler etwas interessantes zu finden sein sollte.

Der zunehmenden Akzeptanz eines Impaktes als Ursache für Massenaussterben wie etwa an der Kreide/Tertiär-Grenze wird durch eine ausführliche Diskussion der Wahrscheinlichkeit und der möglichen Auswirkungen eines solchen im Vergleich mit anderen eventuellen Ursachen Rechnung getragen.

In den Beiträgen über Veränderungen im Chemismus der Ozeane und Meeresspiegelschwankungen im Laufe des Phanerozoikums kommen die noch herrschenden Unsicherheiten und Schwierigkeiten bei der Korrelation einzelner Trends deutlich zum Ausdruck. Einigkeit herrscht hier nur bei der Betrachtung großer Zeiträume.

Ein anderer Schwerpunkt wurde auf die vielen länger- und kürzerfristigen Veränderungen gelegt, die durch biologische Faktoren und Innovationen gesteuert werden, wie zum Beispiel die Bildung einer oxidierenden Atmosphäre, die Ablagerung mächtiger biogener Karbonatmassen u. v. a. Es wird versucht, die zahlreichen Veränderungen und Trends in der Atmosphäre, den Ozeanen, der Fauna und Flora und in den Sedimenten während des Phanerozoikums miteinander zu korrelieren und in Verbindung zu stellen mit plattentektonischen Vorgängen. Zeitlich immer weiter zurückgreifend wird die Interpretation der Ediacara-Fauna neu diskutiert, wobei diese als eigenständige Episode mit darauffolgender Auslöschung dieser skelettlosen Metazoa aufgefaßt wird; und schließlich werden Unterschiede zwischen Archaikum und Proterozoikum detailliert erarbeitet.

Das letzte Drittel des Buches gilt den Veränderungen innerhalb Zeitspannen von  $10^7$  bis  $10^9$  Jahren in tektonischer und vulkanischer Hinsicht, Variationen im tektonischen Stil in archaischen, proterozoischen, variszischen und alpinen Systemen, gilt der langzeitlichen Entwicklung von Erdkruste und -mantel und deren isotopischer Zusammensetzung sowie des geothermischen Gradienten, weiters der Entgasung der Erde sowie Überlegungen über mögliche Mechanismen der Mantelkonvektion.

Wenn auch über die vielen auf das Klima einflußnehmenden Faktoren diskutiert wird, so wird dem Problem der Eiszeiten kein besonderes Augenmerk geschenkt. Auch die in der letzten Phase der bisherigen Erdgeschichte von uns Menschen verursachten grundlegenden Veränderungen in der Atmo-, Hydro- und Biosphäre werden nicht näher behandelt.

Hartwig Frimmel

NILSSON, T.: *Geology and Life in the Quaternary Ice Age.* — 651 S., 292 Abb., 23 Tab., Stuttgart (Enke) 1983. ISBN 3-432-92581-6.

Das Werk ist als eine umfassende, weltweite Darstellung der pleistozänen Entwicklung gedacht, wobei hauptsächlich auf die geologischen, biologischen und stratigraphischen Aspekte Wert gelegt wurde.

Nach einem sehr kurzen historischen Überblick wird zu Beginn klimatologisch-biologisch der Übergang aus dem Tertiär ins Quartär umrissen. Daran schließt ein mit Diagrammen und Skizzen gut erläutertes Kapitel über die glaziale Erosion und Akkumulation und die periglazialen Vorgänge an, daß mit einem Abriß der absoluten Datierungsmethoden gefolgt wird. Hier wird von der Warvenchronologie De'Geer's über Datierung durch Radionuklide und Paläomagnetik bis hin zu Datierung durch Hydratation des Obsidians, alles was je im Quartär angewandt wurde, kurz besprochen. Das wesentliche an diesem Kapitel sind aber die Literaturhinweise, da ja im Rahmen eines solchen Buches nur eine kurze Erwähnung der Methoden möglich ist.

An diese mehr einleitenden Abschnitte schließen dann die lokalen Beschreibungen der quartären Entwicklung an. Es beginnt mit der Darstellung der Alpen und wohl nicht nur aus historischen Gründen mit dem „Penck'schen System“. Der ganze Komplex wird aber in erstaunlich kurzer Form (14 Seiten) in seiner Gesamtheit abgehandelt, was zu einer sehr stark vereinfachten Darstellung führt, die besonders schmerzhaft wird, da hier kaum zitiert wird und offensichtlich die neuere Literatur der letzten 20 Jahre bis auf wenige Ausnahmen nicht verwendet wurde.

Nach kurzen Kapiteln über den Beginn des Quartärs, der Entwicklung in Italien, im Mittelerranen Raum, auf den Britischen Inseln und in der Rheinischen Bucht wird dann sehr ausführlich die Entwicklung im Einflußgebiet des Skandinavischen Inlandeises dargestellt. Dieser Abschnitt enthält neben einer Vielzahl an Skizzen über die Eisentwicklung während der Eiszeiten auch eine genaue Schilderung der Klimaentwicklung in den Interglazialen und Interstadialen, die durch Pollendiagramme, Floren- und Faunenlisten (kombiniert mit vielen bildlichen Darstellungen) belegt wird. Hier wird auch die Entwicklung der Menschen in ihren Lebensumständen und Jagdgewohnheiten beschrieben.

Die 2. Hälfte des Buches widmet sich dann der quartären Entwicklung auf den anderen Kontinenten, die in ähnlicher Form mit vielen anschaulichen Skizzen illustriert dem Leser dargestellt wird. Daran schließt noch eine Darstellung über die Entwicklung der Ozeanböden an. Darüber hinaus enthält das Buch noch kurze Kapitel über die Systematik der quartären Säugetiere, die Entwicklung der Kulturen, Eiszeittheorien und vier Appendices (Holozän, stratigraphische Terminologie, weltweite biographische Zonen und Klassifikation der Gefäßpflanzen). Abgeschlossen wird das Buch durch ein umfangreiches (80 Seiten) Literaturverzeichnis, das alphabetisch geordnet ist, aber keine Gliederung zu den einzelnen Kapiteln aufweist. Dadurch wird es wohl dem Spezialisten vorbehalten bleiben die Vielfalt der Literatur voll zu nutzen, zumal die im Text enthaltenen Zitate gering gehalten sind, was aber wiederum der Lesbarkeit sehr zugute kommt. Leider ist die Literaturzusammenstellung bis auf Ausnahmen generell auf die Zeit vor ca. 1975 beschränkt. Dieses Fehlen der Aufarbeitung der jüngeren Literatur wird auch im Text und in den stratigraphischen Tabellen immer wieder spürbar, was dem Leser bewußt sein sollte. Unter dieser Prämisse stellt das Werk eine schöne übersichtliche Darstellung des Quartärs dar, in der man sich rasch zurechtfindet, was wahrscheinlich auch durch die vielen anschaulichen, bekannten Darstellungen aus der älteren Literatur gefördert wird.

Dirk van Husen

GALL, J.-C.: Sedimentationsräume und Lebensbereiche der Erdgeschichte. Eine Einführung in die Paläoökologie. — 242 S., 130 Abb., Berlin—Heidelberg—New York (Springer Verlag) 1983; ISBN 3—540—11864—0; DM 60,— (brosch.).

Wegen seines unorthodoxen Konzeptes fand dieses vor nunmehr neun Jahren erstmals in französischer Sprache erschienene Werk in der Fachwelt eine derartige Beachtung, daß eine Übersetzung ins Deutsche und Englische angebracht schien.

An Hand einer methodischen Einführung, die im zweiten Teil des Werkes durch mehrere Fallbeispiele von rekonstruierten Lebensbildern ergänzt wird, versucht der Autor einem vor allem studentischen Leserkreis paläoökologische Fragestellungen näherzubringen.

Ungewollt spiegelt dabei das Buch den enormen Fortschritt der Geowissenschaften auf den genannten Gebieten der Sedimentologie und Paläoökologie wider. Der Versuch, diese weit gespannte Thematik innerhalb des vorliegenden Seitenumfanges mit ausreichender Tiefe und nötiger Detailliertheit in verständlicher Form komprimiert darzustellen, mußte mißlingen. Der methodische Ansatz, den das Buch in seinem ersten Teil zu vermitteln bestrebt ist, fiel zu kurz aus und ist zu-

dem inhaltlich allzu heterogen. Präzise Definitionen, die gerade der Anfänger benötigen würde, fehlen.

Anregend und empfehlenswert ist dagegen der zweite Teil des Buches. Hier gelingt es dem Autor an Hand von neun Fallbeispielen aus klassischen Lokalitäten und berühmten Gesteinsvorkommen, die zum überwiegenden Teil jedem Studienanfänger und interessierten Laien zumindest namentlich bekannt sind (z. B. Old-Red-Sandstein, Posidonienschiefer von Holzmaden, Solnhofen Plattenkalk), Erdgeschichte in wunderbarer Weise lebendig werden zu lassen und so beim Leser den Wunsch zu einer selbständigen Erarbeitung anderer Beispiele zu wecken.

Doch auch für diesen Teil des Werkes ist ein schmerzlicher Mangel anzumerken: Seit der Herausgabe der 1. Auflage sind allzuviele Jahre vergangen, als daß man sich seitens der Herausgeber mit einer sachlich unrevidierten Übersetzung hätte zufrieden geben dürfen. Zuviel ist seitdem an grundlegender Literatur hinzugekommen. Bei den beiden dem Rezensenten etwas näher bekannten Lokalitäten etwa (Hoher Göll, Solnhofen) entspricht die von GALL gegebene Darstellung keinesfalls mehr dem heutigen Kenntnisstand. (Inwiefern das auch bei den anderen Beispielen der Fall ist, entzieht sich leider unserer Kenntnis.)

Trotz dieser bedauerlichen Mängel würde ich dieses Buch dennoch — sofern es in Bibliotheken aufliegt — vor allem dem Anfänger zur gewinnbringenden und zum selbständigen Denken anregenden Lektüre empfehlen.

R. Lein

HAKANSON, L. & JANSSON, M.: Principles of Lake Sedimentology. — 316 S., 187 Abb., Berlin—Heidelberg—New York—Tokyo (Springer-Verlag), 1983; ISBN 3—540—12645—7, DM —.

Die Absicht der Autoren ist es mit diesem Buch einen umfassenden Überblick über die Grundlagen der sedimentologischen Erforschung von Seen zu geben, wobei sie sich vor allem auf die ökologischen Aspekte dieses Themas konzentrieren. Allerdings erfordert die Untersuchung von Seen eine interdisziplinäre Betrachtungsweise. Die Autoren behandeln dementsprechend eine Vielfalt von Themen wie die Klassifikation von Seen, Methoden und Probleme der Probennahme, die physikalisch, chemisch und biologisch gebildeten Sedimenttypen bis zur Rolle von Sedimenten bei der Verschmutzung von Seen mit toxischen Stoffen. Das dabei vorwiegend skandinavische Beispiele ausgewählt wurden, erklärt sich durch den unmittelbaren Forschungsbereich der schwedischen Autoren.

Ein Schwerpunkt des Buches liegt auf der numerischen und statistischen Charakterisierung verschiedenster Parameter, seien es Stoffkonzentrationen oder Bioturbation. Von sedimentologischer Seite bemerkenswert ist das Kapitel über Bodenströmungen und Sedimentverteilungen. Allerdings fehlen Beispiele fossiler Seenablagerungen.

Besonders hervorzuheben ist der Versuch der Autoren, eine kurze Übersicht über den Kreislauf und die Kontrolle von Umweltgiften (v. a. Schwermetalle aus Industrieabwässern) zu geben, ein Thema, mit dem sich wohl in Zukunft auch die Erdwissenschaften verstärkt auseinandersetzen werden müssen.

Mit diesem Buch liegt jedenfalls eine leicht lesbare und interessante Einführung in einen insbesondere für Umweltfragen wichtigen Teilaspekt der Sedimentologie vor.

M. Wagreich

MIALL, A. D.: Principles of Sedimentary Basin Analysis. — X + 490 S., 387 Abb., Berlin etc. (Springer), DM 120,—; ISBN 3—540—90941—9.

Das vorliegende Buch von Andrew D. MIALL (Department of Geology, University of Toronto) ist als Einführung in die Analyse sedimentärer Becken, gestützt auf Erkenntnisse über rezente Ablagerungsräume, gedacht.

Die ersten fünf Kapitel geben eine kurze und prägnante Übersicht über die Grundlagen sedimentgeologischen Arbeitens (d. h. Gelände- und Bohrlochaufnahme und deren Darstellungsmöglichkeiten in Profilen und Karten, Stratigraphie, sowie Faziesanalyse). Die folgenden Kapitel gehen verstärkt auf spezielle Fragen an Hand gut untersuchter Beispiele ein (rezente und fossile Ablagerungssysteme, Diageneseablauf, regionale und globale Zyklen stratigraphischer Natur). Im

letzten Kapitel (Sedimentation und Plattentektonik) wird eine plattentektonische Klassifikation von Ablagerungsräumen in Becken an divergenten und konvergenten Plattenrändern, Becken an Transformstörungen, Becken, die durch Kontinentkollisionen entstehen und Becken auf Kratonen gegeben und mit ausführlichen Beispielen aus der Erdgeschichte dokumentiert. Allerdings leidet die Übersichtlichkeit dieses Kapitels unter der Fülle der angeführten Fallstudien.

Die Analyse und Synthese vielfältigster Daten zur Rekonstruktion der Entwicklungsgeschichte und Paläogeographie großer Sedimentationsbecken, auch im Hinblick auf die Suche nach Kohlenwasserstoff-Lagerstätten, steht im Mittelpunkt dieses Buches. Dabei wird versucht, die Datenerfassung aus Geländeaufnahme und (bohrloch-)geophysikalischen Methoden gleichrangig zu behandeln. Viele Abbildungen ergänzen und veranschaulichen den Text. Allerdings sind Vorkenntnisse aus allgemeiner Geologie und Sedimentologie für das Verständnis des Buches unbedingt erforderlich.

A. D. MIALI hat in diesem Buch viel Material aus eigenen Arbeiten und neuester Literatur zu einem umfassenden Überblick über die Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der Beckenanalyse zusammengetragen. Dabei ist ein aufwendiges Handbuch entstanden, das sowohl als Einführung für fortgeschrittene Fachstudenten als auch als Nachschlagewerk bestens geeignet scheint.

M. Wagreich

SAID, R.: The Geological Evolution of the River Nile With Appendix C by BENTZ, F. B., HUGHES, J. B. — VIII + 151 S., 73 Abb., Berlin—Heidelberg—New York (Springer-Verlag), 1981; ISBN 3—540—90484—0; DM 148,—.

Das Buch ist das Resultat siebzehnjähriger Forschung über die geologische Entwicklung des Niltales in Ägypten, die durch die Meeresspiegelschwankungen des Mittelmeeres ausgelöst und seit dem Miozän gesteuert wurde.

Nach einer Einführung über das Einzugsgebiet, einer generellen Beschreibung des Flußgebietes und einem Überblick über die ältere Literatur wird dann die Entwicklung des Niltales sehr detailliert geschildert. Dabei liegt der Schwerpunkt von den Anfängen im Messiniano bis zur jüngsten Zeit auf den heute sichtbaren oder durch Bohrungen erfaßbaren Sedimenten im Niltal südlich Kairo und ganz besonders im Deltabereich. Hierzu wurden alle verfügbaren Daten, wie Bohrungen und Ergebnisse seismischer Untersuchungen herangezogen und zu einem Bild verarbeitet. Dieser Abschnitt ist sehr großzügig durch Skizzen und Diagramme illustriert, wodurch der Leser leicht einen guten Überblick gewinnen kann. Breiterer Raum ist auch der holozänen und historischen Entwicklung des Nildeltas gewidmet, die einen schönen Einblick in die raschen Änderungen dieses riesigen Gebietes gewähren.

An diese generelle Beschreibung schließt eine zusammenfassende Darstellung der geologischen Geschichte dieses Raumes und ihre Datierung durch Paläomagnetik an. Hier ist als Besonderheit sehr schön die Ausformung eines Canyons — infolge der Austrocknung des Mittelmeeres — der den Grand Canyon an Länge und Tiefe deutlich übertraf, dargestellt. Abgeschlossen wird das Buch durch einen umfangreichen Appendix, der viele Daten und Tabellen enthält.

Das Buch stellt eine sehr detaillierte Zusammenschau des aktuellen Wissens um die Entwicklung dieses großen afrikanischen Stromes dar. Es ist dem Leser durchaus möglich entweder rasch einen generellen Überblick zu gewinnen — wozu die reichhaltigen Skizzen, Tabellen und Karten sehr hilfreich sind — oder auch der sehr detailliert in die geologische Geschichte dieses Raumes einzudringen.

Dirk van Husen

WITTKÉ, Walter: Felsmechanik — Grundlagen für wirtschaftliches Bauen im Fels. Unter Mitarbeit von SEMPRICH, S., PLISCHKE, B. 1984. — XVII + 1051 S., 798 Abb. Gebunden, 1750 g, DM 184,—, Berlin—Heidelberg—New York—Tokyo. Springer-Verlag.

Das umfangreiche Werk wird vom Autor in fünf Teile und einen zweiteiligen Anhang gegliedert.

Der erste Teil behandelt die geologischen Grundlagen und Modelle für das Korngefüge und Trennflächengefüge im Fels, das Spannungsverhalten von Fels, Grundlagen für quellungsbedingte Verformungen und Modelle für die Sickerströmung in Fels. Diese Modellvorstellungen sind als Grundlage für die mathematische Behandlung der Berechnungen aufzufassen.

Im zweiten Teil werden Berechnungsverfahren vorgestellt: Spannungs- und Verformungsrechnungen, die Berücksichtigung quellungsbedingter Spannungen und Verformungen nach der Methode der finiten Elemente, Standsicherheitsberechnungen von Felskeilen, sowie Sickerströmungsberechnungen im Fels auf der Grundlage des verwendeten homogenen und diskontinuierlichen Modells.

Der dritte Teil zeigt die Anwendung der Berechnungsverfahren auf Tunnel und Stollen, Kavernen, Druckstollen, Staumauergründungen sowie Böschungen.

Der ausführliche vierte Teil erläutert felsmechanische Untersuchungen im Gelände und Labor. Dabei werden die Erkundungsmethoden im Gelände, Gelände- und Laborversuche zur Ermittlung der Berechnungsparameter, beginnend mit Laborversuchen an Gesteinsproben, Scherversuchen an Trennflächen, Versuchen zur Ermittlung der Verformbarkeit von Fels, der Primärspannungen, der ausbruchsbedingten Spannungen und Verformungen und Wasserdurchlässigkeit dargestellt. Abschließend werden zwei Anwendungsbeispiele (Pumpspeicherwerk und Stollen) gebracht.

Im fünften Teil werden zwei Entwurfs- und Ausführungsbeispiele (S-Bahntunnel und Maschinenkaverne eines Pumpspeicherwerkes) vorgestellt. Der zweiteilige Anhang bringt mathematische Grundlagen der Vektor- und Matrizenrechnung sowie der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik.

Im gesamten vorliegenden Buch kommt die Meinung des Autors deutlich zum Ausdruck. Leider gerät die Erläuterung der geologischen Grundlagen im ersten Teil sehr kurz und ist besonders für Bauingenieure (Studenten) schwer nachvollziehbar. Die Berechnungsmodelle beruhen auf rechnerbedingt starken Vereinfachungen der natürlichen Verhältnisse. Durch Vereinfachungen wird immer wieder eine Angleichung an Kontinuumsmodelle (Bodenmechanik) versucht. Ebenso wird die Einstellung des Autors zu den natürlichen Verhältnissen in der dem Werk vorgestellten Grundlagendefinition deutlich zum Ausdruck gebracht:

„Fels ist innerhalb eines bestimmten Homogenbereiches eine durch eine oder mehrere Scharen annähernd ebener, zueinander paralleler Trennflächen zerteilter homogener Festkörper, der ein richtungsloses, flächiges oder lineares Gefüge haben kann. Störungen treten in der Regel als Einzelelemente auf“.

Das Fehlen von Gründungsbeispielen im Talsperrenbau, praktischen Beispielen von Felsböschungen, sowie Zitate grundlegender Autoren bzw. Werke im Felsbau fällt auf, die Neue österreichische Tunnelbauweise kommt in ihren theoretischen Grundlagen ebenfalls nicht zum Zug.

Erschwert wird das Durcharbeiten des Werkes durch eine fehlende Übersicht der (jeweils im Text erklärten) Formelzeichen, sowie durch den übergangslosen Wechsel von theoretischen Grundlagen zu Beispielen im Text. Nicht ganz glücklich gewählt erscheint die oft starke Verkleinerung von Arbeitsdiagrammen, Fotos sind zum Teil unscharf.

Die felsmechanischen Modelle aus der Sicht des Autors werden hingegen klar erklärt. Dabei stehen die kontinuumsmechanischen Überlegungen und die Modelle für durchströmten Fels hervor.

Für Studenten wird es im allgemeinen — auf Grund des trotz billigen Satzes recht hohen Preises — ein eher unerschwingliches Buch sein. Für solche, die sich mit der interessanten Materie der Felsmechanik auseinandersetzen wollen, sicherlich ein Werk mit wertvollen Anregungen — es stellt die Ansichten des Autors aus seiner langjährigen Erfahrung dar.

W. Leithner

KRONBERG, Peter: Photogeologie. — IV + 274 S., 238 Abb., Kart., DM 58,—, Enke 1984.

Trotz der Vielzahl geowissenschaftlicher Literatur, die jährlich veröffentlicht wird, bleibt der Themenbereich „Fotogeologie“ weitgehend unberücksichtigt. Die wenigen brauchbaren Arbeitsbeispiele, darunter auch die äußerst instruktive Veröffentlichung des gleichen Autors in den Clausthaler Tektonischen Heften waren recht bald vergriffen.

Umso bedeutsamer ist somit das nunmehr vorliegende Werk von Peter Kronberg, der dieses, wie bereits aus dem Titel hervorgeht, als Einführung in die Grundlagen und Methoden der geologischen Auswertung von Luftbildern verstanden wissen will.

Das Werk ist nicht nur ein wertvoller Arbeitsbehelf für den Unterricht, sondern stellt auch für den angewandt tätigen Geowissenschaftler ein willkommenes Nachschlage- und Arbeitsbuch dar.

Im Kapitel 1 werden die photogrammetrischen und photographischen Grundlagen erörtert. Kapitel 2 befaßt sich mit der geologischen Luftbildinterpretation, Kapitel 3 schließlich mit den Methoden der geologischen Luftbildauswertung und der Kartenherstellung. Im 4. Kapitel werden schlußendlich die Anwendungsmöglichkeiten photogeologischer Methoden in knapper, dennoch ausreichender Form behandelt. Mit einem ausführlichen Literatur- und Sachverzeichnis schließt das Werk.

Die einzelnen Kapitel sind übersichtlich gegliedert und reichlich illustriert. Besonders instruktiv sind dabei zweifelsohne die zahlreichen Luftbildbeispiele, die teilweise auch stereoskopisch betrachtet werden können. Wenngleich vielfach „ideale“ Luftbildbeispiele wiedergegeben werden, ist dennoch das weitgehende Fehlen von typischen Luftbildern mit alpinem Bezug kritisch anzumerken. Dieses Manko darf aber den hervorragenden Gesamteindruck des Werkes keineswegs schmälern.

Die „Photogeologie“ darf daher sowohl dem Kreis der Studenten, aber auch der Praktiker ohne Vorbehalt empfohlen werden. Keinesfalls aber sollte der neue „Kronberg“ in einer Fachbibliothek fehlen.

L. Weber

BEN-MENACHEM A., SINGH, S. J.: Seismic Waves and Sources — 1108 S., 307 Abb., New York—Heidelberg—Berlin (Springer), 1981. Gebunden öS 1.700,—; ISBN 3—540—90506—5.

Die beiden Autoren haben hiermit ein umfangreiches Werk der theoretischen Seismologie veröffentlicht. BEN-MENACHEM ist Professor der Geophysik in Israel und SINGH ist Professor für Mathematik in Indien. Aus den Wissensgebieten der Autoren ist auch der Inhalt des Buches erkennbar, welches dem Leser einen umfangreichen Überblick über die Entstehung elastischer Wellen durch Erdbebenherde sowie die Ausbreitung dieser in Erdmodellen vermittelt. Das Buch will die Lücke zwischen dem hohen Niveau der Publikationen in Fachzeitschriften und den Zusammenfassungen in Lehrbüchern schließen.

Die Erdbebenseismologie wird als Wissenschaft dargestellt, welche auf ihren eigenen theoretischen Grundlagen aufbaut (so steht es im Vorwort). Das Buch ist Lehrbuch und Handbuch zugleich. Wenn es auch für Studenten und Wissenschaftler der verschiedenen Zweige der Erdwissenschaften, der angewandten Mathematik, der theoretischen Physik und des Ingenieurwesens geschrieben wurde, wird der Leserkreis vorwiegend auf Seismologen beschränkt bleiben, welche über die notwendigen Kenntnisse der höheren Mathematik verfügen.

Im Kapitel 1 wird mit der klassischen Kontinuumsmechanik begonnen; Kapitel 2 behandelt die Eigenvektorenlösung der Navierschen Gleichung; Kapitel 3 erörtert die Wechselwirkung ebener seismischer Wellen mit ebenen Diskontinuitäten; Kapitel 4 beschreibt die seismischen Quellen und insbesondere die Frage der Anwendung der Elastizitätstheorie in der Seismologie. Im Kapitel 5 wird die Möglichkeit, aus den Amplituden der Oberflächenwellen auf die kinematischen Parameter des Bebenherdes zu schließen, aufgezeigt.

In den späten fünfziger Jahren wurden die Eigenschwingungen des Erdkörpers entdeckt, welche im Kapitel 6 beschrieben werden. Kapitel 7 beschreibt die seismischen Wellenstrahlen im Erdkörper und das Konzept der generalisierten Strahlen; im Kapitel 8 wird die Dualität der Strahlen und der normalen Moden besprochen; im Kapitel 9 wird der Einfluß von Beben auf die Atmosphäre und Hydrosphäre beschrieben, ausgehend von den Grundlagen der Hydrodynamik. Das Buch endet mit Kapitel 10 der Beschreibung des nicht elastischen Verhaltens seismischer Wellen.

Das Buch bietet einen auf den letzten Stand gebrachten Überblick über die theoretische Seismologie mit einem umfangreichen Literaturverzeichnis. Infolge des einheitlichen Formalismus ist es bestens zur Einarbeitung in die theoretische Seismologie geeignet.

G. Gangl

COSTA, J. E. & FLEISHER, P. J. (Eds.): *Developments and Applications of Geomorphology*. — XIV + 372 S., 120 Abb., Berlin etc. (Springer) 1984. DM 118.—; ISBN 3—540—13457—3.

Dieser Sammelband stellt sich das Ziel, zumindest einen Teil des Fortschrittes zu dokumentieren, der auf dem Gebiet der Geomorphologie in Grundlagenforschung und Anwendung in den letzten 10 Jahren gemacht wurde. Jedes der 11 Kapitel ist von einem internationalen Fachmann geschrieben und behandelt übersichtsmäßig einen Teilbereich geomorphologischer Forschung.

Das erste Kapitel (Ch. L. ROSENFELD) gibt eine Einführung in die Fernerkundung mit kurzen Anwendungsbeispielen. Die beiden folgenden Kapitel befassen sich mit der Messung und Beeinflussung der Küstenmorphologie amerikanischer Strände (J. R. JONES; J. J. FISHER). Die Arbeiten von D. R. COATES und T. J. TOY zeigen die Folgen verschiedenster Eingriffe in die Natur (z. B. Kohletagbau) an Hand amerikanischer Fallbeispiele und zeigen Lösungsmöglichkeiten auf.

Nach einem Kapitel über geomorphologische Karten (P. J. FLEISHER) folgt eine Übersicht über „tektonische Geomorphologie“, d. h. über die Auswirkungen tektonisch aktiver Zonen auf das Landschaftsbild und die Berücksichtigung dieser Zonen bei der Planung großtechnischer Bauvorhaben (E. A. KELLER & T. K. ROCKWELL). A. GUPTA beschreibt kurz Hydrologie und Sedimentation in den Tropen und befaßt sich mit der Gefährdung von Städten in den Tropen durch Muren und Hochwässer. Es folgen Kapitel über die Eigenschaften und das Auftreten von Schuttströmen (J. E. COSTA), über die Einflüsse kurzfristiger Veränderungen des Klimas auf Hydrologie und Sedimentführung von Flüssen (J. C. KNOX) und eine Auflistung paläohydraulischer Gleichungen zur Rekonstruktion der Eigenschaften von Paläoflüssen aus fluviatilen Ablagerungen.

Insgesamt stellt dieses Buch eine interessante Zusammenstellung sehr verschiedener Arbeiten auf geomorphologischem Gebiet dar, die durch viele Beispiele und Abbildungen sehr anschaulich gebracht werden.

M. Wagreich

MATTHES, S.: *Mineralogie*. — Eine Einführung in die Spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. — XIV + 417 S., 156 Abb., 2 Taf., 760g. Geheftet DM 58,— (ca. öS 460,—). Berlin—Heidelberg—New York—Tokyo (Springer), 1983.

Das vorliegende Buch stellt eine aus vom Autor abgehaltenen Vorlesungen und Übungen stammende Stoffzusammenfassung dar. Es baut auf Grundkenntnissen der allgemeinen Mineralogie und Kristallographie auf, und ist von ihm als Einführung für Hauptfachstudenten der Mineralogie gedacht. Die Gliederung des Buches in Spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde, sowie einen kurzen Abriß über den Stoffbestand und Bau von Erde und Mond, läßt eine klare Abgrenzung der behandelten Bereiche erkennen.

Im ersten Teil, Spezielle Mineralogie, wird ein kurzer Überblick über die im elementaren Zustand auftretenden Elemente und in weiterer Folge über Sulfide, Arsenide und komplexe Sulfide, Oxide und Hydroxide, Halogenide, Karbonate, Sulfate und Wolframate, Phosphate sowie Silikate gegeben.

Der zweite, Petrologie und Lagerstättenkunde umfassende Teil, ist auf Grund des weiträumig behandelten Gebietes am umfangreichsten ausgefallen. Dabei wird in folgende Großkapitel unterteilt: 1) Magmatische Abfolge mit den Unterkapiteln magmatische Gesteine und mit magmatischen Gesteinen in Zusammenhang stehende Mineral- und Lagerstättenbildungen. 2) Sedimente und Sedimentgesteine, Unterkapitel klastische Sedimente und Sedimentgesteine, sowie chemische Sedimente. 3) Gesteinsmetamorphose mit zwölf Unterkapiteln.

Der dritte Teil über den Stoffbestand und Bau von Erde und Mond gibt einen kurzen Überblick über Aufbau und Zusammensetzung von Erde, Mond und Meteoriten.

Die Behandlung der Themen geht zum Teil über eine Einführung in die Spezielle Mineralogie hinaus. Auf Grund des relativ gering gehaltenen Umfangs werden die Kapitel verständlicherweise nach den Gesichtspunkten des Autors gewichtet. Den Anfang jedes Abschnittes und Unterabschnittes bildet eine kurze Übersicht über die grundlegenden Punkte des behandelten Themas. Kurze Begriffsdefinitionen erleichtern den Gebrauch des Buches. Insgesamt kommt es dabei auch zu notwendigen, in benachbarte Fachgebiete übergreifende Erläuterungen. So wären im zweiten Abschnitt dabei besonders die Erläuterungen über die Strukturgeologie, im dritten Abschnitt jene über die Geophysik zu erwähnen.

Eine ausführliche Literaturübersicht am Ende des Buches rundet den positiven Gesamteindruck ab. Einige kleine Fehler stören das gute Gesamtbild kaum (z. B. Abb. 19 fehlt, der Einband ist nicht strapazfähig — als Lernbuch bedarf es dringend eines festen Einbandes).

Sicherlich ein Nachschlagewerk nicht nur für Studierende der Erdwissenschaften in — im Vergleich mit dem stofflichen Umfang der behandelten Themen — sehr kompakter Form in einer dem Preis etwa entsprechenden Ausführung.

W. Leithner

SAWKINS, F. Y.: *Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics.* — XIV + 325 S., 173 Figs., geb. DM 98,—. Springer 1984.

Im vorliegenden Werk unternahm der Autor den sicherlich nicht leichten Versuch, eine Gliederung von Erzlagerstätten nach plattentektonischen Gesichtspunkten durchzuführen. Bereits vorweg darf bemerkt werden, daß es sich um eine gelungene, ausführliche Zusammenfassung handelt, die nicht nur für den Lagerstättenspezialisten, sondern auch für den Geotektoniker äußerst instruktiv ist.

In einem einführenden Kapitel werden die Grundprinzipien der Plattentektonik, soweit sie für das weitere Verständnis notwendig sind, erklärt. Im ersten Teil werden jene Rohstoffvorkommen behandelt, die längs konvergierender Plattenränder gebildet werden. In mehreren Kapiteln wird dieser erste Abschnitt weiter untergliedert, wobei die einzelnen Kapitel nach regionalen plattentektonisch relevanten Bereichen sowie Vererzungstypen geordnet, logisch aneinandergereiht sind.

Jeder Lagerstättentyp wird ausführlich mit Beispielen belegt, ohne daß dadurch ein Ungleichgewicht entstanden ist.

Der zweite Teil des Werkes ist jenen Rohstoffvorkommen gewidmet, die mit divergierenden Plattenrändern in Zusammenhang gebracht werden können. Auch hier wurden in einzelnen Kapiteln weitere, sinnvolle Untergliederungen getroffen, wodurch die Übersichtlichkeit sehr gewinnt.

Im dritten Teil werden schließlich Vererzungen beschrieben, die längs kollidierender Plattenränder entstanden sind.

Jeder Vererzungstyp wird knapp, dennoch äußerst gründlich beschrieben, wobei vielfach auch speziell auf Fragen der Exploration eingegangen wird.

Wenngleich auch Erzlagerstätten behandelt werden, deren Entstehung kaum mit plattentektonisch relevanten Phänomenen in Einklang zu bringen sind, soll dies den hervorragenden Gesamteindruck in keiner Weise schmälern.

Nicht zuletzt durch die sorgfältige Illustration wirken die einzelnen Kapitel durch Beispiele ausgesprochen abgerundet. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis sowie ein hilfreiches Inhaltsverzeichnis schließen das gelungene Werk ab, welches auch für den „Nichtlagerstättengeologen“ viel Neues und Interessantes bietet.

L. Weber

NRIAGU, J. O. & MOORE, P. B.: *Phosphate Minerals.* — VI + 442 S., 83 Abb., 57 Tab., Berlin—Heidelberg—New York—Tokyo (Springer) 1984. ISBN 3—540—12757—7; DM 148,—.

Seit der Kommerzialisierung von Phosphat-Düngemittel und später synthetischer Waschmittel übernahmen Phosphatminerale eine wichtige Rolle in der chemischen Industrie und in der Landwirtschaft. Als Folge entwickelten sie sich bis heute mehr und mehr zu erheblich umweltbelastenden Stoffen. Die Kenntnis der physikalischen und chemischen Faktoren für deren Bildung und Zersetzung wird daher für Umweltgeologen, Geotechniker, Geochemiker und Biochemiker maßgeblich sein für eine erfolgreiche Handhabung unserer Umweltprobleme. Mit vorliegendem Buch steht den Fachleuten all dieser und verwandter Wissenschaften, von den Erdwissenschaftlern über Agrartechniker bis hin zu Medizinern, ein Nachschlagewerk über die Eigenschaften der rund dreihundert bekannten Phosphatminerale zur Verfügung.

Im ersten Drittel des Buches werden sämtliche bekannten Phosphatminerale in alphabetischer Reihenfolge mit ihren chemischen und kristallographischen Kennzeichen (Chemismus, Kristallsystem und -klasse, Spaltung, Farbe, Dichte, Erstbeschreibung, Habitus, Härte, Vorkommen (sehr allgemein), optische Konstanten, Raumgruppe, d-Werte) kurz charakterisiert.

Die weiteren 13 Kapitel, für die verschiedene Autoren aus aller Welt zeichnen, behandeln das Kristallwachstum von Phosphaten, speziell die Ausfällung von Calciumphosphat, Probleme der Kristallstrukturen, die thermochemischen bzw. -dynamischen Daten der Phosphatminerale, Vorkommen und Chemismus von Phosphatminerale in magmatischen und metamorphen Gesteinen sowie in Meteoriten und Mondgesteinen. In der Folge werden die Zusammenhänge magmatischer, sedimentärer und biogener Phosphat-Anreicherungen zu geologischen Vorgängen in Raum und Zeit diskutiert. Weitere Kapitel sind der Verwitterung von Phosphatminerale, der Mineralogie und Geochemie der Phosphate, der Chemie und Struktur ausgefällter Hydroxyapatite und Phosphatminerale im menschlichen Gewebe gewidmet.

Für Umweltwissenschaftler besonders informativ sind die drei Beiträge über Bildung und Stabilität unedler Metallphosphate in Böden und Sedimenten, Ausfällung von Phosphatminerale in Kläranlagen und das abschließende Kapitel „Phosphor in der Umwelt“ (Phosphor-Kreislauf in der Biosphäre, Eutrophisierung von Gewässern).

H. Frimmel

HÖFLING, R.: Faziesverteilung und Fossilvergesellschaftungen im karbonatischen Flachwasser-Milieu der alpinen Oberkreide (Gosau-Formation). — Münchner Geowiss. Abh., Reihe A, Band 3, 241 S., 55 Abb., 18 Taf., München 1985 (Verlag F. Pfeil); ca. öS 1300,—. ISBN 3-923871-04-X.

Der vorliegende Band stellt die Veröffentlichung der Dissertation des Autors am Institut für Paläontologie und historische Geologie der Universität München dar. Der Autor unternimmt den Versuch der Rekonstruktion der Lebensräume und Organismen-Vergesellschaftungen karbonatischer Flachwassersedimente der Gosauschichten an Hand weniger, ausgesuchter Beispiele.

Als Ausgangspunkt der Arbeit werden die Rudisten und deren differenzierte „soziale Strukturen“ herangezogen. Das Ziel ist eine palökologisch-fazielle Interpretation, aufbauend auf eine umfassende Probenahme und genaue Bestimmung des gefundenen Fossilinhalts. Dabei werden sowohl Mikro- und Megafaunen als auch Mikroflora (v. a. Algen) und die endolithische Ichnofazies erfaßt. Die Gruppierung des Fossilbestandes erfolgt in substratbezogene Mikro- und Mega-Assoziationen. Die Interpretation greift auf ökologische Konzepte zurück (u. a. Artendiversitäten, MURRAY-Dreiecksdarstellung für Benthosforaminiferen, „trophic-nucleus“-Histogramme, Darstellung der trophischen Struktur der Faunen).

Berücksichtigt werden die Gosaulokalitäten Lattenberg südöstlich Bad Reichenhall (offenes Oberes Subtidal und Hippuritenriffkomplex des Körnerriffes), Unterbrein nordöstlich Rußbach (Patchreef-Komplex), Brunftloch-Wegscheidgraben nordöstlich Paß Gschütt (Hippuriten-Biostrome) und die bekannte Schneckenwand nordöstlich Rußbach (hypersaline Lagune).

Die Bearbeiter des Hippuriten-Barriereriffs des Lattenberges stellt die bisher eingehendste Aufnahme eines Riffs der Gosau dar. Der Riffkomplex gliedert sich in eine Rückriff-Lagune, eine Rückriff-Schutzzone, das eigentliche Barriere-Riff, eine Vorriff-Schutzzone und eine Vorriff-Lagune. Die einzelnen Bereiche sind durch unterschiedliche Fossilführung und durch fazielle Kriterien charakterisiert. Schließlich gelangt der Autor zum Modell eines Lagunenriffes.

Es folgt die Beschreibung und Interpretation des Unterbrein-Patchreefs mit einer Gliederung in Rückriff-Lagune mit anoxischen Bedingungen, Hippuriten-Patchreef und Vorriff-Schutzzone erhöhter Wasserenergie. Die Hippuriten-Biostrome der Lokalität Brunftloch—Wegscheidgraben werden eher kurz an Hand eines Profils behandelt.

Die Bearbeitung der Trochacteon-Vergesellschaftung der Schneckenwand schließt die Arbeit ab. Die Deutung dieses Bereiches als hypersaline Lagune fordert allerdings zur Kritik heraus. Die angeführten Kriterien wie die Dickschaligkeit der Megafauna und der von Milioliden dominierten Mikrofauna, insbesondere aber das Auftreten authigener, idiomorpher Quarze und von Radiolarien weist keineswegs schlüssig auf ein hypersalines Ablagerungsmilieu der Sedimente der Schneckenwand hin.

Insgesamt aber liegt mit dieser Arbeit eine umfassende und beeindruckende Darstellung verschiedener Flachwasser-Environments der Gosauschichten vor. Einzelne strittige Punkte sind auf die komplexe Natur des behandelten Themas zurückzuführen. Hervorzuheben ist der Versuch einer palökologischen Rekonstruktion im Sinne moderner ökologischer Konzepte sowie die klare Gliederung und die anschauliche Darstellung der Ergebnisse in Abbildungen und Tafeln.

M. Wagreich

MADERSPACHER, F. & STÜBEN, P. E. (Hrsg.): Bodenschätze contra Menschenrechte — Vernichtung der letzten Stammesvölker und die Zerstörung der Erde im Zeichen des „Fortschritts“. — Junius Verlag Hamburg, 337 S., Hamburg 1984 (Preis: öS. 193.—)

Das Buch behandelt ein zentrales Problem der angewandten Geologie. Ein Thema, welches in der Öffentlichkeit im allgemeinen und unter Geologen im speziellen meist auf Unverständnis und Ablehnung stößt. Das Buch ist unbequem, es ist konkret, behandelt klar umgrenzte Beispiele mit Fakten, Zahlen, weiterführender Literatur, bleibt aber dennoch immer menschlich, wird nie anonym oder abstrakt; und es macht auf zweifache Weise betroffen: Einerseits durch die Schilderung der systematischen physischen und kulturellen Ausrottung der Naturvölker durch die „höherentwickelten Staaten“, andererseits zeigt es, daß wir in den industrialisierten Ländern genauso bedroht sind von der Zerstörung der letzten Naturlandschaften und der spürbaren Entwicklung unseres Gesellschaftssystems hin zu uniformen und monokausalen Strukturen. Hier schließt sich der Kreis mit der Diskussion darüber, was wir von archaischen Gesellschaften in bezug auf unser Zusammenleben lernen können; nicht in Form blinder Imitation, sondern in genauer Abwägung der Vor- und Nachteile und der Dynamik der jeweiligen Lebensart.

Der erste Teil des Buches „Die Ausbeutung — Genozid, Ethnozid, Ökozid“ zeigt an Hand von Beispielen die verzweifelte Lage der Naturvölker. Er beschreibt das Genozid, die konkrete physische Vernichtung (die Ermordung!) der indianischen Stammesvölker Brasiliens, die den Bergbau-, Industrie- und Viehzuchtprojekten der Regierung im Wege stehen. Der Gouverneur von Roraima, 1975: „Das Land kann sich nicht den Luxus erlauben, seine Entwicklung wegen eines halben Dutzend indianischer Stämme aufzuhalten“. So eine Aussage macht sprachlos. Ähnliche Auffassungen finden sich bei den meisten Politikern und Bürgern der „entwickelten“ Länder. Als positive Ausnahme und als Antwort darauf der SPD-Politiker Klaus Thüsing: „Wo nur die politische Sensibilität fehlt, kannst du vielleicht noch aufklären, wo aber die menschliche Sensibilität fehlt, beraubt es dich jeder Argumentation“.

Weitere Kapitel zeigen das Ethnozid, die Ausrottung durch Entzug der traditionellen Lebensgrundlagen und kulturellen Ausdrucksmöglichkeiten, an anderen Völkern: Die Aborigines Australiens, bedroht durch rücksichtslosen Uranabbau, Zerstörung des Lebensraumes und der sites („Kultstätten“); die Kanaken Neukaledoniens, zuerst von weißen Siedlern in die Berge verdrängt, dann Zerstörung ihres dortigen Lebensraumes durch den Nickeltagbau (großer Platzbedarf, keine Rekultivierung, Ausschwemmen des Bodens); die Inuit („Eskimos“), sozial destabilisiert und kulturell entwurzelt durch die Rohstofferschließungspolitik der kanadischen Regierung; die Dine („Navajo“) und Hopi am Colorado Plateau in den USA, welches wegen der dortigen Kohle- und Uranvorkommen zum „nationalen Opfergebiet“ erklärt wurde. Übrigens, was heißt nationales Opfergebiet? Die Nationen der Dine und Hopi werden von der Nation der USA auf dem Altar des Bodenschatzkolonialismus und des ökologischen Holocaust geopfert!

Man beachte, daß in allen besprochenen Fällen Geologen an vorderster Front der Entwicklung stehen. Sie zerstören noch nichts, liefern aber durch ihre oft als „rein wissenschaftlich“ deklarierte Arbeit häufig die Grundlagen für die nachfolgende Vernichtung von Menschen und Natur. Außerdem geht ebenfalls allen Fällen die physische oder kulturelle Vernichtung der Stammesvölker mit der Zerstörung der dort ökologisch noch halbwegs intakten Umwelt einher.

Der zweite Teil des Buches „Der Widerstand — Ethnische und ökologische Rebellion“ berichtet über Formen des Widerstandes gegen Ausbeutung und Unterdrückung. Als Beispiele seien angeführt: die Chipko-Bewegung in Indien, die erfolgreich dem rücksichtslosen Abholzen der Wälder des Himalaya Einhalt gebietet; der Kampf der Sahrauis um die Selbstbestimmung in ihrem von Marokko wegen der Phosphatvorkommen annektierten Land; autonome Lebens- und Erziehungsformen bei den Indianern Nordamerikas (Akwesasne) sowie Strategien indianischen Widerstandes in Südamerika.

Der dritte Teil „Voneinander lernen — Die Befreiung von technologischer und politischer Herrschaft“ beschreibt einerseits die Systematik der Zerstörung von Mensch und Natur durch eurozentrisches Denken und die Tätigkeit der multinationalen Konzerne, und zeigt andererseits Möglichkeiten der Kooperation, beispielsweise den Vorteil indianischen Landbaues im tropischen Regenwald oder die Subsistenzproduktion der Ramaindianer an der Karibikküste Nicaraguas (gefährdet durch die „Entwicklungsversuche“ der nationalstaatlich denkenden Sandinisten).

Das Buch ruft eindrücklich ins Bewußtsein, daß die Naturvölker genauso wie wir das unveräußerliche Recht auf ein Leben nach ihren eigenen Vorstellungen haben. „Daß die Ureinwohner es verstanden haben, ihre Ökologie und Ökonomie über Jahrhunderte aufrechtzuerhalten, wird so interpretiert, als hätten sie ihre Ökosysteme quasi aus Dummheit nicht zerstört. Sie waren eben

zu unterentwickelt, um so viel kaputt zu machen, wie wir das mit unserem Entwicklungsstandard können. Die vielbejammerte Ressourcenknappheit wird gar nicht als Fehlentwicklung erkannt". Sie legitimiert jedoch keinesfalls die Zerstörung der intakten Gesellschaftsstrukturen der Stammesvölker.

Nachsatz: Dieses Buch und diese Rezension verstehen sich nicht als eine kategorische Verurteilung jeglicher Explorations- und Bergbautätigkeit in der dritten Welt, sondern als Plädoyer für verantwortungsbewußteres und menschliches Handeln.

R. Belocky

HÖLTING, B.: Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. — 2. Aufl., XII + 370 S., 104 Abb., 27 Tab., 1 Falttaf., Enke (Stuttgart) 1984, kartoniert DM 29,80,—. ISBN 3 432 90792 3.

Die „Hydrogeologie“ von B. HÖLTING, Geologiedirektor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, erlangte seit ihrem ersten Erscheinen 1980 eine besondere Stellung innerhalb der vielen Standardwerke und Lehrbücher über dieses Thema. Der Aufbau in die üblichen Kapitel erfolgte auf konventionelle Weise: Historischer Rückblick, Definition des Begriffes „Grundwasser“, Allgemeine Hydrogeologie (Grundwasser-Neubildung — Dynamik, — Beschaffenheit) und Angewandte Hydrogeologie (Erschließung von Grundwasser, Grundwasserschutz, Folgen der Grundwasser-Entnahme, Wasserrecht). Vor allem die praxisbezogene sowie die übersichtliche, auf das Wesentliche beschränkte Verarbeitung dieses klassischen Zweiges der Geologie ließ viele Studenten, Erdwissenschaftler und Wasserwirtschaftler sowie andere Interessierte zu diesem Buch greifen. Daß dieses in einer für ein Fachbuch kurzen Zeitspanne von vier Jahren vergriffen war, ist daher nicht verwunderlich.

Der Verlag trägt mit der nun erschienenen zweiten Auflage dem verstärkten Interesse an Hydrogeologie Rechnung. Text und Abbildungen blieben weitgehend unverändert, neue Kapitel wurden nicht aufgenommen, bestehende nur geringfügig ergänzt. So werden etwa im Kapitel „Grundwasserneubildung — Grundwasserdynamik“ nun auch der mittlere Trockenheitsindex oder zusätzliche Bestimmungsmöglichkeiten der potentiellen Evapotranspiration erwähnt; das Kapitel „Bodeninfiltration des Niederschlagswassers“ wurde erweitert; Bor und Escherichia coli-Bakterien werden als weitere Markierungsmittel genannt u.a.m. Unserer Zeit entsprechend erfuhr die Kapitel „Grundwasserschutz“ und „Wasserrecht“ die größten Erweiterungen (Thermische und Organische Belastung, Auswirkungen des Straßenverkehrs, Perspektiven des Grundwasserschutzes). Nützlich ist auch die neu aufgenommene Tabelle mit den Richt- und zulässigen Höchstwerten grundwasserbelastender Stoffe gemäß den EG-Richtlinien.

Die Beibehaltung des Umfanges sowie des Taschenbuchformates sorgen mit dafür, daß mit diesem Buch weiterhin eine, die Grundkenntnis vermittelnde, „praktische Hydrologie“ zur Verfügung steht.

H. Frimmel

TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Band 2. — 710 S., 287 Abb., 27 Tab., Wien (F. Deuticke) 1985; öS 1880.—.

Der schon seit langem dringlich erwartete 2. Band von TOLLMANNs Geologie von Österreich ist nunmehr erschienen. Ein 3. Band, der noch im Frühjahr folgen soll, wird dieses nicht nur in seinem Seitenumfang einzigartige Monumentalwerk abschließen.

Die Hauptkapitel des vorliegenden Bandes sind der Böhmisches Masse, der Molassezone, dem Helvetikum, der Flyschzone, den Nördlichen Kalkalpen und dem Südalpin gewidmet. Allein die Behandlung der Nördlichen Kalkalpen beansprucht fast die Hälfte der zur Verfügung stehenden Seiten, obwohl sich dieses Kapitel auf die Darstellung der allernotwendigsten Daten (Stratigraphie und Tektonik) beschränkt. Auch bei den übrigen Abschnitten des Buches berührt die ausgewogene Darstellung, in der sich der letzte Stand der Diskussion spiegelt. Letzteres ist besonders hervorzuheben, war doch die erste Niederschrift zu dem nun vorliegenden 2. Teil bereits vor sieben Jahren weitgehend fertiggestellt. Die Überarbeitung dieses Urtextes war sicher schwierig; nicht nur wegen der Fülle an einzuarbeitender Literatur.

Infolge gründlicher Überarbeitung und thematischer Ausweitung ist die ursprünglich als zweibändig konzipiert gewesene Geologie von Österreich um einen dritten Band erweitert worden. Dieser ungeplanten Umstellung fiel leider aus verlagstechnischen Gründen das Literaturverzeichnis des 2. Bandes zum Opfer. Es soll, vereinigt mit dem Literaturverzeichnis des 3. Teiles, im letzten Band nachgereicht werden.

Zuletzt muß die hervorragende, dem fürstlichen Preis des Buches durchaus angemessene Ausstattungsqualität gelobt werden. Angesichts der hervorragenden Papierqualität des vorliegenden Bandes ist es allerdings unverständlich, wieso manchen Fotos und vor allem einigen der aus der Literatur übernommenen Strichzeichnungen keine optimale Reproduktion zuteil geworden ist. Der Vermeidung derartiger Mängel sollte der Verlag bei der Herausgabe des Abschlußbandes sein besonderes Augenmerk widmen.

Die Fertigstellung der demnächst abgeschlossenen Monographie fällt in eine Periode des wissenschaftlichen Umbruches. Für längere Zeit wohl zum letztenmal ist es gelungen, die Vielzahl der oft widersprüchlichen Einzeldaten zu einer stimmigen Synthese zusammenzuzwingen. Selbst dann, wenn durch den Einsatz neuer Methoden bisher Ungeahntes zutage gefördert werden sollte und dadurch die Grundlagen dieses klassischen Gedankengebäudes ins Wanken gerieten, würde diese Monographie ihre konkurrenzlose Bedeutung als enzyklopädisches Nachschlagewerk auch in ferner Zukunft ungebrochen beibehalten.

Mit dieser Monographie, der vor einigen Jahren im Springer-Verlag erschienenen Darstellung des geologischen Aufbaues von Österreich und dem derzeit in Druck befindlichen Abschlußband des Forschungsprojektes „Frühalpiner Geschichte der Ostalpen“ wird dem Fachwissenschaftler das klassische Terrain der Ostalpen in hervorragender Weise neu erschlossen. Noch immer aber fehlt eine einem größeren Leserkreis dienende kurzgefaßte Darstellung der Geologie von Österreich. Der Verlag wäre gut beraten, diese Lücke von sich aus möglichst rasch zu schließen.

R. Lein

VOSSMERBÄUMER, H.: Geologische Karten. — 245 S., 176 Abb., 14 Tab.. Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Nägele & Obermiller) 1983; DM 40.—

Selten noch hat mir die Lektüre eines geologischen Fachbuches ein derartiges Vergnügen bereitet, daß es mich drängt, auch andere Personen auf diesen Schatz aufmerksam zu machen.

In jedem erdwissenschaftlichen Studienplan ist in den ersten Semestern eine Einführung der Studenten in das Wesen geologischer Karten vorgesehen. Indem der Student von ausgewählten Kartenblättern geologische Schnitte konstruiert, lernt er diese Karten besser zu verstehen. Solche Lehrveranstaltungen waren für Professor VOSSMERBÄUMER der äußere Anlaß, einen Studienbeihilfe zu verfassen. Daß das Ergebnis seines Bemühens alle auf dem Markt befindlichen vergleichbaren Produkte an Originalität und Tiefe um Längen übertrifft, liegt an der Person des Autors.

Es gibt zahlreiche Werke, die sich ausführlich mit der Interpretation geologischer Karten und der Konstruktion von Profilschnitten und dergleichen befassen, aber nur ein Buch — nämlich das Vorliegende — eröffnet auch den Blick auf den für ein richtiges Verstehen absolut unverzichtbaren kulturhistorischen Hintergrund des geologischen Kartenwesens.

Daß diesem in jeder Hinsicht hervorragenden Werk auch ein wohlgedachtes didaktisches Prinzip zugrunde liegt, muß nicht eigens betont werden. Ein eigener Abschnitt mit Aufgaben (deren Auflösung in dem folgenden Kapitel gegeben wird) bietet dem Leser die Möglichkeit einer Kontrolle, ob er sich den gelesenen Text auch entsprechend angeeignet hat.

Das Bedeutsamste an diesem Buch, dem wir eine weite Verbreitung und viele Auflagen wünschen, ist, daß der Leser von der Begeisterung des Autors, die einem in jeder Zeile entgegenleuchtet, automatisch angesteckt wird. Deshalb sei allen, die nicht nur ihr Informationsbedürfnis stillen wollen, sondern sich darüber hinaus auch ein Lesevergnügen bereiten möchten, dieses Buch nachhaltig ans Herz gelegt.

R. Lein

## HINWEISE FÜR DIE AUTOREN

## 1. Allgemeines:

Die Zusendung von Manuskripten samt dazugehörigen Abbildungen bzw. Beilagen bitten wir direkt an die folgende Adresse zu richten:

Schriftleitung der Gesellschaft der Geologie-  
und Bergbaustudenten in Österreich  
Institut für Geologie der Universität Wien  
Universitätsstraße 7/III, A-1010 Wien

Mit der Übersendung des Manuskriptes bekundet der Autor sein Einverständnis, daß die Redaktion eventuell sein Manuskript an einen Begutachter weiterleitet. Nach erfolgter Begutachtung entscheidet ein Redaktionskomitee über die Aufnahme der Arbeit in die Zeitschrift.

Angenommen werden nur Originalarbeiten, die einen druckreifen Zustand aufweisen, d. h. gut leserlich, einseitig und in Zweizeilenabstand mit Maschine geschrieben sind und auf einer Seite einen ca. 3 cm breiten Korrekturrand aufweisen.

Hinsichtlich der Rechtschreibung und Zeichensetzung richte man sich nach dem Duden. Es soll im Manuskript u. a. klar zwischen Gedankenstrich (—) und Bindestrich (-) (z. B.: NW—SE, dagegen NW-Richtung), sowie zwischen „ss“ und „ß“ unterschieden werden.

## 2. Gliederung:

Titel (fett), Vor- und Zuname des Verfassers, Zahl der Abb. oder Taf.; Anschrift des Verfassers auf der 1. Seite unten; Inhaltsverzeichnis; Zusammenfassung — Abstract — Résumé (ist vom Autor zu erstellen); Text; alphabetisch geordnetes Schriftenverzeichnis; Abbildungstext und Tabellen.

2.1. Titel: Der Titel soll kurz und bezeichnend sein. Sehr spezielle Begriffe oder Lokalnamen im Titel sollen durch Ergänzungen in Klammer erläutert werden. Eine englische Übersetzung des Titels der Arbeit ist zwecks Aufnahme in das Inhaltsverzeichnis erbeten.

2.2. Zusammenfassung: Jeder Arbeit ist verpflichtend eine kurze Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache voranzustellen. Weitere fremdsprachliche Kurzfassungen (französisch, italienisch, spanisch usw.) sind möglich.

2.3. Kapitelgliederung: Das Manuskript hat eine klare Unterteilung in Kapitel aufzuweisen. Diese sind durchnummerieren, wobei die Zusammenfassung stets als erstes Kapitel geführt wird.

2.4. Einleitung: In der Einleitung soll eine kurze Darlegung der Problemstellung erfolgen. Auch kann diesem Abschnitt gegebenen-

falls eine Lageskizze des Arbeitsgebietes beigelegt werden. Eventuelle Danksagungen sind entweder in der Einleitung oder am Ende des Artikels zu bringen.

### 2.5. Auszeichnung der Schriften:

- ===== doppelte Unterstreichung = **fett** (für freistehende Titel und Überschriften sowie für hervorzuhebende Stellen im Text).
- einfache Unterstreichung = *g e s p e r r t* (z. B. für hervorzuhebende Worte im Text oder für Unterabschnittstitel).
- — — — unterbrochene Unterstreichung = **KAPITÄLCHEN** (bei Personennamen. Dabei sind Genetiv- und Adjektivendungen zwecks Vermeidung von Verwechslungen in gewöhnlichen Buchstaben hinzuzufügen: zum Beispiel SPENGLERs, SPENGLERsche usw.).
- geschlängelte Unterstreichung = *kursiv* (bei allen Gattungs- und Artnamen, wenn ohne Flexionsendungen). weniger wichtige Teile des Manuskriptes werden in Kleindruck (= Petit) gesetzt. Sie sind vom Autor durch eine randliche Wellenlinie kenntlich zu machen.

### 2.6. Literaturzitate:

Literaturzitate im Text: z. B. ... O. AMPFERER (1931, S. 300) oder ... (O. AMPFERER 1931, S. 300). Bei gemeinsamen Arbeiten zweier oder mehrerer Autoren sind die Autorennamen durch „&“ zu verbinden. Bei mehreren Arbeiten eines Autors in einem Jahr unterteilt man diese mit a, b usw.

Schriftenverzeichnis: Alle angeführten Schriften sind ausnahmslos am Ende der Arbeit nach Autoren alphabetisch geordnet zusammenzustellen.

Reihenfolge der Literaturangaben bei Zeitschriften: AUTOR (Erscheinungsjahr): Titel. — Zeitschrift (abgekürzt nach internationaler Norm), Bandzahl oder Jahrgang (doppelt unterstrichen = Fettdruck), Seitenzahl (z. B. ..., 116—128, ...), Zahl der Abb., Taf., Tab., Erscheinungsort.

Reihenfolge der Angaben bei Einzelwerken: AUTOR (Erscheinungsjahr): Titel. — Seitenzahl, Zahl der Abb., Taf., Tab., Erscheinungsort (Verlag).

### 3. Illustrationen:

Bei allen Illustrationen sind für eine gute Reproduktion Originalvorlagen bzw. bei Fotos Hochglanzabzüge notwendig.

Bevorzugt werden schwarz-weiße Strichzeichnungen, in Tusche angefertigt, möglichst in 1,5- bis 3-facher Größe der späteren Wiedergabe.

Fotografische Abbildungsvorlagen müssen mindestens 20 Prozent größer als die geplante Wiedergabe sein.

Die im Text eingefügten Bild Darstellungen werden als *Abbildungen* bezeichnet und sind durchlaufend zu numerieren. Die Abbildungsvorlagen sind getrennt vom Text dem Manuskript beizulegen. Am Rande des Manuskripttextes ist deutlich zu markieren, an welcher Stelle die Bilder nach Möglichkeit eingeschaltet werden sollten.

Abbildungen, die auf Tafeln stehen, welche dem Text nachgeordnet sind, werden als *Figuren* bezeichnet; ihre Numerierung beginnt bei jeder Tafel neu (z. B. Taf. 1, Fig. 1 oder Taf. 3, Profil 1).

Die Vorlagen der Textabbildungen sind dem *Satzspiegel* (11,8 × 18,6 cm) anzupassen. Abbildungsvorlagen, die im Druck über das Satzspiegelformat hinausreichen sollen, können nur ausnahmsweise — und zwar auf Kosten des Autors — entgegengenommen werden. Dagegen wird auf die Möglichkeit verwiesen, großformatige Abbildungen bzw. mehrere Abbildungen zusammen auf Tafeln unterzubringen, welche — getrennt vom Text — in einem eigenen, dem Textteil des Bandes folgenden, Beilageteil zusammengefaßt sind.

Es ist zu achten, daß die *Beschriftung* der Abbildungen bei Verkleinerung auf Satzspiegelformat nicht kleiner als 1 mm werden soll. Die Erläuterungen (Unterschriften) zu den Abbildungen, welche nach Möglichkeit zweisprachig (deutsch — englisch) sein sollen, werden hingegen gesetzt; sie sind auf einem Blatt gesammelt den Abbildungen beizulegen.

*Signaturen*: Bei der Verwendung von Rastern als Flächensignaturen ist auf eine ausreichende Hell-Dunkel-Abstufung zu achten. Strichsignaturen sollen möglichst der geologischen Erscheinung (Streichen und Fallen) angepaßt sein, weshalb starre Schraffen tunlichst zu vermeiden sind.

Allen Abbildungen ist ein direkter *Maßstab* in Form einer Maßleiste beizufügen. Bei Karten ist die Nordrichtung zu kennzeichnen. Bei Profilen sind Himmelsrichtung sowie Höhen- und Horizontalmaßstab anzugeben.

Die Abbildungsvorlagen müssen rückseitig oder randlich einen mit Bleistift und in Druckschrift ausgeführten Vermerk bezüglich Autor, Abbildungsnummer und Orientierung der Abbildung (Pfeil nach oben) aufweisen.

*Tafeln*: Es besteht die Möglichkeit, großformatige Abbildungen als Falttafeln getrennt vom Text beizulegen. Die geplante Anzahl von Tafeln ist wegen der dadurch verursachten Mehrkosten einzuschränken. *Farbtafeln* können nur bei maßgeblicher Kostenbeteiligung des Autors gedruckt werden.

#### 4. Korrektur:

Insgesamt sind zumindest zwei Korrekturen vorgesehen.

Für die Korrektur sollen die im Duden veröffentlichten Korrekturzeichen verwendet werden.

Die korrigierten Fahnen sind termingemäß zu retournieren; andernfalls kann ein nicht rechtzeitig zurückgelangter Artikel für einen späteren Band zurückgestellt werden.

Nach der ersten Korrektur sind Änderungen gegenüber dem Manuskript nur dann zulässig, wenn unter Beibehaltung der Zeilenlänge nicht mehrere Zeilen oder gar ein ganzer Absatz neu gesetzt werden müssen. Alle darüber hinausgehenden Änderungen gehen auf Kosten des Autors.

Bei der Umbruchkorrektur (= 2. Korrektur) sind im Inhaltsverzeichnis die Seitenzahlen und allfällige Seitenhinweise im Text einzutragen. Andere Korrekturen außer Druckfehlerberichtigung sind in diesem Stadium zu vermeiden. Wenn aus Termingründen nötig, übernimmt die Schriftleitung die Durchsicht der Umbruchkorrekturen.

#### 5. Sonderdrucke:

Jeder Autor erhält von der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten insgesamt 50 Freiexemplare; diese Anzahl bleibt auch bei mehreren Autoren dieselbe. Weitere Exemplare können gegen Bezahlung bezogen werden. Eine diesbezügliche Bestellung ist rechtzeitig (bei Rücksendung der ersten Korrektur) zu tätigen. Spätere Bestellungen können bei fortgeschrittener Druckarbeit nicht berücksichtigt werden.

## VERANSTALTUNGEN UND VORTRÄGE IM JAHR 1985

## 1. PERMOSKYTH-SYMPIOSIUM, 29. – 30. 4. 1985

Aus Anlaß der feierlichen Überreichung des Herrn Professor MOSTLER gewidmeten Festbandes (Bd. 30/31) wurde von der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten am Institut für Geologie der Universität Wien ein zweitägiges Symposium veranstaltet, auf welchem die Ergebnisse der vom Geologischen Institut der Universität Innsbruck ausgehenden Neubearbeitung permoskythischer Sedimentfolgen des ost- und südalenpinen Raumes erstmals vorgestellt wurden.

TOLLMANN, A.:

Geburt und Werdegang der Tethys.

BRANDNER, R.:

Ereignisstratigraphie in der Untertrias der Ost- und Südalpen.

MOSTLER, H.:

Conodontenstratigraphie der Untertrias mit besonderer Berücksichtigung der Werfener Schichten.

ASTL, Ch. & SINNER, P.:

Südalpine Werfener Schichten. Sturminduzierte Sedimentation im Seis-Member.

STINGL, V.:

Klastisches Permoskyth im Westabschnitt der Nördlichen Kalkalpen.

POSCHER, G.:

Zum faziellen Umschwung an der Basis des Alpinen Buntsandsteins (Raum Fieberbrunn–Leogang).

STINGL, V. & KRÄINER, K.:

Zum Typusprofil der Präbichlschichten am Polster bei Eisenerz.

KRÄINER, K.:

Zur Ausbildung des Permoskyth in Kärnten.

## 2. VORTRÄGE

9.12. 1985, STEIGER, T. (München):

Die Entwicklung des NW-Afrikanischen Kontinentalabhanges im Bereich des Mazagan-Plateaus.

Bisher in dieser Reihe erschienene Bände mit Kurztiteln der Arbeiten

Die von Jahrgang 1 (1949) bis Jahrgang 24 (1977) erschienenen Arbeiten sind zuletzt im 30./31. Band aufgelistet.

1978 Band 25

COLINS, E. & NACHTMANN, W.:

Geologische Karte der Villacher Alpe.

GROTTENTHALER, W.:

Die Raibler Schichten der Nördlichen Kalkalpen zwischen Salzach und Pyhrnpaß.

LIEBERMAN, H. M.:

Carnitza Formation – ein neuer Begriff für oberkarnische Beckenkalke der südlichen Kalkalpen bei Raibl (Cave del Predil, Italien).

BECKER, L. P.:

Über das Bruchverhalten und Bruchgefüge bei einfacher Druckbeanspruchung in der tektonischen Geologie.

FAUPL, P.:

Zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung von Breccien- und Turbiditserien in den Ostalpen.

MOSTAFAVI, M.:

Die Neogenentwicklung am Nordrand des Oberpullendorfer Beckens (Burgenland).

TICHY, G.:

Ammonitenfunde aus dem Wettersteinkalk des Dobratsch (Kärnten, Österreich).

FLÜGEL, E., LEIN, R. & SENOWBARI-DARYAN, B.:

Kalkschwämme, Hydrozoen, Algen und Mikroproblematika aus den Cidarisschichten (Karn, Obertrias) der Mürztaler Alpen (Steiermark) und des Gosaukammes (Oberösterreich).

SENOWBARI-DARYAN, B.:

Ein neuer Fund von *Placklesia multipora* BILGÜTAY aus den Kössener Schichten des Feichtensteins bei Hintersee (Salzburg, Österreich).

LEIN, R. & SIBLIK, M.:

A brachiopod fauna from the Spielkogel (Mürztaler Alpen, Styria): New data concerning the stratigraphic emplacement of *Tetractinella* (?) *dyactis* (BITTNER).

GAITANAKIS, P. & TSAILA-MONOPOLIS, St.:

Neue Daten zur Geologie und Stratigraphie der Insel Aegina (Griechenland).

LUEGER, J. P., WIRIBAL, J. & LEBEDA, M.:

Tabellen zur Rückkipfung einfach gekippter Schrägschichtungen.

EHRENBERG, K.:

Othenio Abels Werden und Wirken. Eine Rückschau zu seinem 100. Geburtstag am 20. Juni 1975.

1980 Band 26

Professor Dr. Eberhard Clar zum 75. Geburtstag.

KERN, A.:

Bericht zur Kartierung des Mittagskogel-Gebietes.

POHL, W. & NIEDERMAYR, G.:

Geology of the Mwatate Quadrangle (Sheet 195/2) and the Vanadium Grossularite Deposits of the Area.

- HORKEL, A., NAUTA, W. J., NIEDERMAYR, G. et al.:  
Geology of the Taita Hills (Coast Province/Kenya).
- KAISER, J.:  
Baugeologische Beschreibung des Dalaaser Tunnels der Arlberg Schnellstraße S 16 in Vorarlberg.
- RECH, W.-D.:  
Scheitelfalten und scheidellose Falten.
- KOHLBECK, F., RIEHL-HERWIRSCH, G. et al.:  
In situ Spannungsmessungen an der Periadriatischen Naht in der Ebriachklamm bei Eisenkappel (Kärnten, Österreich).
- DULLO, W.-C.:  
Über ein neues Vorkommen von Tisovec-Kalk in den südwestlichen Gesäuse-Bergen (Admont, Steiermark).
- GRUBER, B., LEIN, R. & SEEGER, M.:  
Ein karnischer Tisovec-Kalk mit *Halobia* (?) *clari* n. spec. aus den St. Pauler Bergen.
- SENOWBARI-DARYAN, B.:  
Neue Kalkschwämme (Sphinctozoen) aus obertriadischen Riffkalken von Sizilien.
- SENOWBARI-DARYAN, B. & DULLO, W.-C.:  
*Cryptocoelia wurmi* n. sp., ein Kalkschwamm (Sphinctozoa) aus der Obertrias (Nor) der Gesäuseberge (Obersteiermark/Österreich).
- STEIGER, T.:  
Geologische Aufnahme des Zauchenbachtals und des Krahstein-Massivs am Südrand des Toten Gebirges N' Bad Mitterndorf (Nördliche Kalkalpen, Steirisches Salzkammergut, Österreich).
- THÖNI, M.:  
Zur Westbewegung der Ötztaler Masse. Räumliche und zeitliche Fragen an der Schliefigüberschiebung.
- TROLL, G., BAUMGARTNER, S. & DAIMINIGER, W.:  
Zur Geologie der südwestlichen schobergruppe (Osttirol, Österreich).

#### 1981 Band 27

- HÄUSLER, H.:  
Militärgeologie – ein Tätigkeitsbereich der angewandten Geologie.
- BECKER, L. P.:  
Die baugeologische Aufnahme der Sperrenaufstandsfläche beim Bau der Bogenstau-mauer Sölk/Stmk.
- BAUMGARTNER, P.:  
Erd- und Schuttströme im Gschlifgraben bei Gmunden am Traunsee (OÖ). Zur Geologie, Entstehung, Entwicklung und Sanierung.
- SCHWINGENSCHLÖGL, R.:  
Geologie der Kalkvoralpen und der subalpinen Zone im Raum Kirchberg/Pielach in Niederösterreich.
- HABART, F.:  
Zur Geologie und Hydrogeologie des Unteren Pittentales (Niederösterreich).
- KUNZ, F.:  
Baugeologische Beschreibung der Ostseite des Arlberg-Straßentunnels.

HÄUSLER, H.:

Über die Einstufung der Hallstätter Schollen im Bereich der westlichen Lammermasse (Salzburger Kalkhochalpen).

PROCHASKA, W.:

Einige Ganggesteine der Rieserfernerintrusion mit neuen radiometrischen Altersdaten.

SCHARBERT, S.:

Untersuchungen zum Alter des Seckauer Kristallins.

GÖD, R.:

Ein Beitrag zur Petrographie und Geochemie des Bergbaurevieres Schellgaden.

SADATI, M.:

*Bacinella bicellularis* n. sp., eine Alge (?) aus dem obertriadischen Riffkalk der Hohen Wand (Nieder-Österreich).

LEIN, R.:

Deckschollen von Hallstätter Buntkalken in Salzbergfazies in den Mürtzaler Alpen südlich von Mariazell (Steiermark).

#### 1982 Band 28

LEIN, R.:

Herrn Dr. Benno Plöchinger zum 65. Geburtstag.

THÖNI, M.:

Der Einfluß der kretazischen Metamorphose im Westabschnitt der ostalpinen Einheit: Interpretation geochronologischer Daten.

ROSSNER, R. & SCHWAN, W.:

Zur Natur der südvergente Deformationsstrukturen im NW-Teil des Tauernfensters (Tirol, Österreich).

MANDL, G. W.:

Jurassische Gleittektonik im Bereich der Hallstätter Zone zwischen Bad Ischl und Bad Aussee (Salzkammergut, Österreich).

SENOWBARI-DARYAN, B.:

*Cystothalamia* GIRTY, eine häufige Schwamm-Gattung aus dem Karn von Slowenien (Jugoslawien) und Hydra (Griechenland).

HENRICH, R. & MIRSAL, I.:

A comparative study of the Supratidal and Basin Dolomites in the Anisien and Ladinian Carbonates of the "Hochstaufen Massif" (Northern Limestone Alps).

CERNY, I.:

Fazies und Pb-Zn-Vererzungen in den hangenden Raibler Schichten der Draukalkalpen.

LEIN, R.:

Vorläufige Mitteilung über ein Vorkommen von flyschoider Gosau mit Komponenten paleozäner Riffkalke in den Mürtzaler Alpen.

SEIFERT, P.:

Sedimentologie und Paläogeographie des Eozäns der Waschbergzone (Niederösterreich).

BROSCH, F. J.:

Zur Baueologie des Kalcherkogeltunnels (Pack, Steiermark/Kärnten).

WEISS, A.:

Die Anfänge der geologischen Durchforschung der Steiermark.

HÄUSLER, H. & SCHWINGENSCHLÖGL, R.:

Dissertationsverzeichnis des Institutes für Geologie der Universität Wien (1872–1981).

**1983 Band 29**

Herrn Prof. Dr. Erich Schroll zum 60. Geburtstag.

LOBITZER, H., GIACOMINI, R., MÜLLER, H. W., NÖTSTALLER, R. & SCHWAIGHOFER, B.:

Geology and Utilization of the "Pugu Hills" Kaolin Deposit, Tanzania.

EXNER, CH.:

Erläuterungen zur Geologischen Karte der Hafnergruppe (Blatt Muhr, Ö. K. 156 – Südteil, 1 : 25.000).

KOLLER, F., GRUNDMANN, G., WEINKE, H. H. & KLUGER, F.:

Geochemische Variabilität von Biotit- und Chloritschiefern aus Ultrabasiten der Habachformation (Tauernfenster).

EBNER, F.:

Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1 : 50.000 der Naturraumpotentialkarte „Mittleres Murtal“.

PAVUZA, R. J.:

Karsthydrogeologische Untersuchungen in den Kalkvoralpen S Waidhofen/Ybbs (Niederösterreich).

TRAINDL, H.:

Hydrogeologie der Kalkvoralpen im Raum Waidhofen/Ybbs – Weyer (NÖ, OÖ).

GÖTZINGER, M. A. & PAK, E.:

Zur Schwefelisotopenverteilung in Sulfid- und Sulfatmineralen triadischer Gesteine der Kalkalpen, Österreich.

Nachruf: Adolf Papp

**1984 Sonderheft 1**

HAGENGUTH, G.:

Geochemische und fazielle Untersuchungen an den Maxerbänken im Pb-Zn-Bergbau von Bleiberg-Kreuth/Kärnten.

**1984 Band 30/31**

Herrn Univ.-Prof. Dr. Helfried Mostler zum 50. Geburtstag.

SCHWINGENSCHLÖGL, R.:

Tektonische Großstrukturen der Erde und ihre Bedeutung bei der Projektierung und Ausführung von Großbauvorhaben.

NOWY, W. & LEIN, R.:

Zur Geologie des Bosruck-Autobahntunnels (Pyhrnautobahn, Österreich).

HESS, R. & ROSSNER, R.:

Die Lithofazies der Salberg-Schichtenfolge (Permoskyth) im Bereich Liezen–Admont (Steiermark, Österreich).

STINGL, V.:

Lagerungsverhältnisse des Permoskyth im Stanzertal, West-Tirol (Österreich).

MANDL, G.:

Zur Trias des Hallstätter Faziesraumes – ein Modell am Beispiel Salzkammergut (Nördliche Kalkalpen, Österreich).

LEITHNER, W. & KRYSZTYN, L.:

Paläogeographie, Stratigraphie und Conodonten-Biofazies des Westlichen Mitterberges (Trias, Niederösterreich).

GRUBER, B.:

Bemerkungen zur Morphologie und Ökologie von *Otapiria marschalli alpina* (ZAPFE) aus den Zlambachmergeln (Obertrias) von Österreich).

DULLO, W.-Ch. & TIETZ, G. F.:

Kalzitische Whisker- und Dendritenkristalle als Vorstufe zur Füllung von Klüften in Kalken.

POPP, F.:

Stratigraphische und tektonische Untersuchungen in der Schieferhülle der Hohen Tauern im Gerlostal (Tirol).

SONDERMANN, K. & VOGGENREITER, W.:

Strukturanalyse des Weißenecks in den S'Radstädter Tauern (Lungau, Österreich).

HEJL, E.:

Geochronologische und petrologische Beiträge zur Gesteinsmetamorphose der Schladminger Tauern.

GRATZER, R.:

Ein Beitrag zur Petrologie der Rieserferner Intrusion in Ost- und Südtirol.



## Alexander STRAUSS †

Unser Freund und Kollege Alexander („Xandi“), der im Herbst 1981 mit uns begonnen hatte Geologie zu studieren, wurde im September 1985 durch einen tragischen Unfall im 23. Lebensjahr aus unserer Gemeinschaft gerissen.

Xandi, der nach zahlreichen Auslandsaufenthalten in seiner Mittelschulzeit, 1981 in Vorarlberg maturiert hatte und dort als ausgezeichnete Schifahrer bekannt war, verschrieb bald seine ganze Freizeit den Bergen. Dieses Interesse war sicherlich ein entscheidender Grund für die Wahl seines Studiums, das ihn im Zuge seiner Diplomarbeit in das Tertiär von Mürzzuschlag führte. Leider war

es ihm nicht vergönnt, diese Arbeit abzuschließen.

Bei einer Bergtour im Gesäuse verunglückte unser Xandi am 12. September 1985 kurz unter dem Gipfel tödlich.

Wir schätzten ihn alle, nicht nur bei der Arbeit an unserem gemeinsamen Studium, Exkursionen oder Geländearbeiten, sondern auch außerhalb der Universität als lieben Freund.

Die Studienkollegen