

# **Festschrift Walter Gräf**

Schriftleitung:  
Ingomar FRITZ

**Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.**

**Eigentümer und Verleger:**

Referat Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum,  
Raubergasse 10, A-8010 Graz.

**Umschlaggestaltung:**

Josef Taucher

*Himmel 60, 1998*

Josef Taucher, 29,5 cm x 41 cm, Buntstifte; S. 2/3

*Himmel 61, 1998*

Josef Taucher, 29,5 cm x 41 cm, Buntstifte; S. 390/391

**Layout:**

Traude Schmid

**Druck:**

Medienfabrik Graz

# Inhaltsverzeichnis

## Laudationes:

EBNER, Fritz: Walter Gräf als Chef .....	13
FLÜGEL, Helmut W. Walter Gräf als Wissenschaftler .....	19
HOMANN, Oskar: Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf als Landesgeologe .....	23
NAHOLD, Manfred: Erinnerungen eines ehemaligen Studenten .....	29
UNTERSWEG, Thomas: Walter Gräf - Leiter des Institutes für Umweltgeologie und Ökosystemforschung der Joanneum Research .....	31
WAIDACHER, Friedrich: Auch im Museum.....	35
ZETINIGG, Hilmar: Walter Gräf als Kollege .....	39
FRITZ, Ingomar: Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf.....	41

## Wissenschaftliche Beiträge:

BECKER, Leander Peter & HERMANN, Siegfried: Eine rezente Großrutschung im Kleinen SölktaI der zentralen Obersteiermark. ....	65
BERGHOLD, Hans, UNTERSWEG, Thomas, MÖLBACH, Erling & POSCH Alfred: Abwasserentsorgung für Bleiburg, Feistritz ob Bleiburg, Globasnitz.....	81
BOJAR, Hans-Peter & POSTL, Walter: Ein Silber-Gold-Amalgam, Spionkopit und Yarrowit aus dem Grazer Schloßberg, Steiermark .....	103

EBNER, Fritz: Das Paläozoikum auf ÖK-Blatt 163 Voitsberg .....	111
FENNINGER, Alois & HUBMANN, Bernhard: Spaltenfüllungen in der Basiskalkentwicklung der Kainacher Gosau (St. Pankrazen-Formation, ?Campanium) .....	137
FLADERER, Florian A. (mit Beiträgen von Thomas EINWÖGERER Christa FRANK und Gerald FUCHS): Ein altsteinzeitliches Rentierjägerlager an der Murtalenge bei Peggau? .....	155
FLÜGEL, Erik & FLÜGEL-KAHLER, Erentraud: Die Kalkalge <i>Anthracoporella spectabilis</i> PIA aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Ein Vergleich mit rezenten dasycladalen Grünalgen .....	175
GROSS, Martin: Der Braunkohlebergbau von Paldau (Südoststeiermark) .....	199
HADITSCH, Johann-Georg: Fischbacher Teufelstein und die siebensteinige Anlage in Alt-Hadersdorf (Kindberg,Steiermark) –Beispiele für die Anwendung der tektonischen Gefügekunde in der Archäometrie .....	209
HIDEN, Hartmut R.: Paläopathologische Befunde an Echinoideen aus dem Mittelmiozän (Badenium) Ost-Österreichs .....	215
KOLLMANN, Heinz A. & SACHSENHOFER, Reinhard F.: Zur Genese des Gagats von Gams bei Hieflau (Oberkreide, Steiermark).....	223
KOVAR-EDER, Johanna, MELLER, Barbara & ZETTER, Reinhard: <i>Cercidiphyllum crenatum</i> (UNGER) R.W.BROWN in der kohleführenden Abfolge von Oberdorf N Voitsberg, Steiermark .....	239
MOSER, Bernd: Über Mühl-, Schleif- und Pflastersteinmaterialien aus dem Kainachtal, Weststeiermark in der „vaterländischen technischen Mineraliensammlung“ von Mathias Josef Anker am Joanneum in Graz .....	265

NIEDERL, Reinhold: Geotop und Geotopschutz .....	277
PROSKE, Herwig: Ursachenanalyse der Erosionsprozesse in einem kalkalpinen Einzugsgebiet (Holzäpfeltal bei Wildalpen, Steiermark) .....	287
RANTITSCH, Gerd, EBNER, Fritz, RUSSEGGER, Barbara & Leopold WEBER Kohlenstoff-Schwefel-Beziehungen in Schwarzschiefern der Schönberg Formation (Obersilur/Unterdevon des Grazer Paläozoikums, Österreich): ein Produktivitätsmodell zur Entstehung altpaläozoischer Schwarzschiefer .....	303
SCHOLGER, Robert & MAURITSCH, Hermann J.: Paläomagnetische Untersuchungen im Steirischen Tertiärbecken am Beispiel des Tagebaues Oberdorf.....	315
SCHWENDT, Andreas: Die digitale geologische Karte der Steiermark .....	325
UNTERSWEG, Thomas, KATTER, Roswitha & PROSKE, Herwig: Interdisziplinäre Methoden in angewandten Forschungsprojekten .....	329
WEBER, Franz: Ergebnisse eines reflexionsseismisches Profiles im Raum Wundschuh/Steiermark .....	343
WEBER, Leopold: Das geologische Sachverständigengutachten .....	355
WEISS, Alfred: Kartographische Darstellungen steirischer Kohlenreviere.....	363
ZETINIGG, Hilmar: Bemerkungen zu Klassifizierungssystemen für Quellen .....	371



# Laudationes







## Walter Gräf als Chef

Fritz EBNER

Die nahezu vier Jahrzehnte dauernde Berufsausübung von Walter Gräf als Geowissenschaftler hat viele Fazetten, die hier nur annähernd umschrieben werden können: Wissenschaftler - Museologe - Universitätslehrer - Landesgeologe. In all diesen Sparten hatte er als allseits geschätzter Kollege mit einer Vielzahl von Menschen zu tun. Er durchlief in seiner Laufbahn alle dienstrechtlichen Kategorien, bis er selbst in führender Position zum Vorgesetzten wurde. Die Wertschätzung seiner Mitarbeiter, die uneingeschränkte Anerkennung von seinen Fachkollegen und das Vorbild, das er jüngeren gab, machten ihn im wahrsten und edelsten Sinn des Wortes zum "Chef".

Ich selbst hatte das Glück, Walter Gräf beruflich durch etwa zwei Jahrzehnte begleiten zu können. Er bestimmte als Vorgesetzter, Kollege und Freund auch meine Laufbahn. Dabei konnte ich seine Rolle als Vorgesetzter und Chef zunächst als Student an der Universität, dann als Mitarbeiter am Landesmuseum aus unmittelbarer Nähe und nachdem ich 1986 das Joanneum verlassen hatte, aus gewisser Distanz beobachten und beurteilen. Meine Laufbahn verläuft somit zwischen 1966 und 1986 in ihren Stationen mit der von Walter Gräf synchron, nur daß ich eben in untergeordneter Position tätig - und er der "Chef" war.

Ich beginne meine Betrachtung als ich im Wintersemester 1966 an der Karl Franzens Universität mein Studium der Geologie begann. Walter Gräf war damals Universitätsassistent am Institut für Geologie bei Prof. Metz, der für uns Studenten aufgrund seiner Vorliebe für geologische Expeditionen in den Vorderen Orient, in das Kristallin der Niedere Tauern, Einfahrten in die Fohnsdorfer Kohlengrube oder Weltreisender als Treasurer in Sachen IUGS als "Über-Chef" weder erreichbar, noch ansprechbar war. Anlaufstelle No. 1 am Institut für alle Studenten (die wenigen deutschsprachigen und ein Heer von Kommilitonen aus dem südöstlichen Europa und Vorderen Orient) mit ihren Sorgen und Nöten war Walter Gräf. Er supplierte einen Großteil der Hauptvorlesungen, betreute uns in Übungen, führte uns bei den ersten Exkursionen in die Kunst der Geologie ein und weckte unser Interesse dafür. So nebenbei war Walter Gräf als Ausländerbetreuungsreferent bevorzugte "Klagemauer" unserer Kollegen aus dem Südosten, Bibliothekar und Buchhalter des "zweiten Bildungsweges", da die gesamte Institutsabrechnung über ihn lief. Für uns Studenten schaukelte Walter Gräf im Schatten des unsichtbaren

"Über-Chefs" den Laden und lernte dabei von der Pike auf, was es heißt, ein Institut zu führen und erkannte dabei, welche Eigenschaften Mitarbeiter von einem Chef erwarten.

Mit März 1971 wechselte Walter Gräf nach der Pensionierung der international bekannten Vertebraten-Paläontologin Dr. Maria Mottl ans Landesmuseum Joanneum. Für viele war dieser Schritt unverständlich. Verantwortlich dafür dürfte aber die zuvor geschilderte Situation am geologischen Institut gewesen sein, in der Walter Gräf keine Möglichkeit sah, ohne Konfrontationen seine Ideen zu verwirklichen und seine Persönlichkeit zu entfalten.

Obwohl für die zukünftige Chef-Position an der geologischen Abteilung des Landesmuseums designiert, kommt für Walter Gräf diese Aufgabe schneller als erwartet. Dr. Murban, der Leiter der geologischen Abteilung am Joanneum, stirbt für alle unerwartet bereits ein Monat, nachdem Walter Gräf den Dienst am Joanneum angetreten hatte. Chef dieser altherwürdigen Institution, die aus der geologischen Erforschungsgeschichte der Steiermark nicht wegzudenken ist, ist nun Walter Gräf, der damit ein schweres Erbe anzutreten hat. Er übernimmt eine vor allem im Bereich tertiärer und pleistozäner Vertebraten, tertiärer Mollusken und der Paläobotanik international bedeutende wissenschaftliche Museumsabteilung, deren Schausammlung aber so gut wie nicht existent ist.

Von all seinen "Schätzen" sieht Walter Gräf nahezu keine Objekte. Ein Teil ist noch kriegsausgelagert im Schloß Eggenberg, ein anderer - in der Abteilung wird gerade die Zentralheizung installiert - unter Staub und Plastik verdeckt in den Sammlungsräumen oder unzugänglich im Lapidarium Kiste über Kiste und Schrank über Schrank bis zur Decke gestapelt. Walter Gräf ist in dieser Situation auf die Unterstützung der wenigen altgedienten Mitarbeiter an der Abteilung angewiesen. Er versteht es, ungeachtet vorhandener Aktenvermerke, der Geschichten und Vorfälle, die über sie kolportiert werden, unvoreingenommen auf sie zuzugehen und durch sein Vorbild, daß in dieser Situation auch ein Akademiker und Chef nicht vor Staub- und Schmutzarbeiten zurückschrecken darf, sie zu motivieren und zu wertvollen und ihrem Chef gegenüber loyalen Mitarbeitern an der Abteilung zu machen.

In dieser Situation wird nun nach dem Tod von Dr. Murban für das Joanneum ein zweiter Geologe/Paläontologe gesucht. Die Wahl von Walter Gräf fällt auf mich und als ich im Februar 1972 am Joanneum meinen Dienst antrat, hat Walter Gräf als Chef trotz der zuvor geschilderten Umstände die Situation bereits fest im Griff. Die wenigen Abteilungsmitarbeiter waren zu einem Team geworden, Geologie und Mineralogie waren keine rivalisierenden Unternehmen, sondern geowissenschaftliche Partner, die in Zukunft viel zur Stärkung und Anerkennung des "Mineralogisch-Geologischen Landesdienstes"

beitragen sollten und Walter Gräf hatte auch die Weichen und Akzente für die weitere Zukunft der Abteilung gestellt.

Bei der Schausammlung suchte Walter Gräf den Weg zur didaktischen, selbsterklärenden Präsentation. Auch heute, nahezu ein Vierteljahrhundert nach Fertigstellung der neuen Schausammlung, kann dieser damals eingeschlagene Weg als geglückt und richtungsweisend für naturwissenschaftliche Museums-Präsentationen bezeichnet werden. Wesentlich dafür war die Gabe von Walter Gräf, die für die eigentliche Ausgestaltung nur spärlich vorhandenen Mittel zu konzentrieren, die Abteilungsmitglieder und einige freischaffende Mitarbeiter zu einem kreativen und motivierten Team zu formen, für das die Ziele klar vorgegeben waren und jeder das Gefühl hatte, ohne Diktat von oben seine Vorstellungen und Fähigkeiten entsprechend entfalten und verwirklichen zu können.

Eine ungeheure Aufwertung erfuhr die Geologie am Joanneum durch das Engagement von Walter Gräf für alle Sparten der Angewandten Geologie. Ausschlaggebend dafür war der Energieschock der frühen 70er Jahre. Als einer der ersten trat Walter Gräf vehement gegen die von maßgeblichen Persönlichkeiten und dem Club of Rome vertretene und heute durch die Geschichte eindrucksvoll widerlegte Meinung auf, daß die irdischen Rohstoffressourcen nur mehr für wenige Jahre reichen. Die Antwort Gräfs darauf war verstärkter Einsatz für alle Bereiche der Energie- und Rohstoff-Forschung und Dokumentation heimischer Rohstoff-Ressourcen. Als anerkannter Fachmann fand nun der Museumsmann und Geowissenschaftler Zugang zu verschiedenen Landes- und Bundesgremien, in denen er z. T. über viele Jahre bis heute richtungsweisend tätig war.

Die Walter Gräf eigene Zähigkeit, eingeschlagene Wege und Ideen konsequent weiter zu verfolgen, führte dazu, daß er, die Trends der Zeit erkennend, wesentlich zur Gründung des Institutes für "Umweltgeologie und Angewandte Geographie" an der Forschungsgesellschaft Joanneum (heute Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung am Joanneum Research) beitrug. Meines Wissens war das die erste geowissenschaftliche Institution Europas, die den Begriff "Umweltgeologie" als eine der heute wohl bedeutendsten geowissenschaftlichen Sparten in ihrem Namen führte. Walter Gräf ist damit zum Leiter eines weiteren Institutes und somit zum "Doppel-Chef" geworden.

Unter der Führung von Walter Gräf haben die geologische Abteilung am Landesmuseum Joanneum und das Institut für Umweltgeologie mit ihren vielfältigen, von Walter Gräf inspirierten Arbeiten, von der geologischen Kartierung über die Rohstoffsuche bis zu Umweltverträglichkeitsprüfungen, Expertisen über Deponiestandorte und Aufbau eines Bohrkernarchivs, ein weites Tätigkeitsfeld abgedeckt. In anderen Ländern entspricht dieser Aufgabenbereich etwa dem Umfang eines geologischen Landesamtes.

Wenn die Steiermark heute als das mit geologischen Karten bestversorgte Bundesland Österreichs gilt, so ist das sicherlich ein Verdienst von Walter Gräf, der die Idee der Naturraumpotentialkarten nicht nur verbal proklamierte, sondern für die Steiermark auch tatsächlich realisierte. Aufgrund dieser Aktivitäten wurde Walter Gräf - obwohl es diese Position in der Steiermark nicht gibt - stets als der "Landesgeologe" bezeichnet und von allen im öffentlichen Dienst tätigen Geologen ganz selbstverständlich als der "Chef" anerkannt.

Die uneingeschränkte Wertschätzung, die Walter Gräf als Museologe, Geowissenschaftler und Mensch entgegengebracht wurde, führte dazu, daß er durch viele Jahre stellvertretender Direktor des Landesmuseums Joanneum, Leiter des Mineralogisch-Geologischen Landesdienstes war und durch viele Jahre die Geschicke mehrerer anerkannter natur-/und geowissenschaftlicher Vereine als Vorsitzender bestimmte (1981 - 1984: Österreichische Geologische Gesellschaft; 1983 - 1986: Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; 1988 - 1995: Vereinigung für Angewandte Lagerstättenforschung in Leoben).

Neben den nun schon bekannten Führungsqualitäten (Motivation, Organisation und Konsolidation der Arbeitsgruppen; klare Zielvorstellungen für Projektvorhaben; konsequente Projektdurchführung) zeigt nun Walter Gräf weitere Qualitäten. An der Umweltgeologie sind teilweise bis zu fünfzehn fixe und zahlreiche weitere projektbezogene Mitarbeiter tätig. In steter Sorge um deren Existenz müssen Projekte konzipiert, akquiriert, finanziert, termingerecht und fachlich qualifiziert sowie in einwandfreier formaler Form abgeliefert werden. Nur das ist die Garantie für weitere Folgeaufträge, die immer schwerer zu bekommen sind. Das ist aber auch die Motivation für den "Chef" weiterzumachen, um vielen jungen Geowissenschaftlern und ihren Familien, die auf ihn vertrauen, eine existentielle Grundlage zu sichern.

Neben der Konzeption und fachlichen Qualitätskontrolle der Projekte heißt es aber auch immer wieder neue Mitarbeiter für spezielle Bereiche zu finden und in das bestehende Team zu integrieren. Grundsätzliches Vertrauen von Walter Gräf in die fachlichen Qualitäten und das Engagement junger Geowissenschaftler, die sprichwörtlich "Lange Leine" für alle Mitarbeiter und ein offenes Ohr für all ihre Sorgen und Nöte waren das Erfolgsrezept von Walter Gräf bei der Führung seiner Institute.

Trotz seines vielseitigen Engagements und Erfolgs ist Walter Gräf in den von ihm geleiteten Institutionen stets ein beliebter Kollege und von allen Mitarbeitern geschätzter Chef geblieben. Walter Gräf ist es gelungen, die gesellschaftspolitische Relevanz der Geowissenschaften wesentlich zu stärken und "seine" geologische Abteilung am Joanneum und das untrennbar mit ihm verbundene Institut für Umweltgeologie am Joanneum Research zu anerkannten geowissenschaftlichen Bildungs- und Forschungsinstituten zu

formen, die im aktuellen Geschehen vorausschauend und planend einen wesentlichen Beitrag für Bildung und Wohlergehen der steirischen Bevölkerung an der Wende zum dritten Jahrtausend leisten. Das alles war aber nur durch die Mitarbeiter dieser Abteilungen möglich, die von der fachlichen Kompetenz und dem Idealismus ihres Chefs ebenso wußten, wie von seiner steten freundschaftlichen und väterlichen Sorge um ihre persönlichen Anliegen.

Am Ende der aktiven Dienstzeit wünschen die zahlreichen Mitarbeiter ihrem ehemaligen Chef und Förderer Walter Gräf „ad multos annos“ und bedanken sich bei ihm mit einem kräftigen Glück-auf für alles, was er für die steirische Geologie und seine Mitarbeiter getan hatte!

Anschrift des Verfassers:



Univ.-Prof. Dr. Fritz EBNER  
Montanuniversität Leoben  
Institut für Geowissenschaften  
A-8700 Leoben.



## Walter Gräf als Wissenschaftler

Helmut W. FLÜGEL

Zur Zeit, als Walter Gräf sein Studium der Geologie und Paläontologie beendete, diente dieses in erster Linie der Vermittlung einer breiten Allgemeinbildung in den Geowissenschaften. Dieses sollte dem Studierenden später helfen, rasch die für seinen Beruf notwendigen Spezialkenntnisse zu erwerben. Noch hatte die „Barbarei des Spezialistentums“, wie es Ortega y Gasset einmal nannte, dieses Studium nicht erfaßt und der kurzzeitige Aufenthalt des jungen Studenten in Marburg an der Lahn verfolgte das gleiche Ziel. Dementsprechend bestand die Dissertation aus einem geologischen und einem paläontologischen Teil, die thematisch nichts miteinander zu tun hatten. Trotzdem konnte er - kaum die gesetzliche Mindeststudienzeit überschreitend - 1957 nach Ablegung seines Rigorosums in Geologie und Paläontologie sowie Mineralogie und Petrographie zum Doktor der Philosophie promovieren. Ich möchte, wenn ich an das berufliche Wirken von Gräf denke meinen, daß diese Art der Ausbildung für ihn in seinem späteren Leben von Vorteil war.

Dieses Wirken begann er 1958 als „Wissenschaftliche Hilfskraft“ - diese Funktion gibt es heute nicht mehr - und etwas später als Assistent am Institut an dem er studiert hatte. Auch in dieser Zeit waren es - neben seinen Dienstpflichten - gleichermaßen beide Grundthemen, denen er sich nun als selbständig gewordener Forscher widmete, wobei oft eine Fragestellung aus der anderen entstand. Dieser Wechsel von der Geologie zur Paläontologie und umgekehrt, der sich in den Publikationen dieser Jahre widerspiegelt, zeigt, daß Gräf noch der einstigen „Grazer Schule“ angehört, für die die Milliarden Jahre währende Geschichte unserer Erde eine Ganzheit und kein „Fleckerlteppich“ war.

Zu den Kartierungen im Grazer Paläozoikum kamen nunmehr Feldarbeiten in den Karnischen Alpen, aus denen sich durch Fossilfunde die Ansätze zur Lösung des Problems der „Hochwipfelschichten“ und letztendlich zur Erkennung einer devonen Tiefwasserfazies in den Karnischen Alpen entwickelten. Aber ehe es soweit war, wurde er von den permischen Fossilien, die sein einstiger Lehrer und nunmehriger „Chef“ aus Persien mitgebracht hatte, eingeholt. So kehrte Gräf wieder zu den Korallen zurück und es ergab sich wie von selbst, daß er wenig später auch die Bearbeitung von Material, welches seine Marburger Kollegen auf Chios und anderen griechischen Inseln gesammelt hatten, als eine verspätete Frucht der Achse Graz-Marburg

seiner Studentenzeit übernahm. Ich bedauere es noch heute, daß die Ergebnisse seiner Bestimmungen sich nur in Faunenlisten manifestierten und nicht zu einer paläontologischen Darstellung führten. Daß er sich nebenher mit sedimentologischen Fragen und Quarzachsenregelungen herumschlug, sei nur am Rande erwähnt. Und damit die Paläontologie nicht zu einseitig koralligen österreichisch - slowenisch - chiotisch - persisch blieb, übernahm er - zum "Drüberstreun" - auch das Heft „Graptolithina“ für die Österreichische Akademie der Wissenschaften. In diese Zeit fallen auch - unterstützt vom Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung und dem „Geological Survey of Iran“ - unsere gemeinsamen Wochen in Iran, die freilich bei ihm durch Krankheit getrübt waren, sodaß der Plan gemeinsamer Aufsammlungen nur teilweise zum Tragen kam.

Irgendeinmal denkt man als junger Wissenschaftler an einer Universität an die Habilitation - denn sie ist es, die "höhere Weihen" bringt und das Tor öffnet zu dem damals noch erstrebenswerten „Ordinariat“. So begann Gräf - es muß um 1963/64 gewesen sein - mit der Neubearbeitung der „Kainacher Gosau“, die noch ein großer gelber Fleck auf der geologischen Landkarte war, der durchzogen wurde von einem Eisenbahnnetz von Störungen. Ich möchte aus den Arbeiten die in diesen Jahren aus dieser Tätigkeit entstanden nur zwei überregional wichtige Erkenntnisse herausgreifen: Zum einen ist es die Entdeckung alt- und jungpaläozoischer Gerölle, teilweise mit typisch südalpiner Fazies und Fauna vor allem in den Basisanteilen der Gosau, deren Herkunft uns auch heute noch so zu schaffen macht, daß ihre Existenz bei großtektonischen Hypothesen meist ausgeklammert wird. Zum anderen ist da die Entdeckung des flyschoiden Charakters der - wie es Gräf nannte - mächtigen „Hauptbeckenfolge“ dieser Gosau, die ihren Sondercharakter zeigt. Auch diese Beobachtungen wurden bis heute viel zu wenig beachtet. Die Kartierungen selbst fanden ihren Niederschlag in der „Geologischen Karte Köflach“ von Becker und - hoffentlich bald - in „Blatt Voitsberg“ Ebner - seines einstigen Kollegen am Museum.

Aber da der Spatz in der Hand besser ist als ein Ordinarius auf dem Dach, verließ Gräf, als sich ihm die Möglichkeit bot, 1971 die Universität, um am Landesmuseum Joanneum eine Stelle anzutreten. Er konnte freilich nicht ahnen, daß er schon einige Monate später Vorstand der „Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau“ (heute „Referat Geologie und Paläontologie“) werden sollte. Mit seinem Weggang an das Joanneum setzte er eine seit dem Bestehen dieser Abteilung vorhandene und für beide Institutionen glückliche Tradition fort: Hilber, Teppner, Murban - alle kamen sie von der Universität, alle waren sie, teilweise sogar in Personalunion, mit der Universität verbunden. Und diese Verbindung blieb bis zum heutigen Tag. An dieser Stelle sollte man sich daran erinnern, daß am Joanneum in Graz bereits 1846 - Jahrzehnte vor der Universität - eine Lehrkanzel für Geognosie existierte. 1975 habilitiert sich Gräf entsprechend seiner Interessen



und Arbeiten natürlich für Geologie und Paläontologie im gesamten Umfang beider Fächer. Er gehört damit zu der schon sehr selten gewordenen „Geoscientific“-Spezies, die die „Venia“ für beide Fächer auf Grund ihrer wissenschaftlichen Leistungen besitzen. Daß er einige Jahre später, 1984, den Titel eines ao.Universitätsprofessors erhielt, sei im Hinblick auf die heutige Gesetzeslage nur am Rande erwähnt. Aber noch ehe er die Venia bekam, hielt er als Lehrbeauftragter für beide Fächer verschiedene Lehrveranstaltungen und zahlreiche Dissertanten und Diplomanten sind seither durch seine Hand gegangen.

Mit der Anstellung am Joanneum eröffnete sich für Gräf ein völlig neues Betätigungsfeld: Die Erfüllung des Bildungsauftrages eines Museums, d.h. die Darstellung unseres Wissens und unseres Forschens für den sich dafür interessierenden „Laien“. Es ist dies eine Bringschuld an den Steuerzahler, was an den Universitäten leider oft vergessen, vielleicht sogar negativ gesehen wird. Gräf hat sich bemüht diese Schuld in zahlreichen Arbeiten und Vorträgen aber auch in einer Neugestaltung des Museums abzubauen. So entstanden eine Vielzahl von kleineren und größeren Publikationen, die von der Regionalen Geologie der Steiermark bis zur exogenen Dynamik, von erdgeschichtlichen bis zu lagerstättenkundlichen Themen, von Fragen der Museumsgestaltung bis zur Rohstoffforschung reichen. Aus Erfahrung weiß ich, daß derartige Arbeiten oft schwieriger zu schreiben sind, als eine wissenschaftliche Darstellung in einer Sprache, die nur von einigen Auserwählten gelesen werden kann, muß sich doch der Autor bei „populärwissenschaftlichen“ Arbeiten auf den Normalverbraucher einstellen, um ihn für das Fach zu gewinnen. Gerade dies ist in der Geologie, die meist in irgendeiner Form geländebezogen arbeitet, trotz Asteroideinschläge und Plattendrift im Gegensatz zu anderen Naturwissenschaften, die „sammlungsorientiert“ sind, wie Mineralogie, Botanik oder Zoologie, nicht immer leicht. Dazu kommt das Wissen, daß reviewer-gläubige Fachkollegen über derartige Arbeiten vielfach die Nase rümpfen, freilich meist, und hier besonders, zu Unrecht.

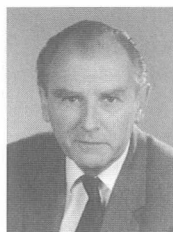
In die 70er Jahre fallen die Entdeckung der „Umwelt“ und der „Begrenzten Ressourcen“, fallen der Energieschock und die Arbeiten von Rachel Carson und Donella Meadows, die unsere Einstellung zur Zukunft unseres blauen Planeten veränderten. Ihre Folgen für die Geologie waren, daß eine in die Vergangenheit der Erde und des Lebens blickende Wissenschaft eine gesellschaftsrelevante und zukunftsorientierte Zielsetzung erhielt. Diese Entwicklung brachte auch für Gräf 1979 durch seine Bestellung zum Leiter des Institutes für Umweltgeologie und Angewandte Geographie (heute: Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung) neue Aufgaben. Aus dem Wissenschaftler und Museumsmann wurde der Wissenschaftsmanager mit all den Belastungen, die diese Mehrfachfunktion mit sich brachte. Auch hier sei nur eine Aufgabe die Gräf nun in Angriff nahm, die Herausgabe von Rohstoffpotentialkarten, genannt. Die Idee, derartige Karten als Grundlage für

Wirtschaft und Politik zu gestalten, ist nicht neu, wohl jedoch die Art, in der er nun dieses steirische Pilotprojekt in Angriff nahm. Allein wenn man bedenkt, daß die unpublizierten Berichte, die im Rahmen dieser Kartenwerke z. T. zusammen mit Mitarbeitern entstanden, einen Umfang von fast 1.500 Seiten haben, kann man ermessen, welche Arbeitsleistung in diesen Blättern steckt. Freilich, wenn man weiß, daß für politische Entscheidungen, die dann gefällt werden, oft ganz andere Gesichtspunkte maßgebend sind als die, die von Seiten der „angewandten“ Wissenschaft erarbeitet wurden, fragt man sich, ob sich die Mühe, die zum Herzinfarkt führt, auch lohnt.

Natürlich konnte es nicht ausbleiben, daß Gräf in diesen letzten Jahrzehnten auf die eigene Grundlagenforschung verzichten mußte. Man darf bei einer Beurteilung nicht übersehen, daß er neben all diesen Tätigkeiten in viele Ehren- und andere Ämter eingespannt war, denen man sich ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht entziehen kann, wie dem Vorsitz der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in den Jahren 1981 bis 1984, deren Beiratsmitglied er lange Zeit zuvor war, oder dem Vorsitz des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark zwischen 1983 und 1986, oder seine Tätigkeit im Geologischen Dienst.

Aber diese Darstellung der wissenschaftlichen Tätigkeit von Walter Gräf bliebe unvollkommen, würde ich mich nicht dankbar an seine Hilfe bei der Organisation und Durchführung zahlreicher wissenschaftlicher Tagungen erinnern, angefangen von der Wandertagung der „Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Wien“, über die Jahrestagung der „Paläontologischen Gesellschaft“ in Graz, der „Österreichischen Geologischen Gesellschaft“ - deren späterer Vorsitzender er wurde - bis hin zur Tagung der „Österreichischen Paläontologischen Gesellschaft“.

Anschrift des Verfassers:



Em. Univ.-Prof. Dr. Helmut W. FLÜGEL  
Leonhardgürtel 30/I, A-8010 Graz.

## Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf als Landesgeologe

Oskar HOMANN

Zunächst möchte ich als Präambel zu meiner Laudatio, als Anlaß zum 65. Geburtstag, feststellen, daß es ein überaus großer Gewinn und eine Bereicherung für den Geologisch-Mineralogischen Landesdienst war, als sich Walter Gräf von der Karl-Franzens-Universität Graz abwerben ließ und dem Ruf in den Landesdienst ans "Museum für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum Joanneum" zu kommen, gefolgt ist.

Seine ruhige und anpassungsfähige Art hat es ihm leicht gemacht, rasch mit uns "landesbediensteten" Geologen und Mineralogen (Landesgeologen) eine freundschaftliche Beziehung aufzubauen und vor allem innerhalb dieser geowissenschaftlichen Gemeinschaft des Landes einen ruhenden Pol zwischen den älteren Kollegen einzunehmen.

Erst sechs Jahre liegt es zurück, daß der Mineralogisch-Geologische Landesdienst aufgrund eines Antrages mit dem Wortlaut "zum Zwecke der Koordinierung mineralogisch-geologischer Aufgaben haben sich die auf diesem Gebiet tätigen Landesbediensteten im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft gegenseitig über die einschlägigen Landesaufgaben zu informieren. Diese Zusammenarbeit ist in einer monatlich einmal stattfindenden Besprechung durchzuführen" am 23.3.1965 seitens der Steiermärkischen Landesregierung beschlossen wurde, als im März 1971 W. Gräf in den Landesdienst, als Mitarbeiter von Dr. K. Murban eintrat.

Dr. Murban konnte diese Mitarbeit nicht mehr beanspruchen und selbst seinen Mitarbeiter nicht mehr in seine Aufgaben einführen, da er bereits am 7.4.1971, durch längere Jahre kränkelnd, starb.

Die Arbeit am Museum hat vor allem in den Anfangsjahren viel Arbeitseinsatz gefordert, sodaß der Mineralogisch-Geologische Landesdienst für ihn in erster Linie ein fachlicher Ausgleich zu seinen musealen Tätigkeiten war.

Als Geologe im Landesdienst, kurz Landesgeologe, hat W. Gräf nicht nur die ihm zugeordneten musealen Tätigkeiten wahrzunehmen gehabt, sondern hat, so wie jeder im Landesdienst stehende Geologe, vor allem die ihm eigen entwickelten Fachkenntnisse in den Dienst des Landes zu stellen. Es

war natürlich naheliegend, daß die im wesentlichen wissenschaftlichen Bereiche bei den Kollegen des Joanneums betreut wurden und geotechnische Belange bei den Landesgeologen der Landesbaudirektion abgewickelt und behandelt wurden.

Grundsatz des GMLD war jedoch, und das lag im Sinne des Landesregierungsbeschlusses, Kontakte untereinander Aufrecht zu halten und zu pflegen, wobei es galt, Wissenschaft und Technik miteinander zu koordinieren und nach außen hin zu diversen Landes-, Bezirks- und Gemeindeverwaltungen sowie zu deren behördlichen Tätigkeiten Hilfestellung zu geben.

Die primäre Grundlage zum GMLD war nicht zuletzt die mit Sitzung der Stmk. Landesregierungen am 14.3.1957 (LAD-Präs.J 8/7-1959) gemäß § 4 des Lagerstättengesetzes vom 20.10.1947 von der Geologischen Bundesanstalt (GBA) an das Land Steiermark bzw. dem GMLD übertragene Errichtung eines steirischen Bohrarchivs.

Die Zentralstelle des GMLD war immer ans Joanneum gebunden. Da der Beginn des GMLD in das Jahr 1965 zurückreicht und Dipl.-Ing. Dr. E. Krajčec als rangältester Landesbediensteter den wesentlichsten Beitrag zur Gründung des GMLD leistete, und als Initiator gilt, wurde die Geschäftsleitung dort angesiedelt und auch nach dessen Ausscheiden aus dem aktiven Landesdienst im Jahre 1974 bei der Mineralogie in den bewährten Händen von Dr. A. Alker belassen.

Der Drang war naturgemäß sehr groß, die Belange des GMLD an die Geologie zu übertragen und so war es naheliegend und reibungslos gelungen, mit dem Pensionsabgang von Dr. Alker im Jahre 1981 die unbürokratische Geschäftsleitung des GMLD an Prof. Gräf zu übertragen und somit der Geologie zu übergeben. Es war damit dann auch die Umbenennung vom Mineralogisch-Geologischen in den Geologisch-Mineralogischen Landesdienst - vielleicht historisch damit begründet, daß die Abteilung für Mineralogie mit der Joanneumsgründung im Jahre 1811 ins Leben gerufen wurde und erst danach im Jahre 1892 die Geologische Abteilung daraus entstand - verbunden. Eine historische Entwicklung, die immerhin eine große Bedeutung für die Schaffung des Geologisch-Mineralogischen Landesdienstes hat und in diesem Zusammenhang nicht übersehen werden darf, da zur Gründung des Joanneums im Jahre 1811 durch Erzherzog Johann die beiden Begriffe "Geologie" und "Technik" (heute müßte es besser heißen "Geowissenschaft" und "Technik") bereits verankert waren.

In seiner 27jährigen Tätigkeit als Landesgeologe hat sich Walter Gräf insbesondere durch seine seit dem Jahre 1981, also 17 Jahre hindurch, wahrzunehmende Koordinierung des GMLD hohes Ansehen im Lande und bei seinen Kollegen erworben. In vielfacher Hinsicht war Walter Gräf nicht

nur im Land tätig, sondern auch kompetenter Repräsentant über die Landesgrenzen hinaus.

Unmittelbar mit dem Landesdienst verbunden und über seine wissenschaftlichen Tätigkeiten hinaus, müssen seine Tätigkeiten

- \* als Mitglied des Bund-Bundesländer-Koordinationskomitees für Rohstoff- und Energieforschung seit 1977
- \* als Mitglied des Fachbeirats der GBA Wien 1978 bis 1984
- \* als Vorsitzender der Länder im Arbeitskreis "Naturraumpotentialkarten" in der österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) sowie
- \* die Mitgliedschaft der Höhlenkommission der Stmk. Landesregierung bzw. Mitarbeit im Landesnaturschutzbeirat und im Höhlenschutz

dankenswert hervorgehoben werden.

- \* Unter den oben angeführten Aspekten ist es nur natürlich, daß er auch von 1990 bis 1993 (2 Funktionsperioden) Vorsitzender der Vereinigung für Angewandte Lagerstättenforschung in Leoben (VALL) war und dort die langen Jahre hindurch, seit Bestehen dieser Vereinigung vom Jahre 1974 an, sehr große Aktivitäten entwickelte und viele Projekte durch seine fachkompetente Mitarbeit im Sinne und in Vertretung des Landes förderte.
- \* So ist es nicht von ungefähr, daß mit der virulenten Standortfrage seit dem Jahre 1986 bzgl. Endlager für radioaktive Abfälle, womit aufgrund der Landeshauptmännerkonferenz im Jahre 1989 auch die Steiermark sich mit 3 Regionen zu befassen hatte, der geologische Landesdienst ein gewichtiges Wort, und natürlich federführend W. Gräf, mitzureden hatte. Er hat durch sein fachkompetentes Eingreifen auf geologisch nicht geeignete Grundvoraussetzungen für diese zur Auswahl gestandenen, potentiellen Deponiestandorte hinweisen können, um damit eine Endlagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen in der Steiermark abwenden zu können.
- \* An der Österreichischen Akademie der Wissenschaften ist er seit 1990 Ländervertreter im "Österreichischen Nationalkomitee für die Internationale Dekade zur Reduktion von Naturkatastrophen" und
- \* seit 1993 Steirischer Vertreter im "Österreichischen Nationalkomitee für Geologie" bzw. offizieller Vertreter des Landes in geowissenschaftlichen Fragen in nationalen und internationalen Gremien.

Die landesgeologischen Einflüsse haben ganz besonders ihren Niederschlag in der Dokumentation von geologischen Ereignissen und Daten gefunden, wobei es gilt, Gegenwärtiges in die vielen hundert Millionen Jahren Erdgeschichte des Landes einzugliedern.

Was ist naheliegender, als alle natürlichen oder künstlich entstandenen Erdkrustennarben aufzunehmen, um sie in Mosaiksteinen zu einem geologischen Aufbau der Steiermark zu formen und der Nachwelt zu überliefern.

Es war daher schon sehr früh, und zwar zu Beginn des 2. Weltkrieges (1938/39), eine Steinbruchkartei am Joanneum zwecks Rohstoffsuche auf dem Sektor "Steine und Erden" geschaffen worden und darüberhinaus übernahm weiters das bereits erwähnte Steirische Bohrarchiv einen Großteil der geologischen Dokumentation im Lande. Anfang der siebziger Jahre wurde ergänzend dazu mit einer Aufzeichnung von natürlich ausgelösten Rutschungen im Rahmen einer "Bodenbewegungskartei" begonnen und gleichzeitig wurde aus der Zettelkartei, wie die Steinbrüche zunächst dokumentiert wurden, eine Lochkartenkartei geschaffen, in die sodann auch die geowissenschaftliche Literatur mit aufgenommen wurde. Nicht vergessen darf in diesem Zusammenhang das umfangreiche Lagerstättenarchiv werden, welches als Geschenk von em. Univ.-Prof. Dr. Ing. O. M. Friedrich in den siebziger Jahren ans Joanneum gelangte und nun die Grundlage für die nun bereits vorliegende Lagerstättendatenbank darstellt.

Es ist dem unermüdlichen Einsatz von Walter Gräf zuzuschreiben, daß es gelungen ist, für das Bohrarchiv, welches gerade durch den Autobahnbau in der Steiermark eine gewaltige Ansammlung von Bohrproben und -kernen nach sich zog und alle zunächst ins Auge gefaßten Deponien (Keller Joanneum/Raubergasse, Keller Schloß Eggenberg, Heustadl in Judendorf-Straßengel, Garage in St. Ruprecht a. d. Raab u.ä.m.) aus allen Nähten platzten, ein zentrales Bohrarchiv in einer Halle in Ebersdorf bei St. Radegund zu adaptieren und dieses konnte nach fast 5 Jahren intensivster Betreuung am 15.10.1992 von Walter Gräf in seiner neuen Konzeption einer interessierten Fachwelt vorgestellt werden.

Aber nicht nur das Lagern von Bohrproben allein, sondern auch das Beschreiben und die Dokumentation derselben gibt erst den Sinn eines gut funktionierenden Bohrarchivs und so war es höchst an der Zeit, aus der ehemaligen Lochkartenkartei eine zeitgemäße Dokumentation mittels EDV auf die Beine zu stellen. "Der Einsatz der EDV muß im Interesse einer leichteren Überschaubarkeit und unmittelbaren Benutzbarkeit erfolgen und dies gilt gleichermaßen für umfangreiche Spezialbibliothek und ganz besonders für die Fülle von Geodaten aus der landeskundlichen Bestandsaufnahme und aus den Tätigkeiten im Rahmen des Geologisch-Mineralogischen Landesdienstes sowie der kooperativen Rohstoffforschung."

Es ist nicht zuletzt das Verdienst von W. Gräf, dem EDV-Zeitalter Rechnung zu tragen und so wurde von ihm ein EDV-unterstützter Arbeitsplatz geschaffen, der alle geowissenschaftlich relevanten Daten in einer Geodatenbank zu

erfassen hat und welche als Teildatenbank des Geologisch-Mineralogischen Landesdienstes am Landesmuseum Joanneum im **Geo-Informations-System** (GIS-STMK) bzw. im **Landes-Umwelt-Informations-System** (LUI) eingebunden ist. All diese Dinge leben nur über gegenseitige Informationen, wozu eine Koordinierung aller im Lande bediensteter Geowissenschaftler erforderlich ist. Wenn auch der GMLD **nur** eine lockere Arbeitsgemeinschaft von Geologen und Mineralogen, die in diversen Bereichen der Landesverwaltung tätig sind, darstellt und der Zukunftsgedanke und die oftmalige Überlegung für ein sogenanntes geologisches Landesamt, wie in Deutschland in vielen oder allen Ländern üblich und praktiziert, nicht realisierbar sein wird, kommt gerade der Schlüsselposition "Joanneum" und damit dem jeweiligen Leiter der Geologischen Abteilung (bzw. nunmehr seit kurzem Referat) eine hohe Bedeutung zu, die von W. Gräf in vorbildlicher Weise wahrgenommen wurde und auch von allen GMLD-Beteiligten zu nutzen ist, um den wichtigen Informationsaustausch zu pflegen und durch gemeinsame Veranstaltungen (Exkursionen u.dergl.m.) zu unterstützen.

Über die landesgeologischen Interessen hinaus war es sehr erfreulich festzustellen, daß es nunmehr zu einer verstärkten Koordinierung aller Landesgeologen der Bundesländer Österreichs gekommen ist und seit dem Jahr 1997 ein alljährlicher Landesgeologentag zu einer Tradition werdenden Einrichtung zu werden scheint. Eine maßgebliche Triebkraft dazu ging auch vom GMLD Steiermark aus und so konnte W. Gräf heuer am 18. März 1998 gemeinsam mit dem Herrn Landesbaudirektor Dipl.-Ing. Hasewend, zum Ausklang seiner aktiven Dienstzeit, die Landesgeologen-Kollegen aus den übrigen Bundesländern begrüßen und sie zu einem sehr ersprießlichen Gedankenaustausch und zu aktuellen Fachdiskussionen anregen, wobei die Hauptthematik "der Bau der Koralmbahn" der HLAG, als aktuellster Anlaßfall, neben vielen gemeinsamen geologischen Problemfällen, bei den Kollegen der übrigen Bundesländern auf regstes Interesse gestoßen ist.

Für die äußerst positive Entwicklung innerhalb des GMLD mit den besten Wünschen für die Zukunft, und damit auch für Gräf's Nachfolger, möchte ich Walter Gräf im Namen aller GMLD-Kollegen für sein aufopferungsvolles Wirken wie für seinen Einsatz im Dienste des GMLD sehr herzlich danken.

Amicissimus Walter ad multos annos vivet!

Anschrift des Verfassers:



W. Hofrat Dr. Oskar HOMANN  
Rohrbachhöhe 76, A-8010 Graz





## Erinnerungen eines ehemaligen Studenten

Manfred NAHOLD

Wir saßen in einer kleinen Runde um jenen Tisch aus schwarzem Orthocerenkalk im Arbeitszimmer von Herrn Professor Gräf. Rund zehn Jahre waren seit dem Ende meines Geologiestudiums an der Grazer Universität vergangen. Beim Anblick der Tischplatte wurden einige Erinnerungen aus der Studienzeit wieder wach:

Professor Gräf beeindruckte mit seiner ruhigen, bestimmten und immer freundlichen Wesensart als Lehrer mit väterlichem Verständnis. Uns als jungen Anfängern ist Herr Professor Gräf wegen seiner kollegialen Ansprache in sehr angenehmer Erinnerung.

In seinen hydrogeologischen Lehrveranstaltungen verstand er es besonders, den Vorlesungsinhalt mit dem Verständnis für die gesamten erdwissenschaftlichen Grundlagen zu verbinden und als einen Teilaspekt der Geologie vorzustellen. Dies war beispielsweise während der für uns schwierigen Übergangszeit von der „alten“ Rigorosenstudienordnung zur „neuen“ Diplomstudienordnung von 1982 bis 1985 von Bedeutung. Damals machte man sich Gedanken über Vor- und Nachteile einer Aufgliederung der Ausbildung in einzelne Studienrichtungen und Professor Gräf vertrat das Beibehalten einer möglichst breiten erdwissenschaftlichen Ausbildung.

Auch die Prüfungen bei Professor Gräf bleiben in angenehmer Erinnerung; es waren jene Prüfungsgespräche am bewußten Orthocerentisch, in denen er das Gelernte auslotete, ohne dabei in den Wunden des Nichtgewußten zu wühlen.

Es war jedoch nicht nur Fachliches und Menschliches, das Professor Gräf als Lehrer auszeichnete. Er verstand es, uns bei vielen Gelegenheiten zum Praxisbezug hinzuführen. So wurde bei Exkursionen auf die Vielfalt möglicher Einsatzbereiche für Geowissenschaftler eingegangen. Auch fach einschlägige Arbeiten vermittelte oder bot Professor Gräf Interessierten immer wieder an und legte damit so manchen Grundstein für den späteren beruflichen Werdegang.

Der freundlich-kollegiale Umgang, mit dem Professor Gräf seinen Schülern hydrogeologisches Grundlagenwissen vermittelte, ist mir und sicher vielen

meiner Kommilitonen als positive Motivation in Erinnerung. Es ist eine Ehre, an dieser Stelle in vieler Namen Dank auszusprechen für alles was Herr Professor Gräf uns beigebracht hat und dafür, wie er es getan hat.

Anschrift des Verfassers:



Dr. Manfred Nahold  
Eschenweg 1, A-4210 Gallneukirchen.

# Walter Gräf - Leiter des Institutes für Umweltgeologie und Ökosystemforschung der Joanneum Research

Thomas UNTERSWEIG

Die Geschichte des Institutes für Umweltgeologie und Ökosystemforschung ist eng mit der Person Walter Gräf verknüpft. Als im Jahre 1979 die ersten Naturraumpotentialbearbeitungen in der Steiermark begannen, konstituierte sich eine Arbeitsgruppe innerhalb des Vereines „Forschungszentrum Graz“, die, zunächst von Prof. Haditsch von der Montanuniversität Leoben ins Leben gerufen, sehr bald von Gräf übernommen wurde.

Bereits 1980 kam es zur Gründung der „Abteilung für Umweltgeologie“ in der damals ganz neuen Konstruktion einer „Forschungsgesellschaft Joanneum“ innerhalb des Forschungszentrums Graz.

Nach den vielbeachteten Naturraumpotentialbearbeitungen einiger steirischer Bezirke wurde die Abteilung - damals aus drei Mitarbeitern bestehend - umbenannt in „Institut für Umweltgeologie“ bzw. nach der thematischen und personellen Ausweitung in den Bereich der Gelände- und Stadtklimatologie in „Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie“.

In diese Zeit fallen die bezirksweisen multidisziplinären Arbeiten, repräsentiert durch den Atlas Radkersburg, deren Ziel es war, möglichst umfassend und vollständig alle naturraumrelevanten Themen flächendeckend zu erfassen, einheitlich zu bearbeiten und in Form und Maßstab an regionale Planungen angepaßt darzustellen.

Ein Schwerpunkt der Institutsaktivitäten lag, von Gräf maßgeblich gesteuert, in der Erkundung und Dokumentation von Rohstoffen.

Die im Jahr 1987 vorgenommene Umstrukturierung des „Forschungszentrums Graz“ in die „Joanneum Research Forschungsgesellschaft.m.b.H.“ stellt einen Meilenstein in der Institutsgeschichte dar. In dieses und in die folgenden Jahre fiel auch eine inhaltliche Schwerpunktverlagerung, wobei neben der Weiterführung der Naturraumpotential- und Rohstoffsicherungsaktivitäten die

Erkundung, Untersuchung und Beurteilung von Standorten für Abfalldeponien großen Raum einnahm.

Nach der Eingliederung der aus dem Institut für Umweltforschung hervorgegangenen „Arbeitsgruppe für Ökosystemforschung und Umweltmanagement“ im Jahre 1991 kam es zu einer wesentlichen inhaltlichen Ausweitung des Forschungsspektrums im Institut. Einmal ergab sich diese allein dadurch, daß zum geologisch - geographischen Zweig nun auch ein biologisch - ökologischer hinzukam, zum anderen aber auch aus einer mit den Jahren intensiver werdenden Zusammenarbeit der beiden Arbeitsgruppen. Walter Gräf hat diese Entwicklung durch seine offene Haltung wesentlich mitgestaltet.

In der nunmehr „Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung“ genannten Forschungseinheit, eingebettet in den Fachbereich 1 - Umwelt und Energie - der Joanneum Research werden neben fachspezifischen Projekten immer stärker fachübergreifende Forschungsvorhaben bearbeitet. Bei allen naturraum- und planungsrelevanten Fragestellungen ist die Möglichkeit der interdisziplinären Verknüpfung und Zusammenschau unterschiedlicher Parameter absolute Notwendigkeit oder zumindest von großem Vorteil.

Interdisziplinäre Aspekte nehmen daher heute in unserem Institut breiten Raum ein, sei es in den Schwerpunktbereichen Georisiko, bei Umweltverträglichkeitsstudien oder etwa in der Kulturlandschaftsforschung. Als günstig erweisen sich dabei über die im Institut selbst vorhandene Fachkompetenz hinausgehende enge Kooperationen mit Schwesterinstituten in der Joanneum Research und nach außen mit Universitäten, Bundes- und Landesdienststellen oder Zivilingenieuren. Im Institut selbst sind derzeit zwölf wissenschaftliche und drei nichtwissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt.

Sowohl diese heute verwirklichte thematische Vielfalt als auch die Möglichkeit der intensiven Vernetzung und synoptisch-synthetischen Sichtweise sind mit der Person Walter Gräf eng verbunden. Unermüdlich ist er in der Projektakquisition tätig und kann auf Grund seiner wissenschaftlichen und menschlichen Aufgeschlossenheit in vielen Kooperationen in großer Bandbreite tätig sein.

In so manchen allzu akademisch geführten Debatten und Diskussionen liefert er oft wohlthuende Beiträge, die wieder auf den Boden der Realität zurückführen. Walter Gräf hat stets ein sicheres Gespür für das, was sinnvoll, machbar, gesellschaftlich vertretbar und nützlich ist.

Der Bogen spannt sich weit von seinen Tätigkeiten an den Universitäten Graz und Leoben über seinen Hauptberuf im Landesmuseum Joanneum

bzw. als Landesgeologe bis zu seiner nunmehr fast 20jährigen Funktion als Institutsleiter bei Joanneum Research. Als sehr fleißiger Mensch ist er in vielen Ebenen tätig und interessiert, nicht nur innerhalb der eigenen Wissenschaft, sondern als einer, der es versteht, komplexe Inhalte kompetent, allgemeinverständlich und mit sichtlicher Begeisterung auch nach außen zu tragen. Viele Pressekonferenzen, Rundfunksendungen und populäre Schriften sind Zeugnis dafür.

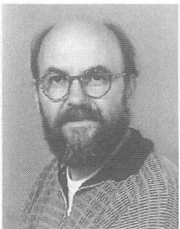
Ein weiter Bogen spannt sich auch von den 70er Jahren, als ein Kopiergerät noch selten war, bis ins Zeitalter der vernetzten EDV-Kommunikation. Anfangs eher vorsichtig und etwas skeptisch der neuen Datenverarbeitungstechnik gegenüberstehend, zeigt sich Walter Gräf zunehmend begeistert und überzeugt von den rasch wachsenden Möglichkeiten, die die moderne Computergeneration bereithält.

Vielleicht ist es ein Rest der ursprünglichen Skepsis, daß er bis heute keinen eigenen PC benutzt, vielleicht spielt auch seine Bescheidenheit dabei eine Rolle, die ihn, an sich selbst immer zuletzt denkend, auszeichnet. Aufwendige Büroeinrichtungen sind ihm ebenso wesensfremd wie kostenintensive Repräsentationsveranstaltungen.

Als Institutsleiter und Chef ist Walter Gräf darüber hinaus ein überaus sozial denkender Mensch, immer besorgt um das Wohl der ihm anvertrauten Mitarbeiter. Niemals ist von ihm ein unbedachtes oder gar grobes Wort zu hören. In allen Diskussionen und Auseinandersetzungen, die im täglichen Institutsbetrieb nicht ausbleiben, ist er immer ein umsichtiger Vermittler, dessen Gesprächskultur eine amikale Problem- oder Konfliktlösung ermöglichen hilft.

Lieber Walter, im Namen aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Institutes für Umweltgeologie und Ökosystemforschung wünsche ich Dir alles Gute und viel Glück zu Deinem Geburtstag. Mir selbst wünsche ich, daß Du uns noch viele Jahre lang als Chef, als Berater, als Mensch und als Freund zur Verfügung stehen mögest.

Anschrift des Verfassers:



Dr. Thomas UNTERSWEG  
Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung  
Joanneum Research  
Elisabethstraße 16, A-8010 Graz.



## Auch im Museum

Friedrich Waidacher

Ins Museum kam er wie die meisten seiner Generation: zufällig. Das heißt also wohl: durch Fügung. Der übliche Weg zum wissenschaftlichen Dienst an Museen hierzulande - Studium, Praktikum, Bewerbung, Aufnahme in den Museumsdienst - war Walter Gräf nicht gebahnt. Er sprang vielmehr in eine Verantwortung, für die er keine spezifische Ausbildung mitbrachte, ja gar nicht mitbringen konnte, weil es sie nämlich nicht gab - und beschämenderweise in Österreich bis heute nicht gibt: die formale Ausbildung für den Museumsberuf.

Noch dazu hatten die Umstände, unter denen er an das Museum kam, ihm nicht einmal Zeit gelassen, sich für diesen besonderen Beruf, für diese besondere Aufgabe in einem anderen Lande oder im Selbststudium vorzubereiten. Der langjährige Leiter der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Steiermärkischen Landesmuseum Joanneum, Karl Murban, war nämlich völlig überraschend in den Sielen gestorben. Mit seiner Nachfolge wurde, nach einem beträchtlichen Hiatus, Walter Gräf betraut, ein längst arrivierter Geologe und Paläontologe, dem freilich die Welt des Museums nicht mehr und nicht weniger vertraut war als jedem anderen gebildeten und interessierten Menschen.

Aus einer solchen Ausgangslage eine Museumskarriere höchster Qualität aufzubauen, zeugt allein schon von außerordentlichen Fähigkeiten. Darüber hinaus wird wohl vieles zusammengespült, sich gefunden haben in dieser Persönlichkeit, von der jeder Mensch, dem das Erlebnis einer Begegnung zuteil wurde, jeweils nur eine kleine Facette erfassen kann.

Ich habe Walter Gräf vorwiegend als Museumskollegen erleben dürfen, als Naturwissenschaftler, als wachen Zeitgenossen, ein wenig auch als Familienvater und Universitätslehrer, und ich darf ihn bis heute dankbar zu jenen ganz wenigen treuen Freunden zählen, die mir aus dreißig Jahren am Museum verblieben sind.

Einen großen Teil dieses Zeitraumes waren er und ich miteinander. Das schärfte die Wahrnehmung. Das ließ mich auch viele seiner Qualitäten in ihrer wahren Bedeutung erkennen. Ich meine damit nicht erworbene Fähigkeiten und Fertigkeiten, sondern jene tief ins Wesen eingeschriebenen

Eigenschaften, die zwar manchmal in Anforderungsprofilen genannt werden, gegenüber anderen, operational orientierten Werten jedoch meist in den Schatten treten.

Ich erlaube mir, nach Jahrzehnten des Umganges mit Menschen, zu behaupten, daß sie es sind, auf die es wirklich ankommt: Anstand, Treue, Verlässlichkeit, Ehrlichkeit sind einige davon. Daß ein Mensch, der eine bestimmte Funktion übernimmt, auch die fachlichen Voraussetzungen dafür mitbringt, bedarf wohl keiner besonderen Hervorhebung. Es zeigt sich jedoch häufig, daß viele zwar gut zu funktionieren imstande sind, weil sie ihre Lektionen fleißig gelernt haben. Ihre charakterliche Insuffizienz hindert sie jedoch daran, schließlich ihre gesellschaftlichen und persönlichen Aufgaben so zu erfüllen, daß sie auch jedem Mitmenschen offen in die Augen blicken können. Walter Gräf kann das, und er ist daher auch imstande, sich selbst jeden Morgen gelassen im Spiegel zu betrachten.

Seinen Rang als Wissenschaftler darzustellen haben andere übernommen. Ich kann zu dieser Facette nur beisteuern, daß er wesentlich dafür verantwortlich ist, daß ich als Kulturwissenschaftler, allerdings mit einer schon früh geweckten Neigung zu den Naturwissenschaften, offenbar durch langjährige Osmose gewisse Kenntnisse in den Bereichen der Natur erwarb. Diese ermöglichten mir, im Museum zumindest zeitweilig der notorischen Dominanz jener Fachbereiche ein wenig Einhalt zu gebieten, in denen Unwissende so gerne mitschwätzen.

Was war nun die erste Aufgabe Gräfs im Museum? Er hatte eine Abteilung zu übernehmen, zu leiten und zu entwickeln, die zwar fachwissenschaftlich in gutem Zustande, in allen anderen museologisch maßgebenden Kategorien jedoch weit zurückgeblieben war. Man versuche sich vorzustellen, was es bedeutet, nicht, wie sonst üblich, Haus und Hof in geordneter Weise übergeben zu bekommen, sondern sich erst durch eine riesige, durch Generationen gewachsene Sammlung durcharbeiten und ihre Dokumentation ergründen zu müssen. Dies alles ohne Möglichkeit der Rückfrage, ohne Anleitung. Dazu waren die Bestände noch auf mehrere Standorte verstreut, manches davon in konservatorisch verheerendem Zustand; dazu kam eine Schausammlung, die in allen Punkten der negativen Konnotation des Begriffes „museal“ entsprach; dazu kamen eine personell katastrophale Situation und jene kläglichen finanziellen Verhältnisse, die bis vor wenigen Jahren das Kennzeichen einer zutiefst provinziellen Kulturpolitik gewesen waren.

Wie Walter Gräf es unter diesen Bedingungen schaffte, sich binnen kürzester Zeit das erforderliche Grundwissen im Felde der Museologie zu erarbeiten, ja darüber auch zu publizieren, wie er es schaffte, vorbildliche Ordnung in die ihm übertragenen Bestände zu bringen, wie er es schaffte, eine



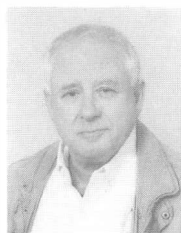
Schausammlung in die Welt zu stellen, die lange Zeit dem neuesten Stand museologischer Anforderungen zu entsprechen imstande war - dies alles wird wohl für immer sein Geheimnis bleiben. Meine Vermutung ist, daß dafür neben all dem schon Genannten jene vorbildliche Arbeitshaltung verantwortlich war, die er schon früh aus familiärer Quelle erleben und übernehmen konnte.

Damit ich es nicht vergesse: zum Museumsmenschen Gräf gehört auch, daß er achtzehn Jahre lang die verantwortungsvolle Funktion eines Stellvertreters des Direktors ausübte. Viele Jahre noch dazu ohne die geringste materielle Anerkennung. Ich werde ihm nicht nur stets dankbar dafür sein, daß er, im Gegensatz zu anderen, Dienstälteren, die meine Bitte rundweg abgelehnt hatten, trotz seinen großen Belastungen sofort zusagte. Noch größer ist meine Dankbarkeit dafür, daß er während dieser gesamten Zeit nicht nur mein Vertrauen kein einziges Mal mißbrauchte - derlei kann auch ungewollt geschehen -, sondern daß er auch alle Entscheidungen, die ihm oblagen, ganz in meinem, das heißt also ganz im Sinne des Museums traf.

Damit ich auch noch dies nicht vergesse: natürlich hat er auch seine Ecken und Kanten. Natürlich haben wir beide manchen Strauß ausgefochten miteinander, fachlich ebenso wie weltanschaulich. Niemals aber hinterließen wir einen Scherbenhaufen, immer fanden wir einen Weg, Widersprüche miteinander zu versöhnen. Dies hing sicher mit einigen weiteren Eigenschaften zusammen, die ich bisher nicht erwähnt habe: einmal mit seiner außerordentlichen Intelligenz, und dann damit, daß er ein musischer Mensch ist.

Wenn ich manchmal darüber nachdenke, ob ich an meiner seinerzeitigen Erwerbstätigkeit heute etwas vermisse, dann gehört dazu gewiß die Zusammenarbeit mit Walter Gräf. Er wird dem Museum fehlen, einigen Menschen dort vermutlich auch. Ich hingegen habe es leicht, denn mir ist er ja als Freund verblieben.

Anschrift des Verfassers:



Dr. Friedrich Waidacher  
Klosterwiesgasse 44, A-8010 Graz  
Tel/Fax +43/316/826 264  
Mönchegg 34, A-8742 St. Wolfgang-Kienberg  
Tel/Fax +43/3578/8216  
e-mail: [waidacher@telecom.at](mailto:waidacher@telecom.at)  
<http://www.WebMuseen.de/Waidacher/>



## Walter Gräf als Kollege

Hilmar ZETINIGG

Da heute die Anrede "Kollege" von vielen in eher distanzierender und oft abschätziger Weise gebraucht wird, möchte ich für Walter Gräf viel lieber - und ich glaube auch treffender - die Anrede "Freund" wählen. Als der Jubilar im Jahr 1971 zum Leiter der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum bestellt wurde, war er für uns Geologen im Landesdienst schon längst kein Unbekannter mehr. Wir wußten, daß mit ihm ein kompetenter, engagierter und verständnisvoller Geologe zum Berufskollegen wird, den wir schon bald als Freund betrachten konnten. Entgegenkommend und hilfsbereit, wie ich den Universitätsassistenten in den späten 50er- und frühen 60er-Jahren als Student kennengelernt habe, zeigte er sich auch im Landesdienst. Bis heute ist bei Walter Gräf in geologischen Fragen und bei der Suche nach Unterlagen und Fachliteratur immer sofort Hilfe zu finden. Er ist aber auch immer bereit über das fachliche hinaus in allgemein dienstlichen und menschlichen Bereichen mit Rat und Tat zur Seite zu stehen, was wohl weit über das Engagement eines "Kollegen" hinausreicht.

Für mich ist es darüber hinaus die Hydrogeologie, die mich mit Walter Gräf besonders verbindet, da er mir in diesem Fachgebiet den Weg zur Montanuniversität Leoben sowohl gewiesen als auch geebnet hat. Dazu ist zu bemerken, daß er als Nachfolger von Univ.-Prof. Dr. Andreas Thurner an der Universität Graz bis heute die einführende Vorlesung der nicht zuletzt durch seine Initiative auf drei Teile erweiterten Hydrogeologie hält. Damit leistet er aber auch einen grundlegenden Beitrag zu einer vertieften und erweiterten Ausbildung in diesem Fachgebiet.

Auch in speziellen Bereichen des Landesdienstes, wie z. B. der Bund-Bundesländer-Kooperation auf dem Sektor der Rohstoff-, Energie- und Umweltforschung ist er immer zu freundschaftlicher Hilfe bei der Durchsetzung von Projekten bereit. Hervorzuheben ist Walter Gräfs soziales Engagement für Fachkollegen, die dringend Arbeit suchen. Hier hat er vor allem als Leiter des Institutes für Umweltgeologie und Ökosystemforschung der Joanneum Research mehrfach sowohl jungen als auch älteren Kollegen durch eine Anstellung helfen können. Das Verhalten von Walter Gräf als Kollege und Freund zeigt sich aber vor allem darin, daß man sich stets darauf verlassen kann, seinen Rat und seine Hilfe zu erhalten, wann immer sie benötigt werden. So hoffe ich, daß nach seinem Ausscheiden aus dem aktiven Landesdienst

sein Wirken in der Geologie noch lange nicht beendet ist und zumindest sein Rat für uns noch erreichbar bleibt.

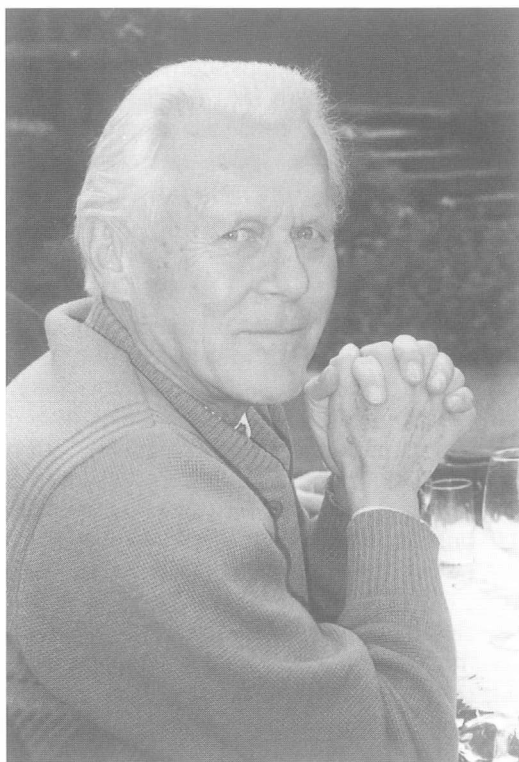
Anschrift des Verfassers:



Hofrat Univ.-Doz. Dr. Hilmar ZETINIGG  
Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
Fachabteilung IIIa - Referat II  
8010 Graz, Stempfergasse 7

## Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf

Ingomar FRITZ



Walter Gräf, über vier Jahrzehnte in den verschiedensten Bereichen der Geowissenschaften tätig, feiert seinen 65. Geburtstag. Aus diesem Anlaß und als Dank für seine Leistungen am Landesmuseum Joanneum und in seinen anderen Wirkungsbereichen auf nationaler und internationaler Ebene haben wir Freunde und Wegbegleiter von Walter Gräf eingeladen, durch Verfassen von Aufsätzen eine Festschrift mitzugestalten. Dieser Festschrift, gegliedert in Laudationes und wissenschaftliche Aufsätze, darf auch ein Lebenslauf und ein Verzeichnis der bisherigen Publikationen des Jubilars beigefügt werden.

Walter Gräf, am 29. Oktober 1933 in Tulln, Niederösterreich, als Sohn des praktischen Arztes Dr. Franz Gräf und seiner Frau Else geboren, besuchte in seiner Geburtsstadt die Volksschule und die erste Klasse der Mittelschule. Die Fortsetzung des Mittelschulbesuchs erfolgte in Linz und Graz, wo er 1952 auch die Reifeprüfung ablegte. Anschließend studierte er an den Universitäten Graz und Marburg an der Lahn die Fächer Geologie-Paläontologie und Mineralogie-Petrographie. Im Jahre 1958 promovierte er an der Karl-Franzens-Universität in Graz zum Doktor der Philosophie und begann am Institut für Geologie und Paläontologie seine berufliche Tätigkeit als Wissenschaftliche Hilfskraft, Hochschulassistent und Oberassistent. In diesem Jahr verehelichte sich der Jungakademiker mit seiner Frau Brunhilde, geb. Hagedorn-Kreuger und gründete eine Familie, der drei Töchter (Ursula, Ulrike, Susanne) und sieben Enkelkinder entstammen. In den ersten Familienjahren verbrachte der junge Geowissenschaftler viel Zeit im Gelände des In- und Auslandes. Die Jahre der beruflichen Entwicklung des aufstrebenden Wissenschaftlers waren begleitet von der tatkräftigen Unterstützung seiner Frau.

Ab 1967 wurde Walter Gräf auch Vertrauensassistent des Österreichischen Auslandsstudentendienstes. Während dieser Zeit an der Universität verfaßte er zahlreiche Publikationen, wobei paläozoische Korallen verstärkt seine Aufmerksamkeit erhielten. Schon bald zeigt aber die thematische Vielfalt der Publikationen sein breites Betätigungsfeld auf dem Gebiete der Erdwissenschaften an. Zahlreiche Auslandsexkursionen führten ihn auch bis in den Iran. Während seiner Zeit an der Universität lernen zahlreiche Studenten die Hilfsbereitschaft und das soziale Engagement von Walter Gräf kennen. Viele seiner späteren Mitarbeiter hatten die ersten Kontakte zu ihrem zukünftigen Chef bereits an der Universität. Sein Aufgabenbereich am Institut für Geologie und Paläontologie reicht von systematischen Arbeiten an der Sammlung über Geländearbeiten bis hin zur Vorlesungs- und Betreuungstätigkeit für Studenten.

Im Jahr 1971 wechselte Walter Gräf an das Landesmuseum Joanneum, Abteilung Geologie, Paläontologie und Bergbau (heute Referat Geologie und Paläontologie), wo er die Nachfolge von Frau Dr. Maria Mottl antrat. Nach dem plötzlichen Tod von Dr. Karl Murban noch im selben Jahr wurde Walter Gräf schon bald als dessen Nachfolger mit der Leitung der Abteilung beauftragt. Die kommenden Jahre sind geprägt durch öffentlichkeitswirksame Aktivitäten, wobei die Neugestaltung der Schausammlung der Abteilung, aber auch zahlreiche Sonderausstellungen zu verschiedensten Themen der Erdwissenschaften besonders hervorzuheben sind. Die freundschaftliche und wissenschaftlich ergänzende Zusammenarbeit von Walter Gräf mit seinem langjährigen engen Mitarbeiter Univ.-Prof. Dr. Fritz Ebner, unterstützt durch ein motiviertes Team, führte in der Folge zu einer Vielzahl von Publikationen.

Im Laufe der Zeit werden dem allseits anerkannten Erdwissenschaftler zahlreiche Funktionen und Ämter übertragen, die er mit großem Engagement ausübt. So ist er, gemeinsam mit Univ.-Prof. Dr. Helmut W. Flügel, im Jahr 1972 als Geschäftsführer der 42. Jahrestagung der Deutschen Paläontologischen Gesellschaft und der Tagung der Vereinigung der Freunde der Mineralogie und Geologie in Graz für die Durchführung verantwortlich. Ab 1973 ist Walter Gräf Lehrbeauftragter an der Universität Graz. Im Jahr 1974 erhält er für besondere Verdienste um die Wissenschaft den Theodor Körner Preis. Die Ernennung zum Korrespondenten der Geologischen Bundesanstalt folgte im Jahr 1975. Mit seiner Habilitation für die Fächer Geologie und Paläontologie erhielt Walter Gräf im selben Jahr die Lehrbefugnis für diese Fächer im gesamten Umfang an der Universität Graz.

Die fachliche Kompetenz von Walter Gräf und seine Tätigkeiten im Rahmen des Geologisch-Mineralogischen Landesdienstes führten dazu, daß er schon bald als Vertreter des Landes Steiermark zahlreiche Funktionen in verschiedenen Fachbereichen der Geowissenschaften auf nationaler und internationaler Ebene ausübt. So wird er 1977 zum Mitglied des Bund-Bundesländer-Koordinationskomitees für Rohstoff- und Energieforschung, zum Fachvertreter der Steiermark in den Arbeitsgruppen für die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geowissenschaften und Rohstoffe zwischen der Republik Österreich und der Bundesrepublik Deutschland sowie zwischen Österreich und Ungarn.

Von 1978 - 1984 ist er Mitglied des Fachbeirates der Geologischen Bundesanstalt in Wien und 1977/78 Leiter der Arbeitsgruppe Steiermark der Österreichischen Geologischen Gesellschaft. In den Funktionsperioden 1981/82 und 1983/84 übernimmt Walter Gräf den Vorsitz der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, nachdem er bereits im Jahre 1980 2. Geschäftsführer der 3. Jahrestagung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Graz und 1982 Geschäftsführer der 4. Jahrestagung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Seis-Kastelruth/Südtirol war.

Im Jahr 1980 wird an der Forschungsgesellschaft Joanneum (heute Joanneum Research Ges.m.b.H) das Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie (heute Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung) gegründet, mit dessen Leitung Walter Gräf beauftragt wird. Unter seiner Federführung kommt es zu einer umfassenden Aufarbeitung verschiedenster geowissenschaftlicher Daten des Landes Steiermark, die in Form umfangreicher Berichte dokumentiert sind. Die Erstellung von zunächst analog gefertigten Kartenblättern zu den Themen Naturraumpotential, Rohstoffsicherung sowie verschiedensten geo- und biowissenschaftlichen Inhalten sind richtungsweisend in Österreich. Ein Höhepunkt in diesem Bereich ist die Erstellung einer digitalen geologischen Karte im Maßstab 1:50.000 für die gesamte Steiermark. Das breit gefächerte Arbeitsgebiet des Institutes

für Umweltgeologie und Ökosystemforschung reicht von rohstoffrelevanten Themen über Georisikountersuchungen, Fragen des Umweltschutzes bis hin zu Umweltverträglichkeitsuntersuchungen. Der unermüdliche Einsatz von Walter Gräf zur Akquisition von Projekten ermöglichte es zahlreichen jungen Akademikern einen Arbeitsplatz zu finden. Aber auch viele Studenten konnten sich durch Mitarbeit an verschiedenen Projekten neben den ersten fachlichen Lorbeeren ein finanzielles Zubrot verdienen.

Von 1980 - 1988 ist der Jubilar Ländervorsitzender des Arbeitskreises Naturraumpotentialkarten in der Österreichischen Raumordnungskonferenz. Zudem übernimmt er für die Funktionsperioden 1983/84 und 1985/86 den Vorsitz des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark. Im Jahre 1984 erfolgte die Ernennung zum tit. a.o. Universitätsprofessor. In dieser Funktion hat er schon zahlreiche Diplomanten und Dissertanten zu akademischen Weihen geführt. Anlässlich der 5. Jahrestagung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Eisenerz ist Walter Gräf wiederum Geschäftsführer und organisiert auch eine großartige Veranstaltung im Rahmen der Steirischen Landesausstellung in der alten Bergbaustadt. Seit 1986 ist Walter Gräf Mitglied der Höhlenkommission der Steiermärkischen Landesregierung und ab 1987 übt er die Funktion des stellvertretenden Direktors des Landesmuseums Joanneum aus.

Die langjährigen Bestrebungen von Walter Gräf zur Schaffung eines zentralen Steirischen Bohrkernarchives führten im Jahre 1990 mit der Erwerbung einer 900 m<sup>2</sup> großen Halle in Ebersdorf bei St. Radegund zum Erfolg. Diese Einrichtung, verbunden mit einer Bohrpunktdatenbank basiert auf der sachlichen und finanziellen Kooperation zwischen dem Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, dem Land Steiermark und der Forschungsgesellschaft Joanneum.

In der Zeit von 1990 bis 1995 ist Walter Gräf Vorsitzender der Vereinigung für Angewandte Lagerstättenforschung (VALL) in Leoben. Ab 1990 ist er zudem Ländervertreter im Österreichischen Nationalkomitee für die Internationale Dekade zur Reduktion von Naturkatastrophen an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften mit Sitz in Wien, ab 1993 steirischer Vertreter im Österreichischen Nationalkomitee für Geologie. Im Jahr 1993 führte er den Vorsitz im Programmkomitee der Umweltwissenschaftlichen Fachtage, durchgeführt von der Joanneum Research in Graz. Bereits in diesem Jahr begeht Walter Gräf sein 40-jähriges Dienstjubiläum.

Walter Gräf ist Vorstandsmitglied des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz und der Österreichischen Paläontologischen Gesellschaft. Seit vielen Jahren ist er Mitglied zahlreicher Prüfungskommissionen am Land Steiermark, der



Universität Graz, der Montanuniversität Leoben, des Landesverbandes der Steirischen Volkshochschulen und der Urania.

Die Vielzahl seiner Funktionen, der unermüdliche Einsatz in den verschiedensten Bereichen seiner Tätigkeiten zur Akquisition und Umsetzung von Projekten und Zielen ist verbunden mit enormer gesundheitlicher Anstrengung. Über viele Jahre hinweg hat Walter Gräf Anzeichen von Krankheiten verdrängt und übergangen. Am 5. Jänner 1994 verursachte ein Herzinfarkt einen gravierenden Einschnitt im Leben des Jubilars. Aber bereits nach einigen Monaten der Genesung und psychischen Überwindung tritt Walter Gräf wieder voll ins Arbeitsleben ein.

Eine offizielle Würdigung seiner Verdienste für die Republik Österreich erhält Walter Gräf durch die Überreichung des *Österreichischen Ehrenkreuzes für Wissenschaft und Kunst 1. Klasse* durch Frau Landeshauptmann Waltraud Klasnic in feierlichem Rahmen im Weißen Saal der Grazer Burg im Jahre 1996.

Schlußendlich gilt es auch Dank zu sagen, Dank im Namen aller Mitarbeiter, die unter der Führung von Walter Gräf die Möglichkeit erhielten sich beruflich zu entfalten, aus seinem Wissen zu schöpfen und bei Ersuchen um Hilfestellung stets auf offene Ohren trafen. Sein Feingefühl, seine Umsicht und sein soziales Engagement, als wesentliche Merkmale seines Charakters, zeichnen ihn als besonders liebenswerten Menschen aus. Wir wünschen dem Jubilar noch viele gesunde Jahre, auch im Kreise seiner Großfamilie der Geowissenschaftler.

Anschrift des Verfassers:

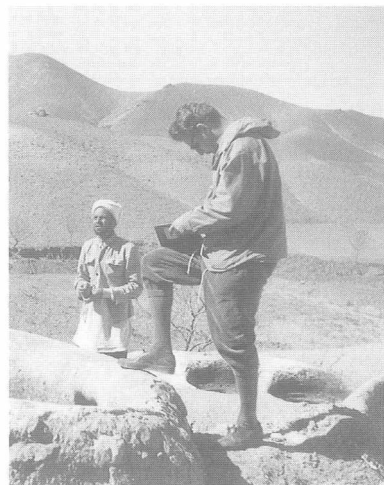


Dr. Ingomar FRITZ  
Referat Geologie und Paläontologie  
Landesmuseum Joanneum  
Raubergasse 10, 8010 Graz

## Abbildungen:

- S. 47: > Walter Gräf mit Schwester (ca. 1941)  
> mit Kollegen beim Schilauferlauf (Kaltwasser 1951)  
> mit dem Studienkollegen Helmut Höller  
> mit Kollegen auf Rädern zum Assistenzeinsatz am Großglockner
- S. 48: > Walter Gräf mit Studienkollegen im Steinbruch  
> bei der Kartierung in Tschetschme Schir – Sebzewar (Iran)  
> Promotion zum Doktor der Philosophie 1958, Graz
- S. 49: > Walter Gräf mit Egon Krajcsek und Peter Krenn  
> mit Friedrich Waidacher und Adolf Alker
- S. 50: > Walter Gräf mit Thomas Untersweg, Manfred Pöschl, Gunther Suetter  
> mit Helmuth Haas, Ernst Fabiani, Herbert Auferbauer, Oskar Homan, Hilmar Zetinigg (Exkursion des Geologisch-Mineralogischen Landesdienstes)  
> mit Josef Flack, Elisabeth Hauser, Traude Schmid, Fritz Ebner, Michael Schmid, Ingomar Fritz, Karl Hemmer (Befahrung Lassing)
- S. 51: > Walter Gräf als Vorsitzender der Österreichische Geologische Gesellschaft ehrt Uwe Herzog (1983)  
> im Gespräch mit Heinz Kollmann und Volker Hänsel
- S. 52: > Walter Gräf bei der Präsentation des Steirischen Bohrkernarchives (1994)  
> bei der Pressekonferenz mit Kurt Jungwirth und Peter Krenn (1992)
- S. 53: > Walter Gräf im Kreise seiner Familie  
> bei der Überreichung des *Österreichischen Ehrenkreuzes für Wissenschaft und Kunst 1. Klasse* durch Landeshauptmann Waltraud Klasnic (1996)  
> mit seiner Frau Brunhilde

















## Bisherige Publikationen:

- GRÄF, W. (1958): Neuaufnahmen im Grazer Paläozoikum 1956/57: Das Paläozoikum zwischen Stanzbachgraben und Hochschlag (NO St.Erhard, Breitenau). - Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Jg. 1958, Nr.7, 1-4, Wien.
- GRÄF, W. & FLÜGEL, E. (1959): Aufnahmen 1958 auf Kartenblatt Kötschach (197). - Verh. Geol. B.-A., 1959, H.3, A17-A19, Wien.
- GRÄF, W., FLÜGEL, H. & ZIEGLER, W. (1959): Bemerkungen zum Alter der "Hochwipfelschichten" (Karnische Alpen). - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., H.4, 153-167, Stuttgart.
- GRÄF, W. & FLÜGEL, E. (1960): Aufnahmen 1959 auf Kartenblatt Kötschach (197), Karnische Alpen. - Verh. Geol. B.-A., H.3, A20-A22, Wien.
- GRÄF, W. (1961): Buchbesprechung: BRUHNS-RAHMDOHR: Petrographie. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 91.Bd., S.175, Graz.
- GRÄF, W. (1961): Aufnahmen 1960 auf Kartenblatt 198 (Weißbriach), Karnische Alpen. - Verh. Geol. B.-A., H.3, S.A32, Wien.
- GRÄF, W. (1962): Aufnahmen 1961 auf Kartenblatt 198 (Weißbriach), Karnische Alpen. - Verh. Geol. B.-A., H.3, A28-A31, Wien.
- GRÄF, W. (1963): Buchbesprechung: H. FLÜGEL: Das Steirische Randgebirge. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., Bd.93, 309-310, Graz.
- GRÄF, W. (1963): Aufnahmen 1962 auf Kartenblatt 197 (Kötschach) und 198 (Weißbriach). - Verh. Geol. B.-A., H.3, A24-A25, Wien.
- GRÄF, W. & FLÜGEL, H. (1963): Die paläogeographischen Beziehungen einiger neuer Korallenfaunen aus dem Jungpaläozoikum Vorderasiens. - Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Jg.1963, Nr.2, 1-3, Wien.
- GRÄF, W. (1964): Bericht 1963 über geologische Arbeiten in den Karnischen Alpen (Kartenblätter 197 und 198). - Verh. Geol. B.-A., 1964, H.3, S. A24, Wien.
- GRÄF, W. (1964): Permische Korallen aus dem Zagros-Gebirge, dem Elburz und aus Azerbeidjan, Iran. - Senckenbergiana Lethaea, Bd.45, 381-432, Frankfurt a.Main.
- GRÄF, W. (1964): Zur Quarzachsen-Regelung im Rippelmarken tragenden Semmering-Quarzit des Raumes Fischbach, Steiermark. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., H.9, 531-536, Stuttgart.
- GRÄF, W. (1965): Erster Bericht über geologische Untersuchungen im Gosaubecken von Kainach, Steiermark.. - Anz.Akad.Wiss.Wien, math.-naturwiss.Kl., Jg.1965, Nr.6, 104-111, Wien.
- GRÄF, W. (1965): Bericht über Aufnahmen 1964 auf den Kartenblättern 162 (Köflach) und 163 (Voitsberg). - Verh.Geol.B.-A., 1965, H.3, S.A24, Wien.
- GRÄF, W. & RAMOVŠ, A. (1965): Rugose Korallen aus dem Jungpaläozoikum Sloweniens (NW Jugoslawiens). - Geologija-Razprave in Porocila, 8. Knjiga, 160-189, Ljubljana.

- GRÄF, W. (1966): Bericht über Aufnahmen 1965 auf Kartenblatt 163 (Voitsberg). - Verh. Geol.B.-A., 1966, H.3, A26-A27, Wien.
- GRÄF, W. (1966): Graptolithina. - Catalogus Fossilium Austriae, H.Vd, 78 S., Springer-Verlag, Wien.
- GRÄF, W. & FLAJS, G. (1966): Ludlow-Conodonten aus einem Kalkgeröll der Kainacher Gosau. - Verh.Geol.B.-A., 1966, H.1/2, 170-172, Wien.
- GRÄF, W. (1968): Bericht über Aufnahmen 1966 auf den Kartenblättern 162 (Köflach) und 163 (Voitsberg). - Verh.Geol.B.-A., Jg. 1967, H.3, A26-A27, Wien.
- GRÄF, W. (1967): Buchbesprechung: A. CISSARZ: Einführung in die allgemeine und systematische Lagerstättenlehre. - Berg- u .Hüttenm. Mh., Jg.112, S.56, Wien.
- GRÄF, W. (1968): Buchbesprechung: FLÜGEL, H. - HERITSCH, H.: Das Steirische Tertiär-Becken. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 98, 159-160, Graz.
- GRÄF, W. & METZ, K. (1969): Jungtertiärvorkommen in Ingering, NW Knittelfeld. - Verh. Geol. B. - A., 1969, H.2, 124-125, Wien.
- GRÄF, W. (1970): Zur Geologie der Rannach bei Graz. - Der Alpengarten, 13, 2, :16-18, Graz.
- GRÄF, W. (1970): Eine geologische Wanderung im Grazer Bergland. - Der Alpengarten, 13, 3:22-24, Graz.
- GRÄF, W. (1970): Von der Eiszeit. - Der Alpengarten, 13, 4:23-26, Graz.
- GRÄF, W. (1971): Zwischen Dachstein und Wölzer Tauern. - Der Alpengarten, 14, 1:14-30, Graz.
- GRÄF, W. (1971): Die geologische Entwicklung der südöstlichen Steiermark. - Der Alpengarten, 14, 2:8-13, Graz.
- GRÄF, W. (1971): Geologisches vom Hochlantsch. - Der Alpengarten, 14, 3:6-8, Graz.
- GRÄF, W. (1971): Zur Geologie der Karnischen Alpen. - Der Alpengarten, 14, 4:8-11, Graz.
- GRÄF, W. (1971): Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau, Aufgaben einer Museumsabteilung. - Landesmuseum Joanneum, 1/1972, S.3, Graz.
- GRÄF, W. (1971): Nachruf Dr.K.Murban. - Landespressediens, Graz.
- GRÄF, W. (1972): Exkursion in die "Gosau von Kainach" in: Führungen und Fachausflüge: Wandertage der Geologischen Gesellschaft in Wien "Tertiär, Vulkanismus und Randgebirge der südlichen Steiermark. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 63, 1970:275-278, Wien.
- GRÄF, W. (1972): Die Entwicklungsgeschichte der Erde - gedeutet aus ihren Urkunden. - Steirische Berichte 6, 1971:12-13, Graz.
- GRÄF, W. (1972): Buchbesprechung: Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, Bd. 16. - Mittbl. Mineralogie Joanneum, 1/2, 1971:61-62, Graz.

- GRÄF, W. (1972): Buchbesprechung: H. FLÜGEL: Bibliographie der paläozoischen Anthozoa. - Carinthia II, 81, 141-142, Klagenfurt und Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 102:242-244, Graz.
- GRÄF, W. (1972): Karsterscheinungen. - Schild von Steier, Kleine Schriften 12, Höhlenforschung in der Steiermark, 13-24, Graz.
- GRÄF, W. (1972): Geologie und Verkarstung in der Steiermark. - Schild von Steier, Kleine Schriften 12, Höhlenforschung in der Steiermark, 25-30, Graz.
- GRÄF, W. (1972): nach K. MURBAN: Die steirische Höhlenforschung und das Landesmuseum Joanneum. - Schild von Steier, Kleine Schriften 12, Höhlenforschung in der Steiermark, 51-56, Graz.
- GRÄF, W. (1972): Einführung in die Geologie der Steiermark. - Der Aufschluß, 22.SH:10-14, Heidelberg.
- GRÄF, W. (1972): Die Gosau von Kainach und St. Bartholomä. - Der Aufschluß, 22.SH:29-34, Heidelberg.
- GRÄF, W. (1972): 80 Jahre Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau. - Nachrichten und Berichte, Nov. 72, 16-20, Steirischer Landespressediens, Graz.
- GRÄF, W. (1972): Buchbesprechung: H. WALTHER: Studien über tertiäre Acer Mitteleuropas. - Mittbl. Mineralogie Joanneum, 2:80, Graz.
- GRÄF, W. & ALKER, A. (1972): Geologische Übersichtskarte der Steiermark. - Der Aufschluß, 22.SH:, Heidelberg.
- GRÄF, W. (1973): Geologie am Joanneum geht moderne Wege. - Nachrichten und Berichte, Mai 1973, 27-30, Graz.
- GRÄF, W. & KAHLER, F. (1973): Ein Kalkgeröll mit permischen Fusuliniden aus der Oberkreide der Weststeiermark. - Palaeontographie 141, A:143-155 (Gräf 144-145), Stuttgart.
- GRÄF, W. (1974): Buchbesprechung: W. REICHEL: Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden (Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden, Bd.17) u. H. PRESCHER: Die geologische Literatur über Sachsen 166-170 (w.o., Bd.18). - Joanneum Mineral. Mittbl., 41:43-44, Graz.
- GRÄF, W. (1974): Ein submariner Gleithorizont aus der Kreidezeit als steirisches Naturdenkmal. - Landesmuseum Joanneum Graz, Jb.1973, N.F., 3:125-133, Graz.
- GRÄF, W. (1974): Erdölaussichten im Grazer Bergland westlich von Graz. - Unpubl.Geol.Gutachten, 20 S., Geol.Karte 1:50.000, Graz.
- GRÄF, W. (1975): Die Gosau von Kainach. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, SH 1:83-102, Graz.
- GRÄF, W. (1975): Ein steirisches Serengeti. - Landesmus. Joanneum, 1/1975, S.2, Graz.
- GRÄF, W. (1975): Fohnsdorf vor 25 Millionen Jahren. - Der Kumpel, Werkzeitschrift Bergbau Fohnsdorf, Nr.79:13-14; Nr.80:13-14, Fohnsdorf.

- GRÄF, W. (1975): Zur Geologie des Gebietes von Pischelsdorf und Stubenberg. - in: Die Flora von Pischelsdorf und Stubenberg.- Mitt. Abt. Botanik Landesmus. Joanneum, 6(47):3, Graz.
- GRÄF, W. (1976): Andreas Thurner, Nachruf. - Min. Mittbl. Joan., 43:2-3, Graz.
- GRÄF, W. (1976): Hydrogeologisches Gutachten über das Thermalwasservorkommen im Bereich der Bohrung Binderberg 1/Loipersdorf. - Unpubl. Gutachten, 10 S., Graz.
- GRÄF, W., EBNER, F. & MILAN, G. (1976): Die Sandsteinkugeln von Steyeregg. - Landesmus. Joanneum, Jahresbericht 1975:154-166, Graz.
- GRÄF, W. (1977): Zeit - zu Stein geworden. - Schriften für junge Museumsbesucher, H.5:1-9, Graz.
- GRÄF, W. (1977): Buchbesprechung: T. NÖTZOLD: Charophytenreste aus dem Neophytikum Mitteleuropas (Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden, Bd.23). - Mittbl. Abt. Min. Landesmus. Joanneum, 45:9-30, Graz.
- GRÄF, W. (1977): Aeromagnetik: Suche nach Rohstoffen. - Steir. Landespressediens, Dez.1977:1-2, Graz.
- GRÄF, W. (1977): Gedanken zur Neugestaltung einer naturwissenschaftlichen Museumsabteilung. - Joanneum 1/1978, 1 S., Graz.
- GRÄF, W. & EBNER, F. (1977): Die Fauna von Weitendorf. - Landesmus. Joanneum, Graz, Jb.1976, N.F.6:157-163, Graz.
- GRÄF, W. (1978): Buchbesprechung: H.W.FLÜGEL: Geologie und Paläontologie an der Universität Graz 1761-1976. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 108, 296-297, Graz.
- GRÄF, W. & EBNER, F. (1978): Die erdgeschichtliche Entwicklung des Grazer Raumes. - in: "850 Jahre Graz", 19-48, Graz.
- GRÄF, W. & KREISSL, E. (1978): Penecke Karl Alfons Borromäus Josef, Geologe, Paläontologe und Entomologe. - Österr. Biogr. Lexikon 1815-1950, 35:2 S., Wien.
- GRÄF, W. (1979): Eisen auf immerdar - sind Bodenschätze unerschöpflich? - Schriften für junge Museumsbesucher, H.8, 2-9, Graz.
- GRÄF, W. (1979): Kleiner Führer durch die Schausammlung. - Stmk. Landesmus. Joanneum, 3/79, 1 S., Graz.
- GRÄF, W. (1979): Fragen der Rohstoffsicherung und Rohstoffplanung aus geowissenschaftlicher Sicht. - Unpubl. Bericht an das Amt d. Stmk. Landesregierung, 12 S., Graz.
- GRÄF, W. & EBNER, F. (1979): Späteiszeitliche Säugetierfährten in Terrassensedimenten des Illtales. - Landesmus. Joanneum, Jahresber. 1978, 175-180, Graz.
- GRÄF, W. & EBNER, F. (1979): Bemerkungen zur Faziesverteilung im Badenien des Reiner Beckens. - Mittbl. Abt. Miner. Landesmus. Joanneum 47, 11-17, Graz.
- GRÄF, W. et al. (1979): Systematische Erfassung und Beprobung der Lockergesteinsablagerungen in den Räumen Hartberg-Landesgrenze, Fürstenfeld, Illz und Gnasbachtal. - Unpubl. Bericht Kooperation Bund / Bundesländer, 77 S., Graz.

- GRÄF, W. (1980): Buchbesprechung: H.W. FLÜGEL: Alfred Wegeners vertraulicher Bericht über die Grönland-Expedition 1929. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 110, 182-183, Graz.
- GRÄF, W. & FLÜGEL, H.W. (1980): Vorwort 3. Jahrestagung der ÖGG in Graz. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H.41, 5-7, Graz.
- GRÄF, W., EBNER, F. & FLADERER, F. (1980): Faziesindikatoren in der basalen Gosau von Kainach. - Ann. Naturhist. Mus. Wien, 83, 91-104, Wien.
- GRÄF, W. et al. (1980): Kartierung von Bentoniten im Tertiär der Ost-, West- und Obersteiermark und Untersuchung der anfallenden Proben, Endbericht. - Unpubl. Bericht Kooperation Bund/Bundesländer, 141 S., Graz.
- GRÄF, W. (1981): Geologische Kräfte - Gestalter unserer Erde. - Joanneum aktuell, 2/1981:6-7, Graz.
- GRÄF, W. (1981): Vorwort zum Themensheft Steirische Rohstoffreserven Band 2. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H.42, S.7, Graz.
- GRÄF, W. (1981): Stationen auf dem Weg zu Naturraumpotentialkarten in Österreich. - Unpubl.Bericht, Graz/81.
- GRÄF, W. (1981): Entwicklungsprogramm des Landes Steiermark für Rohstoff- und Energieversorgung. Rohstoffplan.. - Unpubl.Bericht an das Amt der Stmk.Landesregierung, 127 S., Graz.
- GRÄF, W. et al. (1981): Erfassung und Darstellung des Naturraumpotentials komplexer Landschaftstypen - Erstellung von Naturraumpotentialkarten für den Verwaltungsbezirk Radkersburg. - Geowissenschaftlicher Teil. - Unpubl., 219 S., Graz.
- GRÄF, W. (1982): Lockergesteinsuntersuchungen in der Oststeiermark (Kartenblätter 166 - Fürstenfeld und 191 - Kirchbach). - Archiv f. Lagerstättenforschung Geol. B. - A., 1, 47-51, Wien.
- GRÄF, W. (1982): Ein Streifzug durch die steirische Erdgeschichte. - Joanneum 1, 14-22, Westermanns Museum-Serie, Westermann-Verlag, Braunschweig.
- GRÄF, W. (1982): Gedanken zur Neugestaltung der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum. - MMÖ, H.1, 34-36, Wien.
- GRÄF, W. (1982): Geowissenschaften und die Zukunft des Menschen. - Joanneum aktuell, 4, 4-5, Graz.
- GRÄF, W. (1982): Naturraumpotentialkarten in Österreich. - Steir. Beitr. z. Rohst. u. Energief., H.1:30-34, Graz.
- GRÄF, W. (1982): Naturraumpotentialkarten Bezirk Radkersburg. - Steir. Beitr. z. Rohst. u. Energief., H.2, 48-49, Graz.

- GRÄF, W. et al. (1982): Erfassung und Darstellung des Naturraumpotentials komplexer Landschaftstypen - Erstellung von Naturraumpotentialkarten für den Verwaltungsbzirk Leibnitz. Geowissenschaftlicher Teil. - Unpubl., 170 S., Graz.
- GRÄF, W. (1983): Naturraumpotentialkarten der Steiermark. - Stmk. Landespressediens, Jänner 1983, 6-11, Graz.
- GRÄF, W. et al. (1983): Naturraumpotentialkarten der Steiermark, Atlas Bezirk Radkersburg. - 24 Karten 1:50.000 und Erläuterungen, Styria, Graz.
- GRÄF, W. et al. (1983): Naturraumpotentialkarten der Steiermark, Bezirk Radkersburg - Atlas. - Unpubl., 5 S., Graz.
- GRÄF, W. et al. (1983): Erläuterungen zu den Naturraumpotentialkarten der Steiermark, Bezirk Leibnitz, Teilprojekte Quellkartierung und Bodenkartierung. - Unpubl., 77 S., Graz.
- GRÄF, W. et al. (1983): Erläuterungen zu den geogenen Naturraumpotentialkarten des Bezirkes Deutschlandsberg. - Unpubl., 323 S., Lagerstättenkartei, Graz.
- GRÄF, W. (1984): Wasser für Weiz. - Naturführer Weiztal, Veröff. Forschungsstätte Raabklamm, IX/X:17-22, Weiz.
- GRÄF, W. (1984): Massenrohstoffe - Baumaterialien aus dem Weiztal. - Naturführer Weiztal, Veröff. Forschungsstätte Raabklamm, IX/X:35-36, Weiz.
- GRÄF, W. (1984): Buchbesprechung: L. WEBER & A. WEISS: Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlevorkommen. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 114, 366-367, Graz.
- GRÄF, W. (1984): Atlas zum Naturraumpotential des Bezirkes Radkersburg. - Nachrichten und Berichte, Steir. Landespressediens, Jänner 1984, 10-12, Graz.
- GRÄF, W. (1984): 10 Jahre Steirische Rohstoffforschung - Einleitung. - Steir. Beiträge zur Rohstoff- und Energieforschung, 4:1-2, Graz.
- GRÄF, W. (1984): Wissenschaftsinstitutionen von Land und Bundesheer kooperieren. - Nachrichten und Berichte, Steir. Landespressediens, November 1984:3-5, Graz.
- GRÄF, W. (1984): Bezirk Leibnitz: Quellkartierung und Bodenkartierung. - Steir. Beitr. z. Rohst. u. Energief., H.3:54-56, Graz.
- GRÄF, W. (1984): Naturraumpotentialkarten: Atlas Bezirk Radkersburg. - Steir. Beitr. z. Rohst. u. Energief., H.3:57-59, Graz.
- GRÄF, W. (1984): Entwicklungsprogramm für Rohstoff- und Energieversorgung, Rohstoff- und Recyclingplan. - Sachprogramm 3, Teil 1: Rohstoffplan, 59 S., Graz.
- GRÄF, W. & FLACK, J. (1984): Das Museum der Stadtgemeinde Köflach im Klopfer-Haus. - Joanneum aktuell, 3/1984:6-7, Graz.
- GRÄF, W. & HADITSCH, J.G. (1984): Steirische Eisenerzvorkommen. - Erz und Eisen in der Grünen Mark, Beiträge zum Steirischen Eisenwesen, 23-43, Graz.

- GRÄF, W. & POSTL, W. (1984): 10 Jahre Steirische Rohstoffforschung 1974-1984. - Joanneum aktuell, 4:6-7, Graz.
- GRÄF, W. et al. (1984): Mittelesteirische Brekzien, Konglomerate und Sandsteine - Endbericht. - Unpubl., 89 S., Graz.
- GRÄF, W. (1985): Rohstoffforschung und Raumordnung. - Steir. Beiträge z. Rohstoff- u. Energieforsch., SH.4:98-104, Graz.
- GRÄF, W. et al. (1985): Brekzien, Konglomerate und Sandsteine im Grazer Bergland und im Raum Trofaiach - Eisenerz unter dem Aspekt einer Nutzungsmöglichkeit als Dekorgestein. - Archiv f. Lagerst. forsch. Geol. B. - A., 6:11-17, Wien.
- GRÄF, W. (1986): Zur geologischen Entwicklung der Südoststeiermark. - Die Eisenblüte, Jg.7, N.F., Nr.16, 8-11, Graz.
- GRÄF, W. (1986): Buchbesprechung: H. KÖSTLER: Montangeschichtlicher Führer durch das obere Murtal; H.J. KÖSTLER & H. SCHENN: Montanhistorischer Führer durch Lölling bei Hüttenberg; H.J. KÖSTLER & J. SLESÁK: Die Radwerke zu Vordernberg in der Steiermark. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 116, 304-305, Graz.
- GRÄF, W. (1986): Buchbesprechung: H. PRESCHER: Leben und Wirken deutscher Geologen im 18. und 19. Jahrhundert. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 116:307, Graz.
- GRÄF, W. (1986): Geowissenschaften und Umwelt. - Joanneum aktuell, 1/1986, 2-3, Graz.
- GRÄF, W. (1986): Die Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau. Entwicklung und Aufgaben. - Joanneum aktuell, 2/3/1986, 2-3, Graz.
- GRÄF, W. (1987): Bergbau in der Steiermark - die geologische Ausgangssituation. - Dresdener Kunstblätter, 2, 87:65-68, Dresden.
- GRÄF, W. (1987): Wesen und Ziel von Naturraumpotentialkarten. - Joanneum aktuell, 4/1987:1-2, Graz.
- GRÄF, W. (1987): Ein steirisches Forscherporträt. F. UNGER. - Naturschutz i. d. Stmk., 27.Jg., 4. Quartal, 197/Nr.136, 17, Graz.
- GRÄF, W. & WAIDACHER, F. (1987): Einführung in die Museumskunde. - 74 S., Graz.
- GRÄF, W. et al. (1987): Naturraumpotentialkarten der Steiermark. Rohstoffsicherungskarte Oberes Murtal II - Endbericht. - Unpubl., 175 S., Graz.
- GRÄF, W. (1988): Der Wald, der zu Kohle wurde. - Katalog zur Landesausstellung 1988, 3-10, Graz.
- GRÄF, W. (1988): Der Wald, der zu Kohle wurde. - Landesausstellung 1988, Begleitinformation für junge Menschen, 4-6, Graz.
- GRÄF, W. (1988): Das Joanneum: Die Abteilung für Geologie und Paläontologie. - Grazer Sinfonie 1/88:12-13, 20, Graz.
- GRÄF, W. (1988): Geologie - 500 Millionen Jahre Steiermark. - in: W. ZITZENBACHER: Landeschronik Steiermark, Verl. Chr. Brandstätter, 46-48, Wien München.



- GRÄF, W. (1989): Erhebung des Naturraumpotentials und umweltgeologische Untersuchungen. - Steir. Beitr. z. Rohst. u. Energief., H.7, 85 S., Graz.
- GRÄF, W. & NIEDERL, R. (1989): Das Steirische Bohrkernarchiv am Landesmuseum Joanneum. - Joanneum aktuell 2/1989, 4-5, Graz.
- GRÄF, W. & OFFENBACHER, H. (1989): Kapfensteiner Kogel. Die Klause bei Gleichenberg. Traß-Steinbruch Gossendorf. - Die Eisenblüte, Jg.10, Nr.21:14,16,26, Graz.
- GRÄF, W. et al. (1989): Erkundung von geeigneten Deponiearealen in der Steiermark aus geowissenschaftlicher Sicht - Endbericht. - Unpubl., 31 S., Graz.
- GRÄF, W. (1990): Jahre Naturraumpotentialkartierung in der Steiermark. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 120:125-131, Graz.
- GRÄF, W. (1990): Das Meer, das zum Land wurde - Vorzeitliche Meere im Raum von Graz. - in: M. DIENES & F. LEITGEB: Wasser, 37-38, Leykam, Graz.
- GRÄF, W. (1992): Das Steirische Bohrkernarchiv am Landesmuseum Joanneum. - Steir. Landespressedienst, Juli/August, 15-18, Graz.
- GRÄF, W. (1993): Im Wechselspiel von Ökonomie und Ökologie. Rohstoffprospektion und Rohstoffsicherung in der Steiermark am Beispiel der "Massenrohstoffe". - Sand & Kies aktuell, Nr. 13, 93, S.1-5, Wien.
- GRÄF, W. & NIEDERL, R. (1994): Zwanzig Jahre Rohstoffforschung in der Steiermark 1974 – 1994. - Steir. Beiträge zur Rohstoff- und Energieforschung, Heft 10, Graz.
- GRÄF, W., & HUBMANN, B. (1996): Vorwort zum Tagungsband der 2. Tagung der Österreichischen Paläontologischen Gesellschaft in Graz 1995. - Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmus. Joanneum, H.54, 5-6, Graz.
- GRÄF, W. (1996): Links und Rechts der Fahrtroute Graz – Marburg – Pettau. Eine Reise in die geologische Vergangenheit. – Führer Betriebsausflug 1996 des Landesmuseums Joanneum, 2 S., Graz.
- GRÄF, W., FLADERER, F. & FUCHS, G (1997): Höhlensedimente im Grazer Bergland. – Landesmuseum Joanneum, Jahresbericht 1996, N.F. 26, 201-215, Graz.
- GRÄF, W. & POSTL, W. (1998): Zur Geologie und Mineralogie. In: Lebensraum mit Geschichte. Der Grazer Schloßberg. - Austria Medienservice, 1998, 91-102, Graz.



# Wissenschaftliche Beiträge





# Eine rezente Großrutschung im Kleinen SölktaI der zentralen Obersteiermark

Leander Peter BECKER und Siegfried HERMANN

Mit 12 Abbildungen

## Zusammenfassung

Eine etwa 3,5 Mio. m<sup>3</sup> umfassende Rutschmasse im Kleinen SölktaI der Obersteiermark, entwickelt in Hangschutt über kristallinem Grundgebirge, zeigt seit 1979 erhöhte Aktivität. Das Verformungsverhalten dieser aktiven Translationsrutschung ist durch umfassende geodätische sowie geotechnische Messungen (Schlauchwaage, Inklinometer) dokumentiert und belegt jahreszeitlich und niederschlagsbedingte Bewegungsraten. Die potentielle Gefahr von großen Massenbewegung liegt in ihrer unabschätzbaren Eigendynamik bei extremen Witterungseinflüssen unter fatalen Begleiterscheinungen wie Murestöße oder Überflutungen. Unter diesen Aspekten muß das Gefahrenpotential der Großrutschung bei Kleinsölk als ein evidentes und beachtliches betrachtet werden.

## Summary

Nearby the village Kleinsölk within the mountainous Obersteiermark-district (Austria) an active landslide of about 3,5 million cubicmeters rock slope debris, derived from kristalline basement rocks is observed since 1979. Seasonal- and rainfall triggered deformation of this translatory type landslide is documented through geodetic as well as geotechnical instrumentation. The potential risk of this large scale landslide causes as is possible transformation into hazardous downslope movement accompanied by torrential flood events, under influence of highest precipitation.

## Einleitung

Etwa 2 km südlich der Ortschaft Kleinsölk (Abb.1), der Kernzone des Naturparkes SölktaIer der Obersteiermark werden seit 1979 in der orographisch rechten Talflanke deutliche Bewegungen eines im Mittel etwa 250 m breiten

Schuttkörpers (Abb.2) festgestellt. Rezent reicht die oberste Abrißkante dabei bis zur Höhenkote 1530 m (KOLLE, 1997). Der tiefste Stirnbereich, der Fuß der Rutschung liegt derzeit bei 940 m. Dies ergibt, bei einer mittleren Hangneigung von 34° eine Gesamtlänge der Rutschmasse von rund 900 m. Daraus errechnet sich bei einer mittleren Mächtigkeit von 15 m ein Gesamtvolumen der Massenbewegung von mindestens  $3,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

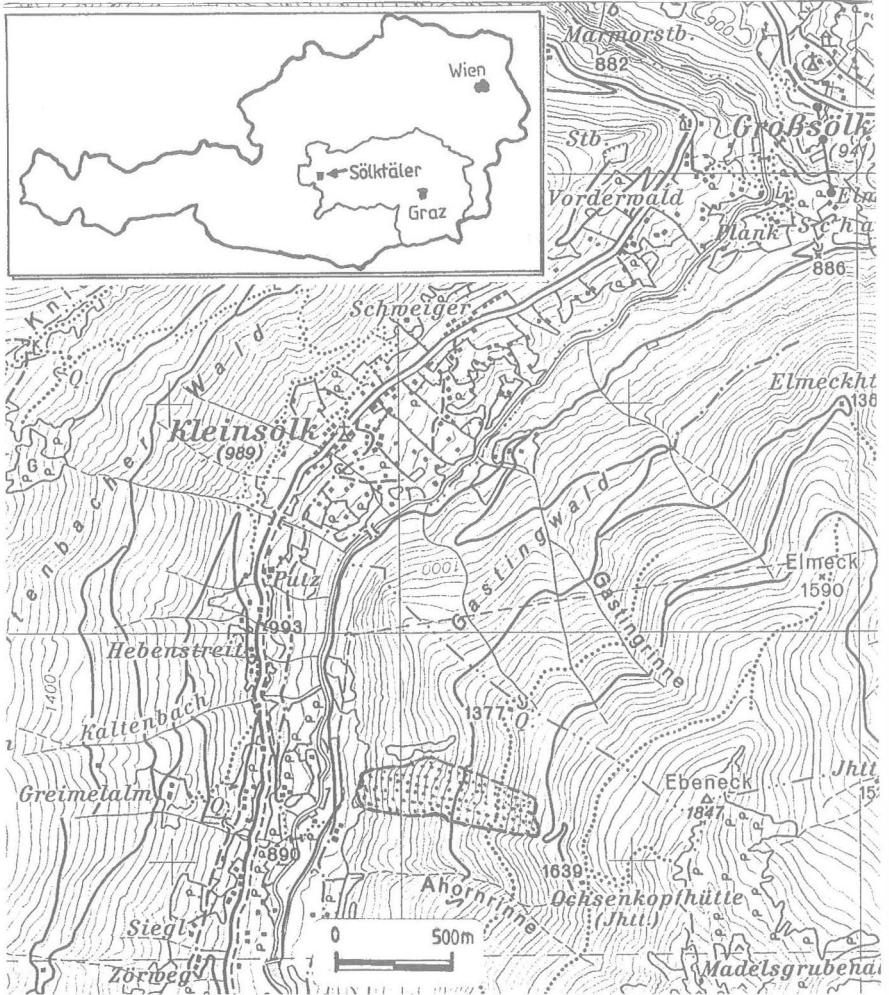


Abb. 1: Das punktierte Areal (Bildmitte) markiert die Rutschung "Kleinsölk". Ausschnitt aus der topographische Karte Österreichs, Blatt ÖK 128, Gröbming. Insert: Lage der Sölktrailer innerhalb der Obersteiermark.



Abb. 2: Blick auf den instabilen Westhang im vorderen Kleinsölktal unterhalb des Ebeneck, von der gegenüberliegenden Talflanke (Greimelalm) aus betrachtet, Aufnahme Sommer 1995. Die langgestreckte Rutschung Kleinsölk (Bildmitte) begrenzen lateral und im oberen Abrißbereich aktive Erosionsherde (helle Areale). An der Rutschungsstirn markieren vegetationslose Bereiche den Abriß der Sekundärrutschung.

Die Großmassenbewegung liegt im Glimmerschiefer-Komplex des mittelostalpinen Kristallins der Niederen Tauern (BECKER, 1981). Aufschlüsse seitlich und oberhalb der Rutschung zeigen quarzitische Glimmerschiefer mit wechselndem Granatanteil. Geringmächtige Züge von Hornblendschiefer bis Grobkornamphibolite können eingeschaltet sein. Die dominanten Schieferungsflächen streichen E-W bis NW-SE bei mittelsteilem N- bis NE Einfallen. Eine steil nach N einfallende Achsenflächenschieferung überprägt die ältere Hauptfoliation und steht mit Kleinfalten flach E - W orientierter Faltenachsen in Verbindung.

Die Hauptklufscharen streichen E-W mit steilem N- bis saigerem Einfallen (K1), weiters NE-SW ebenfalls mit steilem Einfallen nach SE oder NW (K2). Die oben genannten Schieferungsflächenscharen fungieren mechanisch auch als Haupttrennflächen (K3).

## 2. Genese der Rutschung

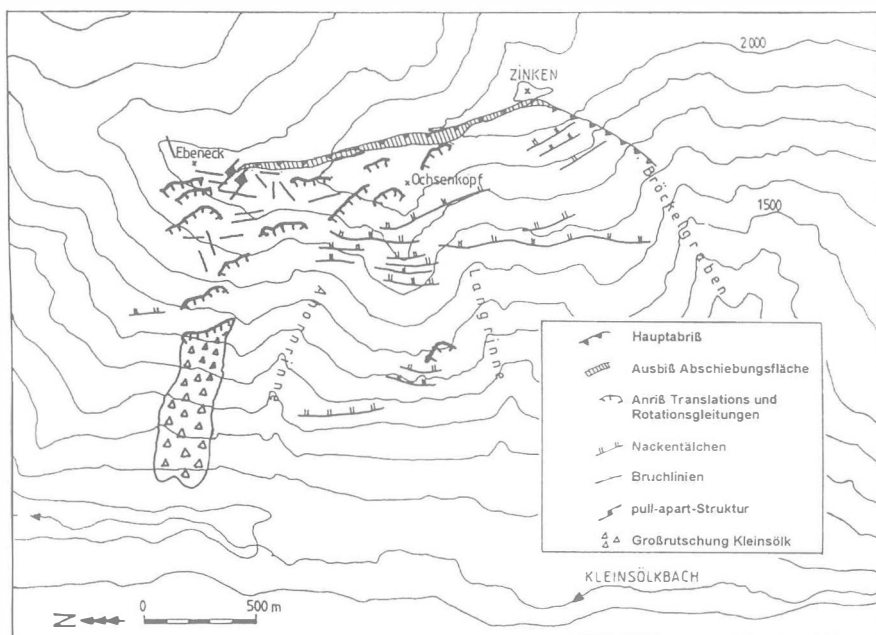


Abb. 3: Vereinfachte morphostrukturelle Karte der orographisch rechten Hangflanke des Kleinsölktales. Die rezent aktive Rutschmasse liegt im Randbereich einer übergeordneten Massenbewegung, der Sackung Zinken-Ebeneck. Nährgbiet der Rutschung ist ein tiefreichend entfestigtes Gebirge in der lateralen Zerrzone nördlich der Doppelgratstruktur der genannten Sackung.



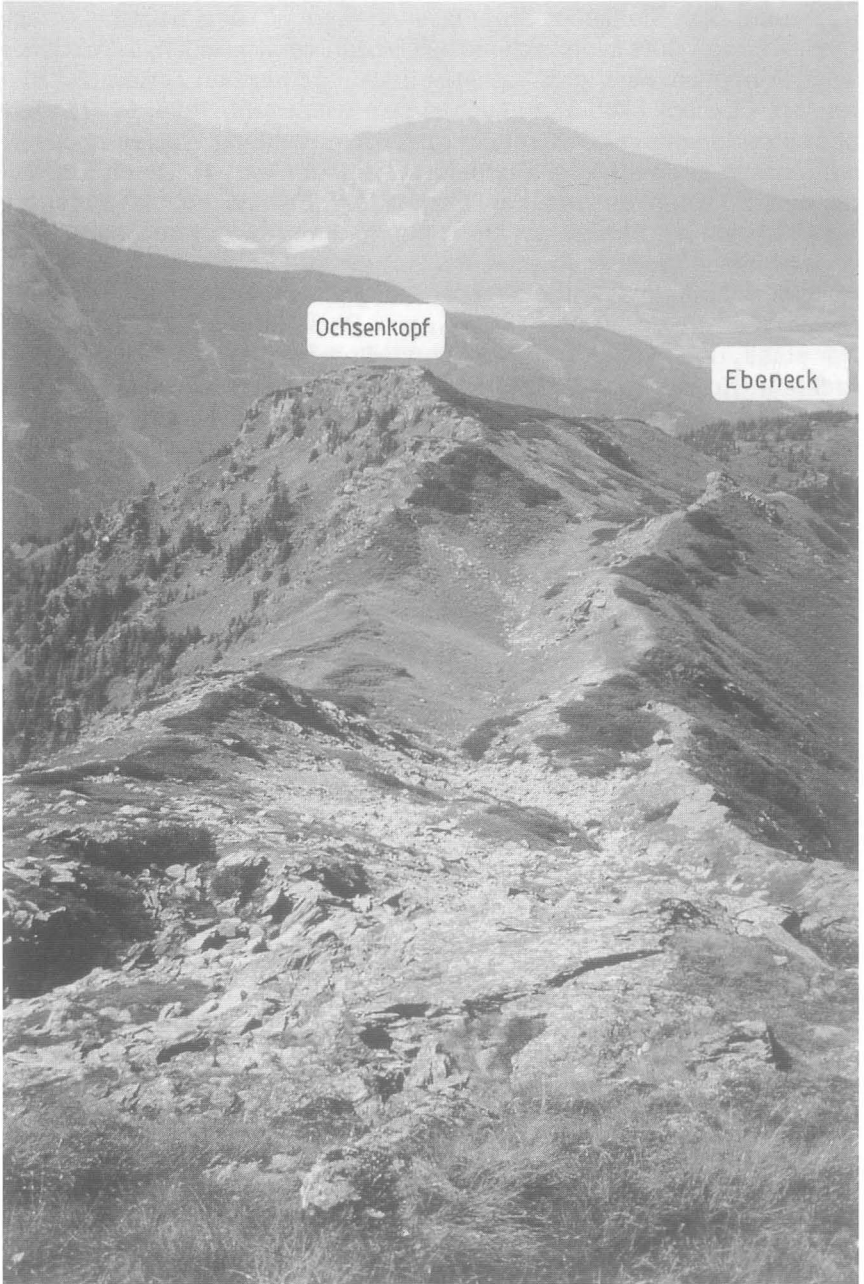


Abb. 4: Doppelgratbildung im Kammgebiet nördlich des Zinken, Blickrichtung Norden, im Hintergrund das Ennstal bei Gröbming und die Kammspitze der Nördlichen Kalkalpen. Der "Ochsenkopf" ist entlang der Kammtalung um etwa 40 m gegen Westen (links) abgeschoben.

Die primäre Ursache dieser Großmassenbewegung, eine typische Transitionsrutschung, dürfte in der sich nachpleistozän entwickelnden, tiefreichenden Hangdeformation, einer großflächigen Sackung zwischen Zinken (2-120 m) und dem Ebeneck (Abb.3) zu suchen sein (HERMANN, 1996, 1997). Dabei hat sich der ursprüngliche Grat um rund 45 m Richtung Westen abgesetzt, sodaß heute ein markanter Doppelgrat vorliegt (Abb. 4). Durch Eisschuhe übersteilte Talflanken und der Wegfall der Eismassen als Widerlager destabilisierten die Felsflanken bis in den Kambereich. Kriechende Bewegungen entlang breiterer Abschiebungszonen setzten ein und verursachten neben dem Materialdefizit in höheren Hangbereichen konvexe Flankenschnitte oberhalb des heutigen Talniveaus. Diese Sackungsmasse ist heute zwar stabil, doch kam es in den übersteilten Flanken und speziell in der nördlichen Randzone der Sackung, dort wo das Trennflächengefüge stark entfestigt ist, zur Ausbildung eines selbständigen Bewegungskörpers (Hermann, 1997). Dessen Form ist bereits auf älteren Karten und Luftbildern erkennbar, die Bewegungsgeschwindigkeiten dürften aber sehr gering gewesen sein.

Erst im Jahre 1976 veränderte ein starker, breitflächiger Windbruch das weitere Verhalten des Rutschkörpers. Die starken Vibrationen zur Zeit des Windbruches (einem leichten Erdbeben gleichzusetzen), die momentane Auflockerung des Schuttkörpers und die Zerstörung des geschlossenen Waldbodens hatten zur Folge, daß die nachfolgenden großen Niederschlagsmengen der Jahre 1978 und 1979 konzentriert in den Boden einsickern konnten und dabei eine Reaktivierung des labilen Bereiches auslösten. Ein Oberflächenabfluß im Bereiche der Rutschmasse war ebenso wenig gegeben wie eine Wasseraufnahme durch Wurzeln oder Verdunstung durch Vegetation und Boden. Die eindringenden Meteorwässer wie auch die intensive Schneeschmelze im Frühjahr 1979 sättigten die Rutschmasse, reduzierten die Scherparameter (Kohäsion und innere Reibung) in der basalen Bewegungszone, der Gleitfläche, und bauten zusätzlich einen Strömungsdruck auf. Dies führte zu Abschiebungen des auf der Höhe der schichtlinie 1.250 m liegenden Forstweges ("mittlerer Weg") um drei Meter innerhalb weniger Wochen (mündl. Mitteilung von Oberförster Karl Peitler der Forstverwaltung Großsölk).

### **3. Geotechnische Maßnahmen, Bewegungsüberwachung**

Nach mehreren Begehungen in den Jahren 1979/80 wurde gemeinsam mit der STEWEAG, die eine Gefährdung ihres knapp unterhalb der Rutschmasse liegenden Hangkanals sah, ein umfangreiches geodätisches Meßprogramm aufgestellt. Insgesamt wurden im September 1980 neun Meßstellen markiert, die jeweils vom Gegenhang kontrolliert werden. Zu Beginn wurden bis :

viermal pro Jahr Messungen, ab 1991 eine Kontrollmessung, jeweils nach der Schneeschmelze, durchgeführt. Bis zum Jahr 1996 liegen so insgesamt 30 Messungen vor. Die Geologische Karte (Abb.5) zeigt auch die Lage der einzelnen Meßpunkte.

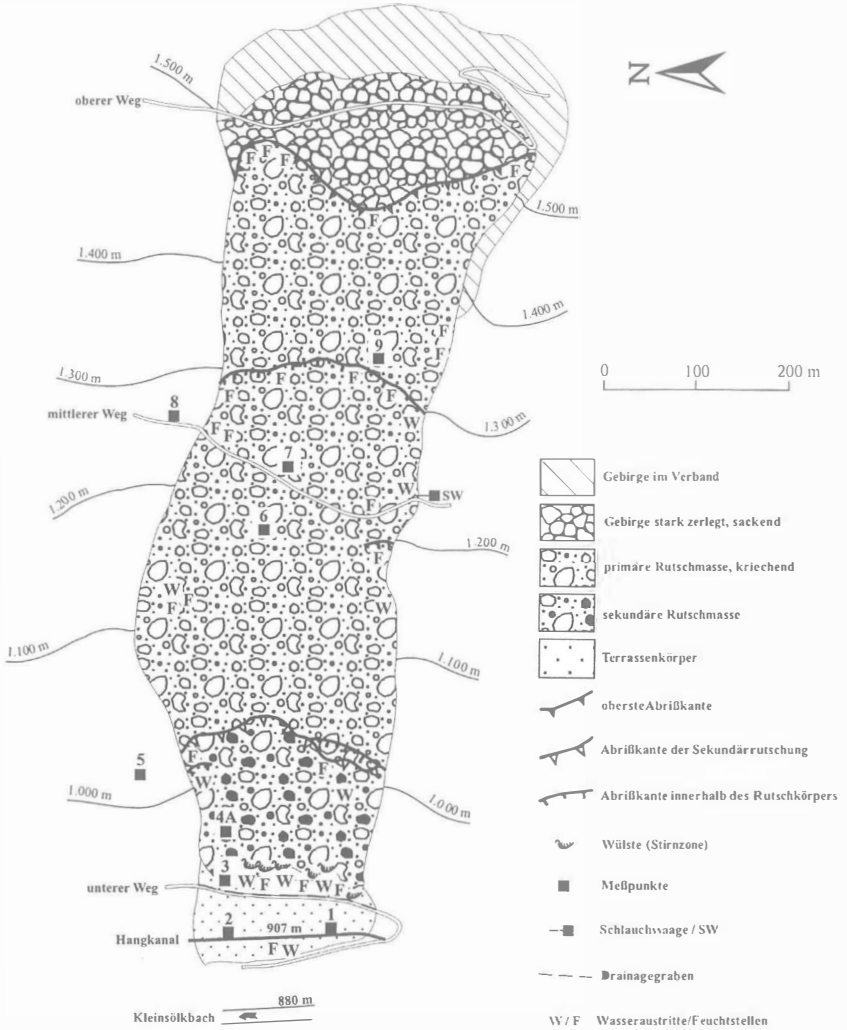


Abb. 5: Geologische Karte der Rutschung Kleinsölk, leicht verändert nach KOLLE, 1997.

Die Punkte 1 und 2 sind am Hangkanal unterhalb der Rutschung fixiert, die Punkte 3, 5 und 8 liegen seitlich und die Punkte 4, 4a, 6, 7 und 9 innerhalb des Rutschkörpers. Jene außerhalb der Rutschung liegenden Punkte zeigen

nur sehr geringfügige Positionsveränderungen (Abb. 6). Diese sind vornehmlich auf Bewegungen des Fixpunktes A im "stabilen" Gegenhang zurückzuführen und zeigen im Durchschnitt 1 - 2 cm Verschiebungsbetrag pro Jahr an. Der Punkt 4 (Messung 1989 eingestellt) bzw. sein Ersatzpunkt 4a liegen im übersteilten Stirnbereich der Rutschung. Deren recht hohe Versatzbeträge geben Bewegungen von Sekundärverschiebungen der Stirnzone wieder. Das Bewegungsverhalten im Mittelabschnitt der Rutschung ist an den Meßpunkten 6, 7 und 9 abzulesen. Demnach hat sich die Schuttmasse von 1979 bis 1997 bis zu 11 m talwärts bewegt, wobei die maximalen Versatzbeträge am Südrand der Rutschung zu beobachten sind. Diesen Trend, der eine leichte rechtssinnige Internrotation zur Folge hat, verdeutlichen die Setzungsmessungen an der 1992 installierten "Schlauchwaage" (elektronische Druckmessung) am mittleren Weg. Während die Absetzung des Weges in der südlichen Scherzone des Rutschungsrandes seit 1992 über 3,40 m betragen hat (Abb.7, Abb.8, Abb.9), zeigt die geodätische Vertikalmessung des Punktes 6, am Nordrand der Rutschung gelegen, eine Absetzung von nur 1,90 m.

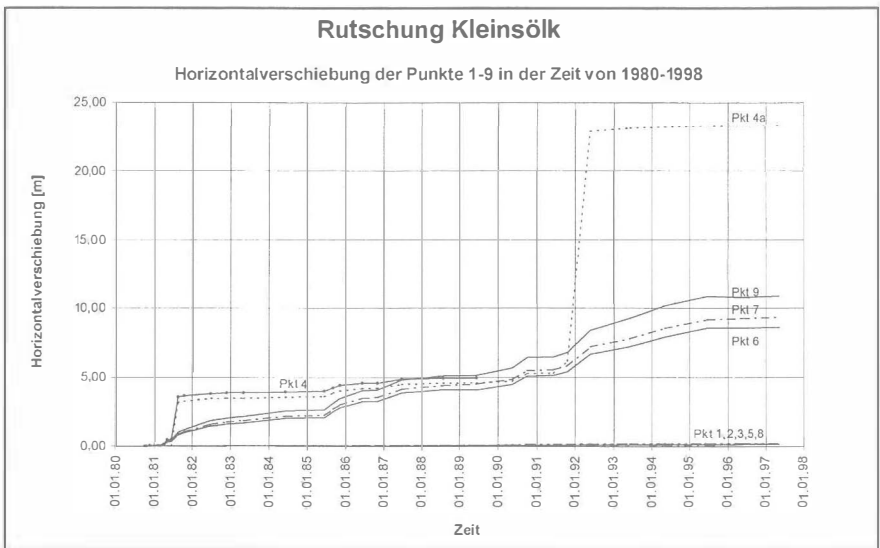


Abb. 6: Horizontalverschiebung der geodätischen Meßpunkte von 1980 bis 1998. Deutliche Bewegungsschübe sind 1985 und 1992 gegeben. Die Punkte 4 und 4a liegen am Fuß der Rutschung, innerhalb der Sekundärverschiebung und belegen die höchsten Versatzbeträge (1992 etwa 23 m). Die Punkte 6, 7 und 9 dokumentieren das Verformungsverhalten im Mittelabschnitt und sind repräsentativ für das Gesamtbewegungsverhalten. Die Punkte 1, 2, 3, 5 und 8 liegen außerhalb der Rutschmasse.

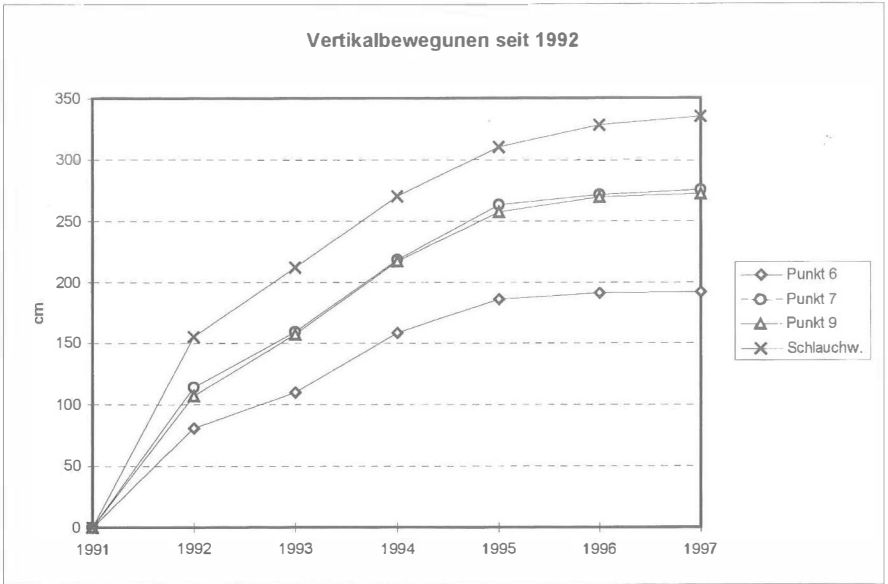


Abb. 7: Vertikalbewegungen der geodätischen Meßpunkte 6, 7 und 9 sowie der am mittleren Weg installierten Schlauchwaage seit 1992. Die unterschiedliche Versatzbeträge entlang der Meßlinie der Punkte 6, 7, 9 zeigen rechtssinnige Interrotation der Rutschung an.



Abb. 8: Versetzung des "mittleren Weges" entlang der südlichen Scherzone um ca. 12 m, Aufnahme 1992. Im Hintergrund die Ortschaft Kleinsölk, auf der Verebnung einer Terrasse gelegen.



Abb. 9: Klaffende, gestaffelt angeordnete Zerrspalten am Südrand der Rutschung, im Bereich des mittleren Weges, zeigen die hohe Aktivität im Jahre 1992, sowie Scherdeformation am Rand der Rutschung an.

Die Schlauchwaage zeigt aber als permanent messendes System auch das tatsächliche Verformungsverhalten der Rutschmasse. Abb.10 zeigt den Zusammenhang von Setzungsrate und Niederschlag im Zeitraum April-Mai des Jahres 1992 auf, worin die Setzungen von 12. April bis zum 27. April nur geringfügig zunehmen. Mit dem Anstieg der Temperaturen Ende April

erhöhen sich die Bewegungen aufgrund einsetzender Schneeschmelze und gleichzeitiger Niederschläge (am 29. April etwa 40 mm, zum Teil als Schneeregen) zusehends. Obwohl dann im Mai nur noch einzelne, geringfügige Niederschläge zu verzeichnen waren, bewegte sich die jetzt wasserangereicherte Masse bis zu 1,60 m im Monat Mai. Dies bedeutet eine mittlere Geschwindigkeit von beachtlichen 5 cm/Tag. Der maximale Versatz in dieser Bewegungsphase betrug 8,7 cm/Tag.

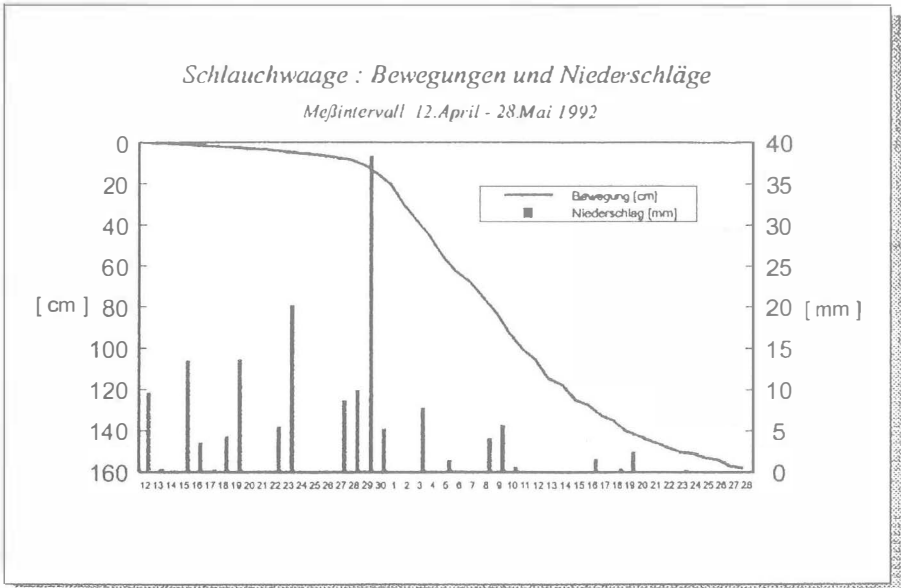


Abb. 10: Detailausschnitt der Vertikalbewegungen der Schlauchwaage im Zeitraum April/Mai 1992 mit einem Gesamtversatz von über 150 cm, den Niederschlägen gegenübergestellt. Die Bewegungen setzen Mitte April ein (Schneeschmelze) und beschleunigen Ende April, nach vier Regentagen (aus KOLLE, 1997).

Anfang des Jahres 1991 wurden am mittleren Weg drei Kernbohrungen (P1, P2, P3) und zwei Hammerschlagsondierungen (P4, P5) niedergebracht. Die Kernbohrungen reichen bis mehrere Meter in den anstehenden Fels, einen stark verfallenen, quarzitäen Granatglimmerschiefer mit Amphibolit-einschlüssen. Im Überlagerungsbereich, der überwiegend aus schluffigsteinigem bis blockigem Hangschutt besteht, konnten mehrere Strecken von tonigen Schluffen bis Schluffton mit scherbigen Komponenten unterschiedlicher Konsistenz, ausgeschieden werden.

Die Bohrungen P1, P2 und P3 wurden mit Inklinometerstrecken bestückt. In der Bohrung P1 liegt die Oberkante des Gleithorizontes in einer Teufe von 11 m, in der Bohrung P2 und P3 bei 17 m bzw. 17,5 m (Abb.11). Der Gleithorizont liegt demnach innerhalb der Hangschuttmasse und nicht im

Übergangsbereich von Hangschutt zum anstehenden Fels. Liegend des Gleithorizontes wurde trockener, meist steiniger Schutt bis Blockwerk, welches als älteres Bergsturzmaterial gedeutet werden kann, erbohrt.

Wie das Profil entlang des mittleren Weges zeigt, ist die Querschnittsform des Rutschkörpers asymmetrisch (Abb. 11). Die südliche Flanke dürfte durch die, am oberen Weg ausbeißende Mylonitzone, die unter  $40^\circ$  gegen NNE einfällt, markiert sein. Diese Annahme konnte auch durch refraktionsseismische Untersuchungen (MAURITSCH, 1991; ARNDT et al., 1997) bestätigt werden.

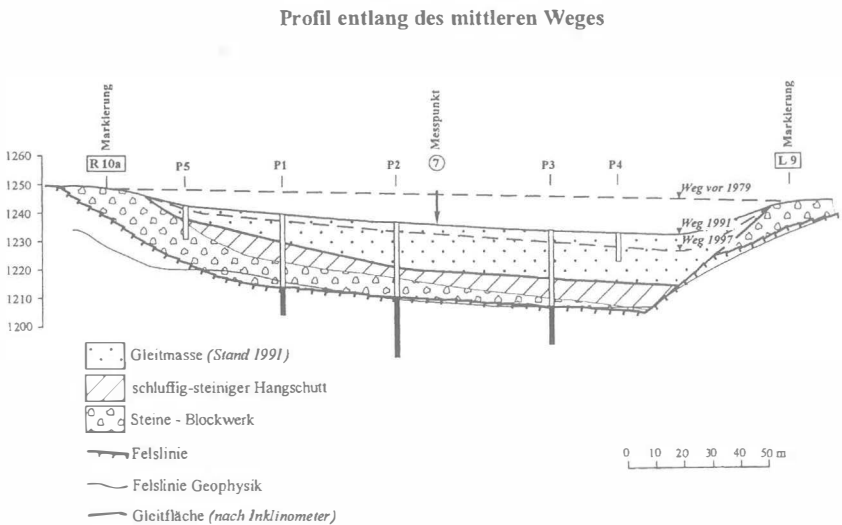


Abb. 11: Profilschnitt quer zur Rutschung entlang des mittleren Weges. Deutlich ist die Asymmetrie des Rutschkörpers in rinnenförmigem Untergrund erkennbar.

Die Bohrungen P1 bis P5 wurden zusätzlich als Pegel (Piezometer) ausgebaut. Ein zusammenhängender Hangwasserspiegel konnte jedoch nicht beobachtet werden. Im Zeitraum von Juni bis November 1991 waren die Bohrungen meist trocken, lediglich an den Bohrlochenden dürften sich geringe Mengen Sickerwasser angesammelt haben. Im Zeitraum von Mai bis Juni 1992 waren zwar höhere Wasserstände meßbar, doch waren zu diesem Zeitpunkt die Pegelrohre wie auch die Inklinometer bereits abgeschert, sodaß "es sehr wahrscheinlich ist, daß dabei, infolge Scherverschiebung, eine Abdichtung eintrat und daher das von oben, vermutlich durch die Muffen der Pegelrohre einsickernde Wasser nicht nach unten abfließen konnte" (SCHÖBER, 1992).



Im Herbst 1992 wurde am Fuß der Rutschung, oberhalb des unteren Weges, ein bis 2 m tiefer Drainagegraben ausgebildet (siehe Abb. 5). Damit sollte einerseits ein Einsickern der aus dem Rutschkörper austretenden Wässer in den liegenden, noch stabilen Terrassenkörper verhindert werden, andererseits bot sich damit aber auch die Möglichkeit einer weiteren Aufklärung der Bewegungsursachen, indem man nun z.B. das Verhältnis der Bewegungstendenz zur Wassermenge oder Strömungsdruckwirkungen im Fußbereich untersuchen konnte. An einem Kontrollschacht am Ende der Drainagestrecke werden seit Jänner 1993 Wasserabflußmessungen durchgeführt und ausgewertet (ARGE Geotechnik-Messtechnik, Prodingler & Pötscher, Graz). Diese zeigten, daß während der Wintermonate die Schüttungen bei nur 0,05 bis 0,4 l/sec liegen. Im Frühjahr steigen die Schüttungen bedingt durch Schneeschmelze und zum Teil auch durch höhere Niederschläge bis über 2 l/sec an. Die bislang höchste Schüttung wurde am 29. Juni 1994 gemessen und korreliert mit 60 mm Niederschlag schwerer Unwetter, die im nahe gelegenen Großsölk und Feistergraben schwere Sachschäden verursachten (HERMANN & BECKER, 1998). In den Sommer- und Herbstmonaten betragen die Schüttungen durchschnittlich 0,1 bis 1,2 l/sec und zeigen eine direkte Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen.

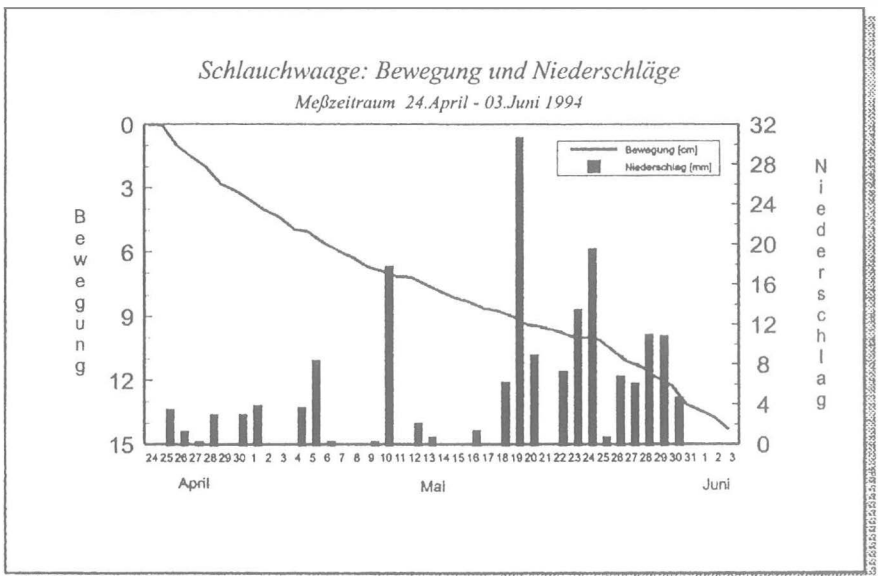


Abb. 12: Die Vertikalbewegungen der Schlauchwaage geben im Beobachtungszeitraum April/Juni 1994 keinen deutlichen Zusammenhang mit Niederschlägen wieder (aus KOLLE, 1997).

Bisher konnte jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Bewegungsrate der Rutschung und abfließender Bergwassermenge erkannt werden, auch weil seit Beginn der Abflußmessungen größere Verformungen nicht auftraten. Zudem waren mehrere Defekte an der Schlauchwaage eingetreten.

Jedoch korrelieren die Sommerniederschläge mit den gemessenen Abflußmengen des Drainagesystems positiv. So haben etwa im Monat Juni 1993 die regenfreien Tage einen Abfluß von 0,1 - 0,15 l/sec gezeigt. An Regentagen erwirkten 10 mm Tagesniederschlag bis 0,4 l/sec Abfluß, 15-20 mm Tagesniederschlag etwa 0,5 bis 0,8 l/sec Abfluß und 20-36 mm Tagesniederschlag 1,0 - 1,2 l/sec Abfluß. Im Juli 1993 lag der Basisabfluß an regenfreien Tagen bei 0,25 bis 0,4 l/sec, bei Regen mit 15-20 mm Tagesniederschlag stiegen sie auf 0,5 - 1,0 l/sec und bei 25-30 mm Tagesniederschlag auf 1,2 - 1,5 l/sec Abfluß an. Die Setzungen waren in diesem Zeitraum allerdings sehr gering. Die Schlauchwaage zeigte im Juni und Juli 1993 Vertikalbewegungen von insgesamt nur 4 cm an. Das entspricht einer Bewegungsrate von durchschnittlich 0,7 mm/Tag.

Anfang Mai 1994 lag der Basisabfluß unter dem Einfluß der Schneeschmelze bei 0,4 l/sec und fiel dann bis Monatsmitte auf 0,25 l/sec zurück. Bedingt durch die Anhäufung von Niederschlägen vom 18. bis 30. Mai (Abb. 12) stieg der Abfluß auf 0,4 l/sec an. Die Regentage mit 10 mm bis 20 mm Tagesniederschlagssummen bedingten ein sofortiges Ansteigen der Abflußwerte auf 1,0 und 1,5 l/sec. Im selben Zeitraum schwankten auch die Setzungsgeschwindigkeiten und könnten einen Zusammenhang zwischen Niederschlägen bzw. Basisabfluß und Bewegungsraten anzeigen. Die Bewegungen betragen nämlich zu Beginn wie auch am Ende des Monats unter erhöhtem Basisabfluß (0,4 l/sec) 4,3 mm täglich. In der Monatsmitte betragen die Bewegungen, bei niedrigem Basisabfluß (0,25 l/sec), durchschnittlich 2,6 mm/Tag.

#### **4. Ausblick**

Das zukünftige Bewegungsverhalten des Rutschkörpers kann nur grob abgeschätzt werden. Es wird vor allem davon abhängen, in welchem Verhältnis die klimatischen Einflußfaktoren zusammenwirken werden. Durch die globalen Klimaveränderungen können extrem ungünstige Witterungsbedingungen nicht ausgeschlossen werden. Die Spitzenwerte der täglichen Niederschlagssummen lagen in den letzten 15 Jahren im Kleinen Sölkta bei 30 bis 60 mm. Zum guten Glück waren es stets große Sommerregen, die sich nicht mit Schneeschmelzphasen überlagerten.

Im alpinen Katastrophenjahr 1987 blieb das kleine SölktaI von extremen Niederschlägen verschont. Wir erinnern uns aber an die Hochwasserereignisse von Juli und August in den Bundesländern Tirol, Salzburg und Oberösterreich sowie der westlichen Steiermark im Raum Koralm und Deutschlandsberg (AULITZKY, 1988; KRAVOGEL, 1988). Damals verursachten über 100 mm Tagesniederschlagssummen im Zusammenspiel mit der spät einsetzenden Schneeschmelze Überschwemmungen, Muren, Rutschungen und Bergstürze. In den Schweizer Alpen haben mehrere Tage anhaltende Unwetter, mit Tagesniederschlagssummen bis zu 150 mm, Schäden in einem noch nie dagewesenen Ausmaß hinterlassen (GÖTZ et al., 1988). Dem großen Bergsturz am Monte Zandila im Veltlinal Oberitaliens gingen 800 mm Niederschlag in einer Woche, unter extrem erhöhter Gletscher- und Schneeschmelze, voraus (BECKER & LITSCHER, 1988; GOVI, 1988).

Das gleichzeitige Zusammenwirken solcher Extremereignisse würde bei der Rutschung im Kleinen SölktaI bedenkliche Folgen haben. Nicht auszuschließen wäre dann ein rasches Abgleiten der gesamten Rutschmasse bis in den Talbereich mit einer Aufbrandung der Schuttmassen auf den Gegenhang. Eine dammähnliche Sperre würde entstehen, welche die Wassermengen aus dem rund 120 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet des Kleinsölktales aufstauen könnte. Bei anschließender Erosion des Dammes könnte sich eine Flutwelle entwickeln, die für die talabwärts gelegene Ortschaft Stein a.d. Enns eine nicht zu unterschätzende Gefährdung bedeuten könnte.

Das hier beschriebene Ereignis gibt den hoffentlich nicht eintretenden Extremfall ("worst case-Szenario" ) dieser möglichen Naturkatastrophe wieder und diente als Grundlage für den, vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung, der Abteilung für Katastrophenschutz und Landesverteidigung ausgearbeiteten Katastrophenschutzplan.

Im Kapitel 3 wurden die bisher ausgeführten Meß- und Kontrollsysteme beschrieben. Wünschenswert wäre, vor allem um ein gut funktionierendes Frühwarnsystem errichten zu können, die Installierung eines informatikunterstützten, automatischen und permanenten Messsystems. Mehrere Parameter, wie Tagesniederschläge und Tagestemperaturen in verschiedenen Höhenlagen, Vertikalbewegungen der Schlauchwaage, Verformungen mittels Extensometer, Gleitmikrometer, Auto-Servotheodolit (Robotertheodolit) sowie die Abflusmengen am Ende des Drainagegrabens sollten berücksichtigt sein.

## Literatur

ARNDT, R., RÖMER, A. & SEIBERL, W. (1997): Geophysikalische Untersuchungen auf Hangbewegungen, Fallbeispiele aus Österreich. - Mitt. IAG-Boku, Reihe Angew.Geowiss, Heft 8, 23-49, Wien.

- AULITZKY, H. (1988): Sommerhochwässer 1987 in Tirol - Naturkatastrophen oder fehlende Vorbeugung. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 118-122, Wien.
- BECKER, L. P. (1981): Zur Gliederung des obersteirischen Altkristallins (Muriden). Mit Bemerkungen zu den Erzvorkommen in den einzelnen Kristallinkomplexen. - Verh. Geol. B.-A., 1981 (2), 3-17, Wien.
- BECKER, L. P. & LITSCHER, H. (1988): Der Bergsturz vom Monte Zandila, Veltlinal. - Felsbau 6/2, 75-77, Essen.
- GÖTZ, A., PETRASCHECK, A. & ZELLER, J. (1988): Vorläufige Analyse der Elementarkatastrophen des Jahres 1987 in der Schweiz. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 141-149, Wien.
- GOVI, M. (1988): Hochwasser und Bergstürze im Veltlin im Juli 1987. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 149-152, Wien.
- HERMANN, S. (1996): Initiale Bergzerreiung als Gefahrenherd für Bergstürze, Nährgebiet für Muren und Großrutschungen. Beispiele aus dem Naturpark Sölkäler, Österreich. - Interpraevent 1996, Bd. 1, 409-418, Villach.
- HERMANN, S. (1997): Tiefreichende Hangdeformationen im Kristallin der Niederen Tauern. - Unveröff. Diss. Naturwiss. Fak. Univ. Graz, 191+36 S, 75 Abb., 4 Tab., 37 Taf., 6 Beilagen, Graz.
- HERMANN, S. & BECKER, L. P. (1998): Rutschungs- und Erosionserscheinungen im Naturpark Sölkäler, ausgelöst durch ein Niederschlagsereignis vom 29. Juni 1994. - Mitt. Naturw. Ver. Stmk., eingereicht.
- KOLLE, R. (1997): Geotechnische Analyse zur rezenten Großrutschung Kleinsölk (Stmk). Unveröff. Diplomarbeit Naturwiss. Fak. Univ. Graz., 81 S., Graz.
- KRAVOGEL, A. (1988): Vorläufige Analyse der Hochwasserereignisse des Jahres 1987. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 152-156, Wien.
- MAURITSCH, H. J. (1991): Geophysikalische Untersuchungen an der Hangrutschung "Klein Sölk". - Bericht am Inst. für Geophysik Leoben.
- SCHOBER, W (1992): Unveröff. Gutachten, Zwischenbericht 1992 im Auftrag der STEWEAG, Graz.

Anschrift der Verfasser:



Univ.-Prof. Dr. Leander P. BECKER      Univ.-Ass. Dr. Siegfried HERMANN  
 Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens Universität Graz,  
 Heinrichstr. 26, A-8010 Graz.

## **Abwasserentsorgung für Bleiburg, Feistritz ob Bleiburg, Globasnitz**

Hans BERGHOLD, Thomas UNTERSWEG, Erling MÖLBACH  
und Alfred POSCH

### **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Studie sind Lösungsvorschläge für die Abwasserentsorgung der Gemeinden Bleiburg, Feistritz ob Bleiburg und Globasnitz im Sinne der Aufträge vom Dezember 1994 ausgearbeitet worden. Zentrale Fragen waren die Kostenvergleichsrechnung der Varianten, die Auswirkungen der Versickerung von Klarwasser auf das Grundwasser und die Art der Klärschlammverwertung bzw. -entsorgung.

Folgende mögliche Varianten einer Abwasserentsorgung werden verglichen: Variante 1 (Verbandslösung von DI Kronawetter); Variante 2 (dezentralste Variante - nur Einzelanlagen); Variante 3 (ARA Bleiburg) wobei Teile von Globasnitz, Feistritz und Bleiburg in diese Kläranlage eingeleitet werden; Variante 4 (gemeindeeigene Kläranlagen). Die Kostenvergleichsrechnungen wurden mit zwei Ansätzen durchgeführt. Im Szenario 1 wird von einer firmenmäßigen Errichtung aller Anlagen ausgegangen und im Szenario 2 von der Errichtung der Kleinkläranlagen unter Einbringung von Eigenleistungen.

Die Ökologische Bewertung beinhaltet die Abschätzung der Auswirkung der verschiedenen Varianten auf Grund- und Oberflächenwasser, auf die Möglichkeiten der Klärschlammverwertung, die Frage des Energieeinsatzes und die Umsetzbarkeit.

Eine Abschätzung des anthropogen bedingten Nitrateintrages in das Grundwasser des Jaunfeldes ergab, daß durch die landwirtschaftliche Tätigkeit der Hauptteil des Eintrages erfolgt. Die Versickerung von häuslichem Abwasser ist in der Gesamtbilanz der drei Gemeinden von untergeordneter Bedeutung, kann jedoch lokal eine größere Wirkung erzielen.

Aufgrund der sehr mächtigen Grundwasserüberdeckung ist nur noch der Nitrateintrag für eine Grundwasserbeeinträchtigung als relevant anzusehen.

Ergebnis:

Die Kostenberechnungen ergeben, daß es am günstigsten ist, die Bereiche Globasnitz bis Traundorf der Gemeinde Globasnitz, St. Michael und Gonowetz der Gemeinde Feistritz sowie Ebersdorf, Bleiburg und Einersdorf der Stadtgemeinde Bleiburg zusammenzufassen und das Abwasser in einer gemeinsamen Kläranlage in Bleiburg zu reinigen. Gemeindeeigene Kläranlagen für diese Bereiche würden zu geringen Mehrkosten führen. In allen übrigen Siedlungsgebieten stellt die dezentrale Reinigung des Abwassers in Einzel-, Gruppen- oder Ortskläranlagen die günstigste Form der Abwasserentsorgung dar.

Die ökologische Beurteilung aufgrund von Modellberechnungen ergibt, daß bei völlig dezentraler Reinigung aller Abwässer nur mehr eine sehr geringe Grundwasserbeeinflussung gegeben ist. Bei Durchführung einer gemeinsamen Reinigung der Abwässer der dichter besiedelten Gebiete, wie oben angeführt, wird dieser Einfluß auf ein Minimum reduziert. Gleichzeitig ist durch die Klarwassereinleitungen keine Verschlechterung der Vorfluterqualität zu erwarten. Eine gemeindeeigene Lösung für Globasnitz ist günstiger zu bewerten als die Ableitung nach Bleiburg. Eine gemeinsame Reinigung der Abwässer des Zentralraumes Bleiburg wird ökologisch besser eingestuft als viele Einzellösungen für diesen Raum.

Für die Klärschlammbehandlung wird die Klärschlammvererdung in Schilfbecke vorgeschlagen, die aufgrund des Flächenbedarfes in kleineren Einheiten leichter zu realisieren ist als bei Verbandslösungen.

## 1. Einleitung

Die flächendeckende zentrale Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten ist wegen notwendiger langer Kanalstränge durch eine hohe Kostenintensität gekennzeichnet. Aus diesem Grund und wegen umfangreicher ökologischer Überlegungen wird versucht, durch Dezentralisierung der Abwasserreinigung in kleineren, den siedlungsstrukturellen und naturräumlichen Gegebenheiten angepaßten, Entsorgungseinheiten eine kostengünstige und ökologisch vertretbare Form, dem Gebot einer flächendeckenden Abwasserreinigung nachzukommen. Als erster Schritt ist daher ein Variantenvergleich der für ein Gemeindegebiet möglichen Entsorgungsstrategien durchzuführen, der einen Kostenvergleich und eine ökologische Bewertung zum Inhalt hat. Da die betroffenen Gemeindegebiete zum Großteil im Grundwasserschongebiet Jaunfeld liegen, waren vor allem die pedologische, geologische und hydrogeologische Situation bei den Variantenüberlegungen von entscheidender Bedeutung.

Neben dem fachlich inhaltlichen Teil dieser Studie darf aber die brisante gemeindepolitische Lage, die durch Vorhandensein extrem gegensätzlicher Gruppierungen von, abgekürzt ausgedrückt "Zentralisten und Dezentralisten" ausgezeichnet war, nicht vergessen werden. Für die Projektbearbeiter hat das eine Vielzahl von Diskussionen auf Gemeinde- und Landesebene bedeutet, in denen Du uns, lieber Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf, durch Deine souveräne Diskussionsleitung und vermittelnde Rolle in so mancher nervenaufreibenden Präsentationssitzung sichere Unterstützung geboten hast.

## **2. Auftrag**

Die Stadtgemeinde Bleiburg, die Gemeinde Feistritz ob Bleiburg und die Gemeinde Globasnitz haben sich entschlossen, nach Auflösung des Abwasserverbandes, eine weitere Studie über die Möglichkeiten der Abwasserentsorgung für die Gemeindegebiete erstellen zu lassen.

Die Stadtgemeinde Bleiburg hat mit dem Gemeinderatsbeschluß vom 20.12.1994, die Gemeinde Feistritz ob Bleiburg mit dem Vorstandsbeschluß vom 20.12.1994 und die Gemeinde Globasnitz mit dem Gemeinderatsbeschluß vom 16.12.1994 der Forschungsgesellschaft Joanneum Research den Auftrag zur Erstellung eines flächendeckenden Abwasserentsorgungskonzeptes erteilt. Die Zielsetzung des Projektes ist ein Variantenvergleich verschiedener Entsorgungswege:

- A) dezentralste Variante (Einzelkläranlagen)
- B) Gruppenkläranlagen (für dicht verbaute geschlossene Ortschaften)
- C) Vergleich mit den Varianten "Verbandslösung" und gemeindeeigene Entsorgung von Dipl.-Ing. Kronawetter vom März 1993

Die Vorschläge haben in Abstimmung mit dem Wasserrechtsgesetz und den gesetzlichen Bestimmungen des Bundeslandes Kärnten zu erfolgen.

## **3. Grundlagen**

Für die Durchführung eines Abwasserentsorgungskonzeptes sind rechtliche, naturräumliche und siedlungsstrukturelle Grundlagen maßgeblich.

### **3.1. Rechtliche Grundlagen**

Die gesetzlichen Grundlagen für die ordnungsgemäße Entsorgung des Abwassers bilden in erster Linie das Wasserrechtsgesetz 1959, novelliert

1990 und die dazu erlassenen Abwasseremissionsverordnungen, insbesondere die Emissionsverordnung für kommunales Abwasser vom 12.4.1991. Auf Landesebene sind weiters das Gemeindekanalisationsgesetz und die Kärntner Wasserschongebietsverordnung von zentraler Bedeutung.

Nach § 30 WRG sind *“alle Gewässer einschließlich des Grundwassers im Rahmen des öffentlichen Interesses und nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen so reinzuhalten, daß die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet, Grund- und Quellwasser als Trinkwasser verwendet, Tagwasser zum Gemeingebrauch sowie zu gewerblichen Zwecken genutzt, Frischwasser erhalten, Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstige fühlbare Schäden vermieden werden können”*.

Im § 31 WRG wird schließlich jedermann verpflichtet, sich so zu verhalten, daß eine Gewässerverunreinigung, die den Bestimmungen des § 30 zuwiderläuft und nicht durch eine wasserrechtliche Bewilligung gedeckt ist, vermieden wird.

### 3.2. Geologischer Aufbau

Der betrachtete Raum der drei Gemeinden Globasnitz, Feistritz und Bleiburg weist eine geologisch bedingte und morphologisch sehr deutlich ausgeprägte Viergliederung auf:

1. das paläozoische Grundgebirge
2. die Karawanken-Nordkette
3. das Jungtertiär
4. das Quartär des Jaunfeldes

#### Das Paläozoische Grundgebirge

Der östliche Anteil der Gemeinde Bleiburg, das sogenannte Kömmelmassiv, wird von paläozoischen Gesteinen der Magdalensberg-Serie eingenommen. Im nördlichen Teil sind es vor allem verschiedene Grünschiefer (Amphibolit-diaphthorite und Metadiabase), im Süden schwach metamorphe Tonschiefer und Quarzphyllite mit Graphitschiefern.

Ebenfalls aus paläozoischen Gesteinen - überwiegend Grauwacken, Sandsteinen und Quarziten - sind Libitschberg (630 m SH) und Rinkenbergaufgebaut.

Diese Gebiete werden aufgrund ihres pedologischen Aufbaues vorwiegend oberirdisch entwässert.



## Die Karawanken-Nordkette

Im Süden hat das Arbeitsgebiet Anteil am Zug der Karawanken und erreicht im Bereich der Petzen Höhen über 2.000 m SH (Feistritzer Sp. 2.113 m, Kordeschkopf 2.126 m). Diese höchsten Erhebungen werden, wie das gegen Norden als Sporne und Kogel vorgelagerte Bergland; bis in ca. 800 m SH herab aus Festgesteinen der Nordkarawanken aufgebaut (BAUER 1981). Es sind dies mesozoische Gesteine, in erster Linie Wettersteinkalke in massiger bis gebankter Ausprägung, im Osten untergeordnet auch massige Wettersteindolomite. Zwischen Haberkopf (1.359 m) und Homarberg in der Gemeinde Globasnitz nimmt der Hauptdolomit größere Bereiche ein. Eingeschaltet sind Carditaschichten mit Sandsteinen, Tonschiefern, Kalken und Dolomiten. Im südlichen Gemeindegebiet von Globasnitz treten gegen die Koprein Petzen in geringerer Verbreitung noch Alpiner Muschelkalk und Partnachmergel auf. Insgesamt handelt es sich größtenteils um karbonatische Gesteine der Trias (Anis - Nor), deren wichtigstes hydrogeologisches Merkmal die Verkarstungsfähigkeit ist.

Aufgrund der Löslichkeit des Kalkes kann das Niederschlags- und Schneeschmelzwasser in Klüfte und Spalten des Gesteins eindringen, diese erweitern und daher in teilweise großlumigen Hohlräumen (Höhlen) ins Berginnere gelangen. Ein großer Teil der Entwässerung verläuft daher nicht oberirdisch sondern unterirdisch. In tieferen Lagen tritt dieses sogenannte Karstwasser häufig in Form von meist größeren Quellen (Karstquellen) wieder zutage. Es hat für die Wasserversorgung größte Bedeutung und bedarf wegen der hohen Durchflußgeschwindigkeiten und häufig großräumigen unterirdischen Zusammenhänge eines besonderen Schutzes. Dem wurde durch die Einrichtung eines Quellenschutzgebietes auch entsprechend Rechnung getragen. Die Wasserversorgung der drei Gemeinden erfolgt derzeit größtenteils durch Karstwassernutzung.

Der Karawanken-Nordrand ist eine tektonisch äußerst aktive Zone, an der u.a. eine intensive Gleitschollentektonik erfolgte. Schollen von mesozoischen Karbonaten, die bereits nördlich des eigentlichen Gebirgsrandes im jungtertiären bzw. quartären Bereich als "Klippen" meist auch morphologisch in Erscheinung treten, sind im Gemeindegebiet von Globasnitz und Feistritz eine häufige Erscheinung (VAN HUSEN 1984). Beispiele sind die isolierten Hügel um die Ortschaften Globasnitz und St. Stefan (z.B. Schounza, Schienzenza) bzw. Schollen meist kleineren Ausmaßes südlich und südöstlich von Feistritz ob Bleiburg.

## Das Jungtertiär

Eingebettet sind diese Schollen aus mesozoischen Karbonaten in jungtertiäre, vorwiegend kiesige Ablagerungen, die tektonisch von den Nordkarawankendecken überschoben werden. Die Hangfußbereiche zwischen 500 m

(Schattenberg) bis 550 m (Globasnitz) und etwa 800 m SH werden von teils quarz- und teils karbonatreichen Schottern eingenommen. Bei Unterbergen, Ruttach und St. Georgen treten an der Basis dieser höheren Rosenbacher-Schichten Sande und Tone zutage. Diese feinkörnigen Sedimente sind stellenweise kohleführend.

#### Das Quartär des Jaunfeldes

Der nördliche Abschnitt des betrachteten Raumes wird, abgesehen von den mesozoischen Schollen bzw. den Aufragungen des Libitsch- und Rinkenberges, von quartären Ablagerungen eingenommen.

Reste fraglicher präwürmzeitlicher Grund- und Endmoränen (Riß) vor allem im Raum des Libitschberges und bei St. Michael weisen darauf hin, daß der Draugletscher vor der letzten Vereisungsphase des Würmhochstandes die größte in diesem Raum beobachtete Ausdehnung hatte (BOBEK 1959). Die Gletscherzunge dürfte vor allem im Süden weiter vorgedrungen sein, wo der Rand der Vereisung bei Globasnitz und Feistritz bis in die Gegend westlich von Unterloibach verfolgt werden kann. Die flächig ausgebildeten Grundmoränendecken sind feinstoffreich und weisen ungünstige Eigenschaften im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit auf.

Sehr detailreich dokumentiert ist der letzteiszeitliche Gletscherhochstand (BOBEK 1959), der durch Ufer- und Endmoränenwälle bei St. Stefan, St. Michael, am Nordwestfuß des Libitschberges bzw. Süd- und Westfuß des Rinkenberges nachvollziehbar ist. Beim und nach dem mehrphasigen Rückzug dieser letzten großen Vergletscherung wurde das Zugenbecken durch Schmelzwasserablagerungen aufgefüllt. Diese Akkumulationen stellen die große Aufschüttungsebene des Jaunfeldes dar. Die Schotterfüllung wird aus gewaschenem und daher feinstoffarmen groben Material aufgebaut. Die Kiese und Sande können als gut durchlässig bezeichnet werden. Sie sind aufgrund ihrer günstigen Aquifereigenschaften grundwasserführend.

Der präquartäre Untergrund scheint nach wenigen vorhandenen Bohrungen und seismischen Untersuchungen (GEOSEIS 1981) teilweise recht kompliziert in Rinnen und Rücken gegliedert zu sein, sodaß auch die Mächtigkeit der Talfüllung lokal stark schwankt. Am niedrigsten sind die Werte am Südrand des Jaunfeldes; zwei ältere Bohrungen südlich des Libitschberges erreichen den paläozoischen Untergrund in 16 bzw. 40 m Tiefe (freundliche mündliche Mitteilung U. Herzog 1995). Im nördlichen Abschnitt zur Drau hin kann westlich und östlich des Rinkenberges mit 50 - 60 m gerechnet werden. Zwischen Ruttach und St. Michael, aber auch am Nordausgang der Bleiburger Pforte wurden etwa 100 m Lockersedimentmächtigkeit erbohrt. Diese Talfüllung stellt den Hauptgrundwasserleiter dar, wobei die Flurabstände (Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung) größenordnungsmäßig zwischen 30

und 70 m liegen. Entlang der Drau bewirken die über dem Drauspiegel ausstreichenden wasserstauenden Gesteine der Magdalensberg-Serie den Austritt zum Teil sehr bedeutender Quellen (zwischen Humtschach und Rinkenbergr sowie im Grenzgraben), wobei die bedeutendsten in der Gegend von Draurain eine Schüttungssumme von etwa 500 l/s erreichen (ZOJER 1978, 1981).

Vereisungsspuren der letzten Kaltzeit sind auch in den Karawankentälern als mehrgliedrige Moränenwälle kartiert worden (BAUER 1981). Sie sind Zeugen einer Lokalvergletscherung, die mit dem Ferneis des Draugletschers nicht in Verbindung stand.

Am Südrand des Jaunfeldes gehen die Jaunfeldschotter in ausgedehnte Schwemmfächer über, die zwischen Feistritz und Loibach aus kalkigen, eckigen bis schlecht gerundeten Hangschutt Komponenten aufgebaut werden (ZOJER 1978). Weite Bereiche sind hier von einer mehr oder weniger mächtigen Lehmschicht bedeckt, sodaß hinsichtlich der Versickerungsmöglichkeiten keine generelle Aussage gemacht werden kann. Detaillierte Aussagen sind aber aufgrund der Kenntnis der bodenkundlichen Verhältnisse möglich.

### 3.3. Grundwasserschongebiet Jaunfeld

Das Gemeindegebiet der drei Gemeinden hat eine Fläche 164,3 km<sup>2</sup>, wovon ca. 1/3 der Fläche zum Jaunfeld gerechnet werden kann.

in km <sup>2</sup>	Baufläche	LN	Garten	Alpen	Wald	Gewässer	Sonstige	Summe
Bleiburg	0,61	24,62			44,79		5,34	75,36
Feistritz	0,21	13,83	0,89	0,32	29,67	0,07	5,73	50,68
Globasnitz	0,20	11,76	0,95	0,40	24,15	0,11	0,71	38,28
<b>Gesamt</b>	<b>1,01</b>	<b>50,21</b>	<b>1,84</b>	<b>0,71</b>	<b>98,61</b>	<b>0,18</b>	<b>11,78</b>	<b>164,31</b>

Tabelle 1: Flächenaufteilung der Gemeindegebiete von Bleiburg, Feistritz und Globasnitz

Die Untergrundverhältnisse werden in Kapitel 2.2, Abschnitt "Quartär" beschrieben. Die jüngsten Untersuchungen haben ergeben, daß die Hauptfließrichtung des Grundwassers von Süd nach Nord zur Drau hin zieht (ARSENAL 1995). Der Feistritzbach gibt demnach nördlich von Bleiburg Wasser in den Grundwasserkörper ab.

Hydrochemische Untersuchungen im Jaunfeld haben gezeigt, daß bei hohen Nitrat und Chloridgehalten des Wassers in erster Linie die Brunnen betroffen sind (ZOJER 1981). Dies wird auf den schlechten Zustand der

Brunnenanlagen und auf das Eindringen von Fäkalwässern zurückgeführt. Bei den natürlichen Wässern ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen hinsichtlich des Chlorid- und Nitratgehaltes finden. Im KÄRNTNER GRUNDWASSERKATASTER 1990 wird für den südlichen Raum Bleiburg und Feistritz ein Nitratgehalt um 9 bis 18 mg/l im Jahre 1989 festgestellt. Es wurden auch Einzelwerte von 50 bzw. 117 mg/l Nitrat gemessen. Die Tendenz ist in den letzten Jahrzehnten allgemein steigend. Im Gemeindegebiet von Globasnitz gibt es nur zwei Meßstellen im Raum Wackendorf, deren Nitratgehalte bei 2 bis 3 mg/l liegen. Diese Nitratgehalte liegen auch im südlichen Gemeindegebiet von Bleiburg und Feistritz vor. Im Gewässerschutzbericht 1993 wird für Kärnten angeführt, daß lediglich in zwei Grundwasserschongebieten ("Mittleres Glantal" und "Steinkogel") zu hohe Nitratwerte vorkommen. Bei der Auswertung der Messungen von 1992 hinsichtlich der Grundwasserschwellenwertverordnung für Nitrat ist das Jaunfeld unter der Rubrik "weniger als 25% der Meßergebnisse überschreiten den Schwellenwert von 45 mg/l Nitrat" angeführt. Ab 1999 gilt der Grenzwert von 30 mg/l Nitrat.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß die Grundwasserqualität im Jaunfeld im Allgemeinen gut ist, daß jedoch punktuelle Belastungen vorliegen. Diese Belastungen werden auf unsachgemäße Lagerung von Stallmist, die häusliche Abwasserversickerung, das unkontrollierte Ausbringen von Senkgrubenhaltungen und die in Menge und Zeitpunkt oft unangebrachte Düngung der landwirtschaftlichen Flächen mit Gülle oder Jauche zurückgeführt.

### 3.4. Vorfluter

Gemeinde Globasnitz:

Der Globasnitzbach durchfließt das gesamte Gemeindegebiet in Süd-Nord-Richtung zur Drau. Er versickert zu einem großen Teil im Grenzgraben. Als Zubringer ist der Feuersberger Bach zu nennen, der im Ort Globasnitz in den Globasnitzbach mündet. Der Wackendorferbach wird nördlich von Wackendorf in einer Versickerungsanlage zur Versickerung gebracht. Ebenso wurde für Unterbergen eine Versickerungsanlage in Betrieb genommen.

Gemeinde Feistritz:

Der Feistritzbach durchfließt die Ortschaften Feistritz, Hof und Gonowetz. In Unterort sind der Podrieschnigbach und der Rischbergbach zu nennen. Der Dolintschitschachbach fließt durch Dolintschitschach und Penk.

Gemeinde Bleiburg:

Von Südwesten kommend durchfließt die Feistritz das Gemeindegebiet, die vor Bleiburg den Loibachbach und anschließend Zubringer aus dem

Kömmelgebiet aufnimmt. Nördlich von Bleiburg versickert sie teilweise und alimentiert so den Grundwasserkörper.

Die Daten für die Abflußbeiwerte entstammen Berechnungen vom Hydrographischen Dienst der Kärntner Landesregierung 1995.

	Liter / sek.		
Globasnitzbach im Profil 1. Brücke in Traundorf	MJNQ *= 230;	NNQ = 150;	MQ = 520;
Globasnitzbach an der Mündung	MJNQ = 290;	NNQ = 30-0;	MQ = 690;
Feistritzbach im Profil "Einersdorf":	MJNQ = 500;	NNQ = 440;	MQ = 1400;
Feistritzbach im Profil "Mündung"	MJNQ = 630;	NNQ = 550;	MQ = 1700;
Loibachbach im Profil "vor Mündung in Bleiburger Feistritz"	MJNQ = 280;	NNQ = 110;	MQ = 500
Podrieschnigbach im Profil "Mündung in Rischbergbach:	MJNQ = 15;	NNQ = 5;	MQ = 70
Rischbergbach im Profil "vor Podrieschnigbach:	MJNQ = 25;	NNQ = 15;	MQ = 100

\*MJNQ....mittleres Jahresniedrigwasser; NNQ....niedrigstes Niedrigwasser; MQ....mittlere Wasserführung

Im Gewässergüteatlas der Fließgewässer Österreichs Stand 93/94 ist die Feistritz in ihrem gesamten unteren Verlauf mit Gewässergüte 2 ausgewiesen.

## 4. Bemessungsgrundlage

Laut regionalem Entwicklungskonzept ist in den letzten Jahrzehnten im Großraum Völkermarkt eine leicht rückläufige Tendenz in der Bevölkerungsentwicklung aufgrund von Abwanderung festzustellen. Langfristig wird mit einer Stagnation gerechnet.

Bei der Berechnung der Bemessungsgrundlagen für die Abwasserreinigung werden für die künftige Entwicklung ausgehend vom jetzigen Stand folgende Annahmen getroffen:

Gewerbebetriebe: + 20%  
 Bevölkerungsentwicklung: 2 Personen pro Haushalt für ausgewiesene  
 Bauflächen

In der folgenden Tabelle ist der derzeitige Bevölkerungsstand und der gewerbliche Teil am Abwasseranfall aufgelistet. Im gesamten Gemeindegebiet fallen keine Abwässer an, die ein Problem bei einer biologischen Reinigung darstellen würden. Der gewerbliche Teil resultiert großteils aus Gastbetrieben und kleinen privaten Beherbergungsbetrieben.

Neben dem derzeitigen Stand wird die Situation für die nächsten 30 Jahre abgeschätzt. Bei der Auslegung von Reinigungsanlagen wird im Falle einer

gemeinsamen Reinigung eines Gebietes die Bemessung mit der erwartbaren Größe durchgeführt, bei Einzelentsorgungen erfolgt die Berechnung nach dem derzeitigen Zustand.

	Stand 1995				Schätzung f. 2030			
	HA	E	EGW	EW	HA	E	EGW	EW
Bleiburg	1.240	4.164	837	5.291	1.434	4.576	1.004	5.580
Summe Feistritz	644	2.054	1.458	3.512	876	2.519	1.750	4.269
Summe Globasnitz	511	1.637	615	2.252	587	1.865	762	2.627
<b>Gesamtsumme</b>	<b>2.395</b>	<b>7.855</b>	<b>2.910</b>	<b>10.765</b>	<b>2.897</b>	<b>8.960</b>	<b>3.516</b>	<b>12.476</b>

## 5. Variantenstudium

Eine detaillierte Beschreibung der Varianten ist in den jeweiligen Konzepten der Gemeinden Bleiburg, Feistritz ob Bleiburg und Globasnitz zu entnehmen.

### Variante 1 (DI Kronawetter)

Die von DI Kronawetter vorgeschlagene Verbandslösung mit den Gemeinden Bleiburg, Feistritz und Globasnitz wird mit den vergleichbaren Kostenansätzen durchgerechnet.

### Variante 2 (dezentralste Variante)

Es erfolgt eine Berechnung der Abwasserentsorgung ausschließlich mit Einzelkläranlagen und anschließender Einleitung des Kläranlagenablaufes in ein Gewässer oder Versickerung. Als biologische Reinigungsstufen kommen sowohl technisch biologische Anlagen als auch Pflanzenkläranlagen bis zu einer Ausbaugröße von 50 Einwohnergleichwerten zum Einsatz.

### Variante 3 (ARA Bleiburg)

Eine gemeinsame Reinigungsanlage nördlich von Bleiburg wird für die Orte Globasnitz, Kleindorf, St. Stefan und Traundorf der Gemeinde Globasnitz, für St. Michael, Unterlibitsch und Gonowetz der Gemeinde Feistritz und für Ebersdorf, Bleiburg und Einersdorf der Gemeinde Bleiburg vorgeschlagen.

### Variante 4 (gemeindeeigene Lösung)

In Globasnitz wird eine gemeindeeigene ARA für die Ortschaften Globasnitz, Kleindorf, St. Stefan und Traundorf nördlich von Traundorf errichtet.

In Feistritz wird eine gemeindeeigene ARA für die Ortschaften St. Michael, Unterlibitsch und Gonowetz in Gonowetz errichtet.

In Bleiburg wird eine gemeindeeigene ARA für die Orte Ebersdorf, Bleiburg und Einersdorf nördlich von Bleiburg errichtet.

## 6. Variantenvergleich - Kosten

Beim Szenario 1 wird davon ausgegangen, daß sämtliche Anlagenteile - einschließlich der Hauskläranlagen in Firmenregie errichtet werden.

Beim Szenario 2 wird davon ausgegangen, daß bei der Errichtung von Kleinkläranlagen (bis 50 EW) Eigenleistungen der Betreiber eingebracht werden.

### 6.1. Ergebnisse (Szenario 1)

Die Gegenüberstellung der Varianten zeigt, daß die Investitionskosten der Variante 1 (Verbandslösung lt. DI Kronawetter) mit 512 Mio. öS am höchsten sind.

Unter der Annahme der firmenmäßigen Errichtung aller Anlagenteile ergeben sich in den Gemeinden Bleiburg, Feistritz und Globasnitz für die Variante 2 (Abwasserentsorgung durch Einzelanlagen) Investitionskosten in der Höhe von insgesamt 370 Mio. öS. Gegenüber der Variante 1 ist das eine Verringerung der Investitionskosten um 28%.

Die Variante 3, mit einer Kläranlage nördlich der Stadt Bleiburg, in der das Abwasser des Bereiches von Globasnitz bis Traundorf (Gemeinde Globasnitz), des Bereiches von St. Michael bis Gonowitz (Gemeinde Feistritz) und der Ortschaften Ebersdorf, Einersdorf sowie der Stadt Bleiburg gereinigt wird, weist Investitionskosten von rund 396 Mio öS auf.

Wird das Abwasser dieser Bereiche in drei gemeindeeigenen Kläranlagen entsorgt, so entstehen für die drei Gemeinden Investitionskosten von insgesamt 410 Mio. öS (einschließlich der Klärschlammvererdungsbecken).

Hinsichtlich der Betriebskosten ist die Reihung der Varianten umgekehrt. Die Variante 1 weist mit 9,0 Mio. öS die geringsten jährlichen Betriebskosten aus. Die Varianten 3 und 4 mit rund 10,2 Mio. öS bzw. 9,9 Mio. öS verursachen etwas höhere Betriebskosten. Die Entsorgung des Abwassers durch Einzelanlagen im gesamten Gemeindegebiet würde zu 13,6 Mio. jährlichen Betriebskosten führen, was gegenüber der Variante 1 eine Steigerung um 52% bedeutet.

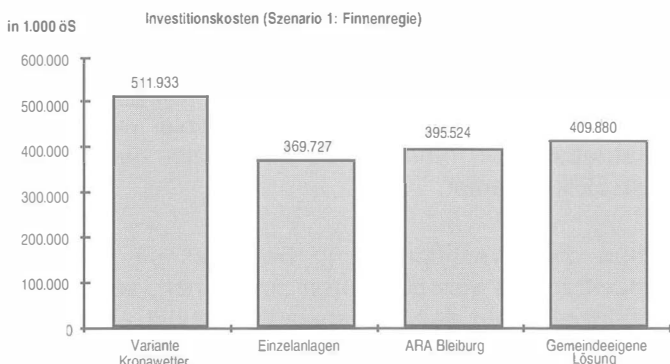
Faßt man nun die Investitions- und Betriebskosten innerhalb eines Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren zusammen, so ergibt das einen Projektkostenbarwert (auf den Gegenwartszeitpunkt abgezinste Kosten) von 804 Mio. öS der Variante 1. Der Projektkostenbarwert der Variante 2 liegt mit 891 Mio. öS um 11% über dem Barwert der Variante 1. Die Varianten 3 und 4 sind bei einer Betrachtung der Kosten über 50 Jahre

hinweg mit den Projektkostenbarwerten von 756 Mio. öS bzw. 770 Mio. öS um 6% bzw. 4% günstiger als die zentrale Entsorgung des Abwassers (Variante 1).

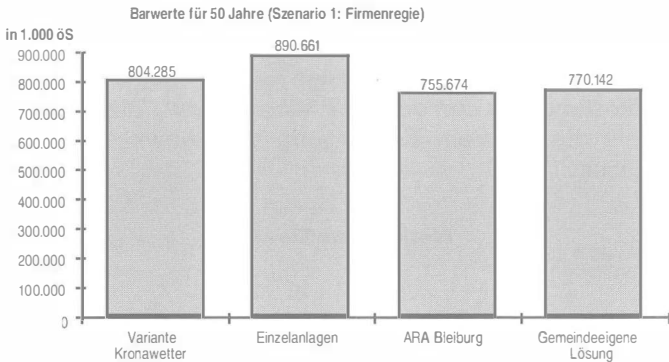
Aufgrund der höchsten Investitionskosten der Variante 1 ergeben sich für diese Variante mit rund 186 Mio. öS auch die höchsten Finanzierungskosten für die Erstinvestition. Die geringsten Finanzierungskosten ergeben sich mit 105 Mio. öS durch die Variante 2. Für die Varianten 3 und 4 wurden Finanzierungskosten von 120 bzw. 128 Mio. öS errechnet. Addiert man den Projektkostenbarwert und den Barwert der Finanzierungskosten, so ergibt das für die Variante 1 den Betrag von 990 Mio. öS. Die Variante 2 liegt mit 996 Mio. öS über dem Wert der Variante 1. Am günstigsten ist die Variante 3 mit einem Projektkostenbarwert für 50 Jahre einschließlich der Finanzierungskosten in der Höhe von 876 Mio. öS, gefolgt von der Variante 4 mit 898 Mio. öS.

Geht man also von einer firmenmäßigen Errichtung aller Anlagen aus, so ist es am günstigsten, den Bereich Globasnitz bis Traundorf, St. Michael bis Gonowetz sowie Ebersdorf, Einersdorf und der Stadt Bleiburg zusammenzufassen und das Abwasser in einer gemeinsamen Kläranlage in Bleiburg zu reinigen. Gemeindeeigene Kläranlagen für diese Bereiche führen zu geringen Mehrkosten. Es wäre auch gut denkbar, die Ortschaft St. Michael gemeinsam mit dem Bereich Globasnitz bis Traundorf in einer Kläranlage nördlich von Traundorf zu entsorgen und die Ortschaften Gonowetz, Ebersdorf, Einersdorf sowie die Stadt Bleiburg in einer gemeinsamen Kläranlage in Bleiburg zu entsorgen. Die Kosten dafür würden in etwa den Kosten der Variante 3 entsprechen.

Im Szenario 1 werden die geringen Investitionskosten der Variante 2 (Einzelanlagen) durch die hohen Betriebskosten wettgemacht, sodaß der Barwert (einschließlich der Finanzierungskosten) der dezentralsten Variante der Abwasserentsorgung ungefähr dem Wert der Variante 1 entspricht, jedoch bereits um ca. 100 Mio. öS über den Varianten 3 und 4 liegt.







## 6.2. Ergebnisse (Szenario 2)

Die Gegenüberstellung der Varianten zeigt, daß auch im Szenario 2 die Investitionskosten der Variante 1 (Verbandslösung lt. DI Kronawetter) mit 503 Mio. öS am höchsten sind. Kosteneinsparungen durch Eigenleistungen sind in dieser Variante kaum möglich, da beinahe das gesamte Gemeindegebiet kanalisiert und zentral entsorgt wird.

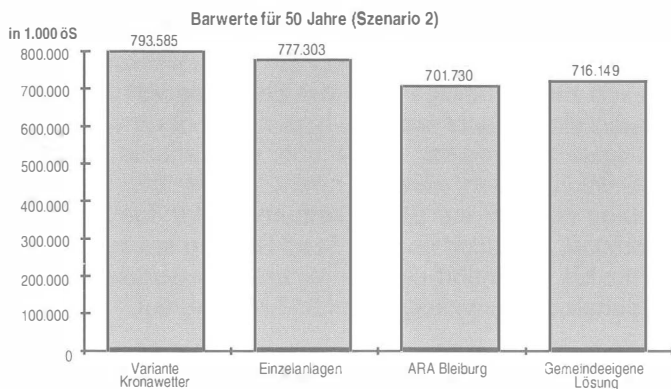
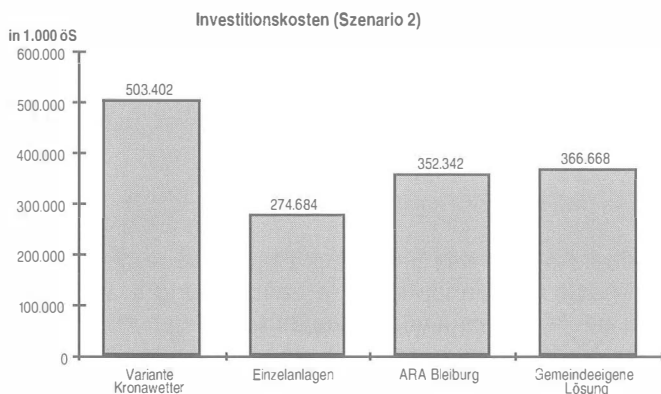
Die Abwasserentsorgung in den Gemeinde Bleiburg, Feistritz und Globasnitz durch Einzelanlagen (Variante 2) stellt unter der realistischen Annahme, daß beim Einbau von Kleinkläranlagen und der Errichtung von Pflanzenkläranlagen Eigenleistungen eingebracht werden, hinsichtlich der Investitionskosten die weitaus günstigste Variante dar. Gegenüber der Variante 1 ergeben sich nur 55% der Investitionskosten, nämlich rund 275 Mio. öS. Die Variante 3 mit einer Kläranlage nördlich der Stadt Bleiburg, in der das Abwasser der Ortschaften Einersdorf, Ebersdorf und der Stadt Bleiburg sowie von den Bereichen von Globasnitz bis Traundorf und St. Michael bis Gonowitz gereinigt wird, weist Investitionskosten von insgesamt 352 Mio. öS auf.

Die Reinigung des Abwassers dieser Bereiche in drei gemeindeeigenen Kläranlagen würde einschließlich der Kosten für das Klärschlammvererdungsbecken Investitionskosten in der Höhe von 367 Mio. öS verursachen.

Die Betriebskosten im Szenario 2 entsprechen den Betriebskosten im Szenario 1: Die Variante 1 weist mit 9,0 Mio. öS die geringsten jährlichen Betriebskosten aus. Für die Varianten 3 und 4 ergeben sich rund 10,2 Mio. öS bzw. 9,9 Mio. öS. Die Entsorgung des Abwassers durch Einzelanlagen im gesamten Gemeindegebiet führt zu Betriebskosten von 13,6 Mio. öS pro Jahr.

Faßt man nun die Investitions- und Betriebskosten innerhalb eines Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren zusammen, so ergibt das einen Projektkostenbarwert (auf den Gegenwartszeitpunkt abgezinste Kosten) von

794 Mio. öS der Variante 1. Der Projektkostenbarwert der Variante 2 liegt mit 777 Mio. öS bereits knapp unter dem Barwert der Variante 1. Die Varianten 3 und 4 sind bei einer Betrachtung der Kosten über 50 Jahre hinweg mit den Projektkostenbarwerten von 702 Mio. öS bzw. 716 Mio. öS eindeutig günstiger als die zentrale Entsorgung des Abwassers im gesamten Gemeindegebiet.



Aufgrund der ungefähr gleichgebliebenen Investitionskosten der Variante 1 ergeben sich für diese Variante wieder Finanzierungskosten für die Erstinvestition in der Höhe von 181 Mio. öS. Die errechneten Finanzierungskosten der Variante 2 betragen im Szenario 2 nur noch 51 Mio. öS. Die Varianten 3 und 4 liegen mit 95 Mio. öS bzw. 104 Mio. öS Finanzierungskosten zwischen den Varianten 1 und 2. Vergleicht man nun den Projektkostenbarwert für 50 Jahre einschließlich des Barwertes der Finanzierungskosten der Erstinvestition, so zeigt sich, daß die Variante 1 (zentrale Entsorgung aller Ortschaften) die teuerste Lösung ist. Die Variante 3 (ARA Bleiburg) ist mit 797 Mio. öS um 18% und die Varianten 2 (Einzelanlagen) und 4 (Gemeindeeigene Lösung) sind um 14 - 15% günstiger als die Variante 1.

Geht man also von der realistischen Annahme aus, daß bei der Errichtung von Kleinkläranlagen bis 50 EW Eigenleistungen eingebracht werden, so ist die Variante 3 (ARA Bleiburg) hinsichtlich der zu erwartenden Kosten innerhalb eines Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren am günstigsten. Es wäre auch gut denkbar, die Ortschaft St. Michael gemeinsam mit dem Bereich Globasnitz bis Traundorf in einer Kläranlage nördlich von Traundorf zu entsorgen und die Ortschaften Gonowetz, Ebersdorf, Einersdorf sowie die Stadt Bleiburg in einer gemeinsamen Kläranlage in Bleiburg zu entsorgen. Die Kosten dafür würden in etwa den Kosten der Variante 3 entsprechen.

Der Kostenvorteil der Variante 3 gegenüber den Varianten 2 und 4 ist allerdings nicht sehr groß. Für die endgültige Entscheidung werden daher auch Überlegungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit und der ökologischen Auswirkungen eine wesentliche Rolle spielen. Die Variante 1 ist hinsichtlich der zu erwartenden Kosten nicht zu empfehlen.

## 7. Ökologische Beurteilung

Die ökologische Bewertung bezieht sich auf die Auswirkungen einer Abwasserbehandlung auf den Naturhaushalt. In erster Linie geht es um die mögliche Beeinflussung von Grund- und Oberflächenwasser, weiters des Bodens. Aus diesem Grunde sind vor allem zwei Aspekte, nämlich die Endprodukte aus der Abwasserreinigung zu beachten:

    Kläranlagenablauf

    Klärschlamm

Kriterien wie Funktionsfähigkeit, Betriebssicherheit und Wartungsaufwand unterschiedlicher Reinigungssysteme werden hier nicht berücksichtigt, da bei allen im Vorschlag enthaltenen Verfahren die Bewilligungsfähigkeit bewiesen ist und eine Funktion, die den gesetzlichen Anforderungen entspricht, daher vorausgesetzt wird. Die unterschiedlich hohen Aufwände fließen ohnehin in die volkswirtschaftliche Berechnung ein.

### 7.1. Versickerung

Die Versickerung von biologisch gereinigtem Abwasser stellt eine Schlüsselstellung dar, wenn es im ländlichen Siedlungsbereich zum Einsatz von kostengünstigen Abwasserbehandlungsmöglichkeiten kommen soll. In vielen Bereichen werden die Vorfluter als zu klein für die Aufnahme des gereinigten Abwassers angesehen oder diese fehlen überhaupt.

In den bisherigen Veröffentlichungen wurde ausschließlich die Versickerung von nur mechanisch gereinigtem Abwasser abgehandelt. Es zeigte sich in

vielen Fällen, daß auch hier schon bei entsprechenden Randbedingungen eine negative Grundwasserbeeinflussung ausgeschlossen werden kann. Nach dem heutigen Stand der Technik und den daraus resultierenden gesetzlichen Bestimmungen ist eine biologische Abwasserbehandlung in allen Fällen anzuwenden. Die meist rigorose Ablehnung der Versickerung des aus diesen Anlagen abfließenden Klarwassers ist daher überprüfungsbedürftig.

### **7.1.1. Versickerung von biologisch gereinigtem Abwasser (Klarwasserversickerung)**

Bei der Klarwasserversickerung ist demnach nur die Gesamtstickstoffbilanz zu bewerten, da im Zuge der Sickerpassage bis ins Grundwasser keine Reduktion bezüglich des Gesamtstickstoffes mehr zu erwarten ist, wie bei den anderen Parametern (CSB, PO<sub>4</sub>-P, absetzbare Stoffe). Im Grundwasser treten aber mehrere Formen der anorganischen Stickstoffverbindungen auf. Von besonderer Relevanz sind dabei Nitrat und Nitrit. Bisher wurden diese Stoffe vor allem als Indikator für fäkale Verunreinigungen gewertet. Beide Verbindungen entstehen aber auch beim natürlichen Abbau von Stickstoffverbindungen im Boden.

### **7.1.2. Wasserbilanz für das östliche Jaunfeld (Schätzung)**

Da die Hauptsiedlungsgebiete der Gemeinden im Jaunfeld liegen und vor allem hier die Versickerungen stattfinden, wird von den Niederschlagsverhältnissen im Jaunfeld ausgegangen. Im Jahresdurchschnitt ist mit einem Niederschlag von 940 mm zu rechnen (berechnet aus den Werten der Stationen Klopein, St. Michael und St. Margarethen). Die Niederschläge auf der Petzen erreichen einen Jahresdurchschnitt bis zu 2500 mm. In Anbetracht der hohen Herbstniederschläge wird die Evapotranspiration mit maximal 50% geschätzt, da im Herbst infolge der niedrigeren Lufttemperatur der Einfluß der Verdunstung relativ gering ist (ZOJER 1981). Daraus resultiert eine Versickerung im Jaunfeld von 470 mm pro Jahr.

### **7.1.3. Anthropogen bedingter Nitratreintrag in den Grundwasserkörper (Schätzung)**

Für den Nitratreintrag in den Grundwasserkörper kommen zwei Pfade als Hauptverursacher in Frage, die größenordnungsmäßig abgeschätzt werden können. Lokal spielen Abwasserversickerungen eine große Rolle, flächenbezogen ist der Einfluß der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen von Bedeutung. Wird die Lösung eines Problems in Angriff genommen, so ist es zuallererst wichtig abzuschätzen, wo der größtmögliche Erfolg zu erwarten ist und wo daher die Geldmittel eingesetzt werden müssen. Es wird mit Hilfe von Literaturdaten und gemeindebezogenen Erhebungsdaten

in Kombination mit einer Wasserbilanz der Einfluß von Landwirtschaft und Siedlungen auf den Nitratgehalt des Grundwassers abgeschätzt.

### 7.1.3.1. Einfluß aus der landwirtschaftlichen Tätigkeit

Über die Stickstoffverlagerung ins Grundwasser unter landwirtschaftlichen Nutzflächen gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen. Einerseits wird versucht durch sogenannte  $N_{\min}$ -Bestimmungen (mineralisierter Stickstoff) bis unter die Wurzelzone die Menge an Stickstoff festzustellen, die nicht mehr von den Pflanzen erreicht werden kann und damit versickert, andererseits wird in Lysimetern sehr genau der Weg der Sickerwassermengen und der darin enthaltenen Substanzen in der ungesättigten Zone bis ins Grundwasser verfolgt. Die Stickstoffauswaschung ist sehr stark abhängig von der Witterung im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitung und der angebauten Frucht. Unter Grünland ist mit einer natürlichen Grundlast von 3 kg Stickstoff pro ha zu rechnen (EDER 1995). Arbeiten von STREBEL & RENGER (1982) zeigen, daß bei einer theoretischen Düngermenge Null mit einem ackerspezifischen Austrag von 28 kg N/ha und Jahr und einem grünlandspezifischen Austrag von 8 kg N/ha und Jahr zu rechnen ist. Unter intensiv bewirtschafteten Flächen wurde sogar eine Auswaschung von 50 bis 70 kg N/ha gemessen (SELTENHAMMER - MALINA 1991). Andere Autoren sprechen von einer Auswaschungsrate von 10 bis 15% des aufgewendeten Stickstoffdüngers.

Gemeinde	Bleiburg, Feistritz, Globasnitz	
Anteil am Jaunfeld (ha)	5.500	5.500
davon landw. Nutzfläche (ha)	3.000	3.000
Stickstoffauswaschung (kg / ha)	15	30
Niederschlag (mm)	940	940
Grundwasserneubildung (50%)	470	470
Sickerwasserkonzentration N	3,19	6,38
N x 4,43 = Nitrat; NO <sub>3</sub> (mg/l)	14,14	28,28
geschätzte Aufstockung im Grundwasser <b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	<b>7,71</b>	<b>15,42</b>
	15% Auswaschung bei geringer Düngung	15% Auswaschung bei durchschnittlicher Düngung

Bei einer modellhaften Berechnung des landwirtschaftlichen Einflusses bezüglich der Mineralstickstoffauswaschung kommt man zum Ergebnis, daß bei einer Auswaschungsrate von 15% einer mäßigen Stickstoffdüngeraufwandmenge unter den gegebenen Annahmen eine Sickerwasserkonzentration von 14 mg/l und eine Aufstockung im Grundwasserkörper von 7,7 mg/l

Nitrat resultiert. Bei der Annahme einer intensiveren Düngung ergibt sich eine Aufstockung von 15,4 mg/l Nitrat.

Gemeinden	Bleiburg, Feistritz, Globasnitz	
Gemeindeflächen (ha)	16.431	
anteilige Fläche am Jaunfeld (ha)	5.500	
Einwohnerwerte	7.143	<i>mechanische Reinigung</i>
Niederschlag (mm)	940	
Jahresniederschlag (m <sup>3</sup> )	51.700.000	
Grundwasserneubildung (50%)	25.850.000	
Abwasseranfall (m <sup>3</sup> )	391.079	
In % zu Niederschlag	0,76	
in % zu GW-Neubildung	1,51	
(ARA - Ablauf: 80 mg /l Ges.-N)		
Gesamtstickstoff (kg / Jahr)	31.286	
Aufstockung:		
Ges.-N (mg/l)	1,19	
N x 4,43 = Nitrat; <b>NO3 (mg/l)</b>	<b>5,28</b>	

In Variante 1 (Verbandslösung - DI Kronawetter) verbleibt nur ein Anteil von 713 Einwohnerwerten, der zur Versickerung gebracht wird.

Gemeinden	Bleiburg, Feistritz, Globasnitz	
Gemeindeflächen (ha)	16.431	
anteilige Fläche am Jaunfeld (ha)	5.500	
Einwohnerwerte	713	<i>biologische Reinigung</i>
Niederschlag (mm)	940	
Jahresniederschlag (m <sup>3</sup> )	51.700.000	
Grundwasserneubildung (50%)	25.850.000	
Abwasseranfall (m <sup>3</sup> )	39.037	
in % zu Niederschlag	0,08	
in % zu GW-Neubildung	0,15	
(ARA - Ablauf: 80 mg /l Ges.-N)		
Gesamtstickstoff (kg / Jahr)	1.952	
Aufstockung:		
Ges.-N (mg/l)	0,08	
N x 4,43 = Nitrat; <b>NO3 (mg/l)</b>	<b>0,33</b>	

In Variante 2 (dezentralste Lösung) wird der Anteil von 7.146 Einwohnerwerten (67% der Gesamteinwohnerwerte) nach biologischer Reinigung versickert.

Gemeinden	Bleiburg, Feistritz, Globasnitz	
Gemeindeflächen (ha)	16.431	
anteilige Fläche am Jaunfeld (ha)	5.500	
Einwohnerwerte	7.146	<i>biologische Reinigung</i>
Niederschlag (mm)	940	
Jahresniederschlag (m <sup>3</sup> )	51.700.000	
Grundwasserneubildung (50%)	25.850.000	
Abwasseranfall (m <sup>3</sup> )	391.244	
in % zu Niederschlag	0,76	
in % zu GW-Neubildung	1,51	
(ARA - Ablauf: 80 mg /l Ges.-N)		
Gesamtstickstoff (kg / Jahr)	19.562	
Aufstockung:		
Ges.-N (mg/l)	0,75	
N x 4,43 = Nitrat; <b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	<b>3,30</b>	

In Variante 3 und 4 kommt ein Anteil von 3.405 Einwohnerwerten zur Versickerung.

Gemeinden	Bleiburg, Feistritz, Globasnitz	
Gemeindeflächen (ha)	16.431	
anteilige Fläche am Jaunfeld (ha)	5.500	
Einwohnerwerte	3.405	<i>biologische Reinigung</i>
Niederschlag (mm)	940	
Jahresniederschlag (m <sup>3</sup> )	51.700.000	
Grundwasserneubildung (50%)	25.850.000	
Abwasseranfall (m <sup>3</sup> )	186.424	
in % zu Niederschlag	0,36	
in % zu GW-Neubildung	0,72	
(ARA - Ablauf: 80 mg /l Ges.-N)		
Gesamtstickstoff (kg / Jahr)	9.321	
Aufstockung:		
Ges.-N (mg/l)	0,36	
N x 4,43 = Nitrat; <b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	<b>1,59</b>	

### 7.1.3.2. Einfluß aus der Versickerung von Abwasser bzw. Klarwasser

Bei der Abschätzung des Nitratreintrages aus der Abwasser- bzw. Klarwasser- versickerung wird davon ausgegangen, daß bei Abläufen aus mechanischen Reinigungsstufen ein Gesamtstickstoffgehalt von 80 mg/l enthalten ist, bei

Abläufen aus biologischen Kleinkläranlagen ohne Denitrifizierung 50 mg/l und aus Kläranlagen mit Denitrifizierung 10 mg/l.

Bei der Abschätzung der derzeitigen Situation wird von einem Anteil der Versickerung von 67% der in den drei Gemeinden gegebenen Einwohnerwerten ausgegangen. Für diesen Anteil wird eine Versickerung von Abläufen aus Dreikammergruben (mechanische Reinigung) angenommen.

### 7.1.3.3 Zusammenfassung

Aus den Modellberechnungen ist ersichtlich, daß der landwirtschaftliche Anteil an der Nitratfracht im Grundwasser im Vordergrund steht. Dies geht konform mit Angaben anderer Autoren. MEHLHORN (1991) gibt beispielsweise an, daß für das Karstgrundwasser der Schwäbischen Alp, wo aufgrund schwacher Vorflutverhältnisse der Großteil des biologisch gereinigten Abwassers (ohne Denitrifikation) versickert wird, dieses maximal an einer Aufstockung unter 1 mg Nitrat/Liter im Grundwasser beteiligt ist. KLAGHOFER (1986) führt einen ca. 75%igen Anteil der Landwirtschaft an.

Ausgehend vom derzeitigen Eintrag aus der Abwasserversickerung wird in Variante 2 (dezentralste Variante) eine Verbesserung um ca. 38% erreicht. In Variante 3 und 4 ist eine 70% Reduzierung des Nitratreintrages anzusetzen. Der Anteil des Nitratreintrages aus der Versickerung der Vorfluter nach Einleitung der Kläranlagenabläufe ist zu vernachlässigen, da eine Denitrifizierung bei diesen Anlagen durchgeführt werden kann und eine Verdünnung des Kläranlagenablaufes im Vorfluter erfolgt. In Variante 1 ist der Nitratreintrag ins Grundwasser durch Versickerung zu vernachlässigen.

## 7.2. Klärschlammverwertung

Für die Klärschlammverwertung bzw. -behandlung werden zwei Möglichkeiten angeführt. Die landwirtschaftliche Verwertung und die Klärschlammvererdung in Vererdungsanlagen. Bei unterschiedlichen Abwasserreinigungsmethoden fallen unterschiedliche Schlammengen an.

Fäkalschlamm:

Fäkalschlamm fällt bei einer Speicherung des gesamten Abwassers in dichten Sammelgruben an, die in kurzen Abständen entleert werden müssen. Es wird mit einem Schlammanfall von 45 g TS pro Einwohner und Tag gerechnet. Der Trockensubstanzgehalt beträgt 7 bis 10% sodaß mit einem Fäkalschlammanfall von ca. 150 Liter pro Person und Jahr gerechnet werden kann. Bei dem vorliegenden Konzept fällt in keinem Fall Fäkalschlamm an.

Teilstabilisierter Schlamm:

Kommen Pflanzenkläranlagen zum Einsatz und erfolgt eine Vorklärung in Mehrkammergruben, so resultiert daraus ein teilstabilisierter Schlamm. Die



Grube ist ständig durchflossen und eine Schlammabnahme erfolgt ein- bis zweimal pro Jahr. Es ist mit einem Schlammabfall von ca. 200 Litern pro Einwohner und Jahr zu rechnen. Beim Einsatz des Filtersacksystems als Vorreinigungsstufe kann mit einem Feststoffanteil von ca. 50 kg pro Einwohner und Jahr gerechnet werden.

**Klärschlamm:**

Bei der biologischen Abwasserreinigung entsteht der Belebtschlamm, der ein weitgehend stabilisierter Schlamm ist. Es resultiert ein Schlammabfall von 80 g TS pro Einwohner und Tag. Nach der Eindickung ist mit ca. 300 Liter Naßschlamm pro Einwohner und Jahr zu rechnen.

### **7.2.1. Klärschlammengen und -qualität in den drei Gemeinden**

In der folgenden Tabelle wird die Schlammmenge abgeschätzt, die bei Durchführung der vier Varianten anfällt. In Variante 1 kann mit 100% Klärschlammabfall gerechnet werden, wonach sich ca. 3.300 m<sup>3</sup> Naßschlamm pro Jahr mit einem durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt von 3 bis 5% ergeben. In Variante 2 wird davon ausgegangen, daß 60% der Reinigungskapazität in Form von Pflanzenkläranlagen errichtet werden und für diese Menge entsprechend weniger Vorklärschlamm anfällt. 40% der Anlagen sind technisch biologische Anlagen, in denen Klärschlamm wie in Großkläranlagen anfällt. Die Schlammmenge von 2.345 m<sup>3</sup> pro Jahr ist gegenüber Variante 1 um 30% geringer. In Variante 3 und 4 wird eine Reinigung von 40% der Einwohnerwerte in Pflanzenkläranlagen angenommen. Es ist danach mit einem Schlammabfall von 2.645 m<sup>3</sup> pro Jahr zu rechnen.

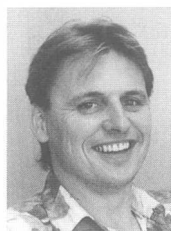
Den berechneten Klärschlammengen steht eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 5.021 ha gegenüber. Bei der theoretischen Überlegung, daß 2,5 t Klärschlamm-trockenmasse pro ha und Jahr ausgebracht werden dürften (Steiermärkische Klärschlammverordnung), und ein durchschnittlicher Trockensubstanzgehalt des Naßschlammes von 5% erreicht wird, so wären pro Jahr 53 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche erforderlich.

## **8. Literatur und Quellenangaben**

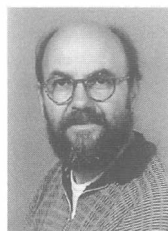
- ARSENAL (1995): Bundesforschungs- und Prüfzentrum Arsenal, Wien. - Unveröff., 1995
- BAUER, F.K. (1981): Geologische Karte der Karawanken 1:25.000. - Geol. B.-A., Wien.
- BOBEK, H. (1959): Der Eisrückzug im östlichen Klagenfurter Becken. - Mitt. geogr. Ges. Wien 101, H.1, 5-36, Wien.
- EDER, M. (1995): Ökologische Auswirkungen der Grünlandbewirtschaftung. BAL Gumpenstein.

- GEOSEIS (1981): Isolinen der Unterkante des Hauptaquifers im Jaunfeld, abgeleitet aus refraktionsseismischen Messungen. Erforschung des Naturraumpotentials ausgewählter Tallandschaften in Kärnten, Jaunfeld KC-2. - Unveröff. Karte 1:25.000, im Auftrag der Kärntner Landesregierung und des BM f. Wissenschaft und Forschung.
- GEWÄSSERSCHUTZBERICHT (1993): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 105-114, Wien.
- HERZOG, U. (1995): Angaben über Bohrungen im Jaunfeld. - Mündl. Mitteilung.
- KÄRNTNER GRUNDWASSERKATASTER (1990): Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 15 – Umweltschutz, S. 136 ff.
- KLAGHOFER, E. (1986): Möglichkeiten zur Minimierung des Nitrateintrages in das Grundwasser. - Der Förderungsdienst. 34. Jhg. Heft 9, 235-240.
- MEHLHORN, H. (1991): Einflußgrößen für Grundwasserbefruchtungen und daraus ableitbare Sanierungsstrategien. - Wasserwirtschaftliche Fachtage 1991 in Petzenkirchen. Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst".
- SELTENHAMMER-MALINA, E. (1991): Auswirkungen des Mineraldüngereinsatzes auf die Umwelt. - Literaturstudie Dez. 1991, Wien.
- STREBEL, O. & RENGER, M. (1982): Stoffanlieferung an das Grundwasser bei Sandböden unter Acker, Grünland und Nadelwald. - In: Anthropogene Einflüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit in Niedersachsen. TU Braunschweig. Veröffentlichungen des Inst. für Stadtbauwesen, 34.
- VAN HUSEN, D. (1984): Synsedimentäre Gleitschollen großen Ausmaßes im terrestrischen Jungtertiär der Karawanken. - Geol. Rdsch. 73, Stuttgart.
- ZOJER, H. (1978): Hydrogeologische Untersuchungen im Rahmen der Erforschung des Naturraumpotentials ausgewählter Tallandschaften Kärntens. - Unveröff. Enderbericht, 31 S., Graz.
- ZOJER, H. (1981): Wasserbilanz Jaunfeld. - Unveröff. Gutachten, 4 S., Graz.

Anschrift der Verfasser:



Dr. Hans BERGHOLD    Dr. Thomas UNTERSWEIG  
 Institut für Umweltgeologie & Ökosystemforschung  
 Joanneum Research  
 Elisabethstraße 16, A-8010 Graz.



Dipl.-Ing. Erling MÖLBACH  
 Theodor-Körner-Platz 12, A-8750 Judenburg.

Mag. Alfred POSCH  
 Institut für Innovationsmanagement  
 Universität Graz  
 Universitätsstraße 15, A-8010 Graz.

# Ein Silber-Gold-Amalgam, Spionkopit und Yarrowit aus dem Grazer Schloßberg, Steiermark

Hans-Peter BOJAR und Walter POSTL

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

## Einleitung

Der im Zentrum von Graz bis auf 473 m SH herausragende Schloßberg wird von dickbankigem, stark zerbrochenen und geklüfteten Dolomit des tiefen Mitteldevons aufgebaut. Es wird ein tieferer Komplex heller und ein höherer Komplex dunkler Dolomite unterschieden, wie dies für die Dolomit-Sandstein-Folge des Grazer Berglandes (Grazer Paläozoikum) charakteristisch ist.

Eine Übersicht über die geologischen Verhältnisse sowie über die überwiegend im vorigen Jahrhundert gemachten Mineralfunde haben jüngst GRÄF & POSTL (1998) vorgestellt. Im Zuge dieser Recherchen bekam einer der Verfasser (W. P.) Originalprobenmaterial einer kleinen Kupfer-Vererzung aus dem Schloßberginneren von Herrn Univ.-Prof. Dr. Viktor Maurin für Bearbeitungszwecke zur Verfügung gestellt. Bei den kürzlich erfolgten erz- und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen konnte ein Ag-Au-Amalgam nachgewiesen werden. Über diese Untersuchungsergebnisse haben bereits GRÄF & POSTL (1998) kurz berichtet, Details werden erstmals in der vorliegenden Arbeit vorgestellt.

## Lage und Beschreibung der Vererzung aus der Literatur:

Die oben erwähnte Kupfer-Vererzung wurde im Jahre 1944 beim Luftschutzbau hinter dem Hause Sporgasse 13 angefahren, wobei V. Maurin seinerzeit auch die Probennahme und im Anschluß KOPETZKY-WÜNSCH (1947) bzw. HERITSCH et al. (1951) wissenschaftliche Bearbeitungen durchführten.

HERITSCH et al. (1951) gaben folgenden Situationsbericht: "Der Stollen verläuft in NO-SW-Richtung, ungefähr parallel zur Sporgasse und geht vom Mundloch ab im hellgrauen, dichten, unterdevonischen Dolomit des

Schloßberges. Nach 20 m steht, durch 12 m aufgeschlossen, spätiger, weißer Dolomit an, worauf wieder der dichte Dolomit des Schloßberges folgt. In dem spätigen, weißen Dolomit treten die im folgenden beschriebenen Minerale auf. Sie sind, wie die Handstücke zeigen, an eine im spätigen Dolomit auftretende Vererzungskruste von 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 2 cm Mächtigkeit gebunden."

"Neuerliche Begehungen des Stollens nach dem Kriege konnten in dem teilweise schon verbrochenen Stollen die Lagerung des spätigen Dolomites und der Vererzung nicht eindeutig klären. Darnach scheint der spätige, weiße Dolomit einen steilen Gang mit Streichrichtung N-S zu bilden. Ob ein Zusammenhang mit dem sonstigen Kluftsystem des Schloßberges besteht, ist nicht mehr zu entscheiden. Die Vererzung war nur eine sehr kleine Bildung, die beim Vortrieb des Stollens abgebaut wurde, so daß jetzt davon keine Spuren mehr zu finden sind."

KOPETZKY-WÜNSCH (1947) lieferte folgende Handstückbeschreibung:

"Makroskopisch kann man an der Vererzung Pyrit, Kupferkies, Malachit und Eisenhydroxyd deutlich unterscheiden und erkennen. Ein schwarz-grau glänzendes Erz nimmt ab und zu geringe Flächen ein; bei näherer Betrachtung findet man dieses Erz auch als Umrandung von Kupferkies, woraus geschlossen wird, daß es Kupferkies verdrängt, Eisenhydroxyd kann als Zersetzungsprodukt angesehen werden. Als Oxydationserz: Malachit."

"Pyrit findet sich nicht nur in der schmalen Vererzungsschicht, sondern auch vereinzelt, meistens ohne deutliche Kristallgestalt, im Dolomit. Größtenteils sind diese Pyrite durch Eisengehalt des Dolomit und Kalkspates mit Eisenhydroxyd überzogen."

"An der oben genannten Stelle im Schloßberg wurde ein 1,2 cm großer Pyritkristall im spätigen Dolomit vorgefunden. Dieser Pyritkristall kann als Seltenheit betrachtet werden, da seine Flächen bis auf geringe Unebenheiten glatt und ohne eine Spur von Eisenhydroxyd geblieben sind." An Formen werden schließlich von HERITSCH et al. (1951) {210}, {430} und {111} angegeben. Von diesem im Privatbesitz von Prof. Maurin befindlichen Pyritkristall existieren Abbildungen bzw. Kristallzeichnungen in KOPETZKY-WÜNSCH (1947), HERITSCH et al. (1951), POSTL (1993) sowie GRÄF & POSTL (1998).

KOPETZKY-WÜNSCH (1947) stellte fest, daß sich der Kupferkies nur mehr spurenweise in der Vererzungskruste findet, da er vollkommen von Eisenhydroxyd und Kupferglanz verdrängt wurde. Die Bestimmung des Kupferglanzes erfolgte erzmikroskopisch bzw. mittels naßchemischer

Analysen. An Hand der Analysenergebnisse ist jedoch ersichtlich, daß das Probenmaterial durch Eisenhydroxyd und möglicherweise Cuprit stark verunreinigt war. HERITSCH et al. (1951) geben zusätzlich noch Röntgen-daten bekannt, die schließlich die erzmikroskopische Bestimmung als rhombischer Kupferglanz absicherten.

## Neubearbeitung der Erze

Ende 1997 haben die Autoren unter der Führung von Mag. Gerald Pischinger (Institut für Technische Geologie und Angewandte Mineralogie, TU Graz) versucht, die Stelle, an der die Erzproben seinerzeit geborgen worden sind, zu eruieren. Leider sind in diesem Bereich die Stollenwände mit einer dicken Schicht aus Torkretbeton bedeckt. Einige Zehnermeter weiter ins Schloßberginnere ist jedoch der oben erwähnte spätige, weiße Dolomit auf einigen Laufmetern anstehend. Hinweise auf eine Vererzung konnten nicht beobachtet werden. Anlässlich einer im April 1998 unter der Führung von Prof. Maurin erfolgten Begehung im Garten hinter dem Hause Sackstraße Nr. 10 (?) wurde ein kleiner Obertageaufschluß mit spätigem Dolomit beprobt. Abgesehen von braun gefärbten Partien eisenschüssigen Calcits konnten auch in diesem Falle keine Spuren einer Kupfer-Vererzung festgestellt werden.

Somit mußten sich die Untersuchungen auf die wenigen Originalproben konzentrieren bzw. auf die von KOPETZKY-WÜNSCH (1947) bzw. HERITSCH et al. (1951) publizierten Angaben zurückgegriffen werden.

Die drei bis handtellergroßen Erzproben zeigen ein einheitliches Bild. Die max. 3 mm dicken, grün-braun-gefleckten Erzlagen wirken wie Kluffbeläge. An frischen Bruchstellen sind auch dunkelgrau gefärbte Erzpartien zu beobachten (siehe Abb. 54 in GRÄF & POSTL, 1998).

Von der Erzlage aller drei Proben wurden polierte An- und Dünnschliffe hergestellt. Im wesentlichen konnte der erzmikroskopische Befund von KOPETZKY-WÜNSCH (1947) bestätigt werden. Auch der den Chalkopyrit verdrängende "Kupferglanz" konnte in mehreren polierten An- und Dünnschliffen festgestellt werden. Eine röntgenographische Bestimmung (Diffraktometer,  $\text{CuK}\alpha$ ) durch POSTL (1993) lieferte allerdings den ersten deutlichen Hinweis, daß es sich bei der Hauptphase nicht um "rhombischen Kupferglanz" (Chalkosin), sondern um den im äußeren Erscheinungsbild und Chemismus sehr ähnlichen Djurleit,  $\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$ , handelt, ein Kupfersulfid, das erst rund ein Jahrzehnt nach der Bearbeitung von KOPETZKY-WÜNSCH (1947) bzw. HERITSCH et al. (1951) erstmals weltweit beschrieben werden konnte.

	Amalgam	Chalkopyrit	Djurleit	Spionkopit	Yarrowit	Pyrit
Gew.%						
Ag	52,78	-	-	-	-	-
Au	20,39	-	-	-	-	-
Cu	4,62	34,80	77,68	73,37	68,43	-
Fe	-	31,22	1,50	-	-	54,60
Hg	23,17	-	-	-	-	-
S	-	34,76	21,28	28,80	31,81	47,37
Summe	100,96	100,78	100,46	102,17	100,24	101,97
Atom%						
Ag	62,63	-	-	-	-	-
Au	13,29	-	-	-	-	-
Cu	9,32	25,03	63,95	56,33	52,17	-
Fe	-	25,50	1,41	-	-	33,25
Hg	14,76	-	-	-	-	-
S	-	49,47	34,64	43,80	48,04	66,75
Z						
Ag	0,62	-	-	-	-	-
Au	0,13	-	-	-	-	-
Cu	0,09	1,01	1,85	1,29	1,08	-
Fe	-	1,03	-	-	-	0,99
Hg	0,15	-	-	-	-	-
S	-	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00

Tabelle 1: EDX-Analysen (Gew.%) und Atomproportionen (Atom%) und Foreilkoeffizienten (Z) von Amalgam, Chalkopyrit, Djurleit, Spionkopit, Yarrowit und Pyrit aus dem Grazer Schloßberg. Jeol JSM6310 Raster-elektronenmikroskop mit Link-Oxford energiedispersivem System. Anregungsspannung 15 kV. Standards: Fe, Cu, S: Chalkopyrit, Ag: metallisches Ag, Au: Calaverit, Hg: Pd<sub>3</sub>HgTe<sub>3</sub>.

Allerdings kann aufgrund von Koinzidenzen einiger Reflexe von Djurleit und Chalkosin nicht grundsätzlich die Beteiligung von Chalkosin ausgeschlossen werden. Eine quantitative EDX-Analyse weist mit einem Cu:S-Verhältnis von 1.93 jedenfalls ebenfalls auf das Vorliegen von Djurleit hin (Tab. 1). Der Djurleit bildet z.T. mosaikartige Anhäufungen in der im wesentlichen aus Eisenhydroxid bestehenden Erzmatrix. Fallweise ist Djurleit in zwei im Auflicht blau gefärbte Phasen mit starken Anisotropie-Effekten umgewandelt. Die beiden Phasen unterscheiden sich vor allem im Reflexionsvermögen. Eine der Phasen ist dunkelblau, die zweite zeigt einen

helleren Blauton. Unter gekreuzten Polarisatoren sind diese Minerale orange gefärbt. *Die Phasen sind sowohl in Luft als auch im Ölobjektiv blau.* Im allgemeinen werden solche Bildungen als blaubleibender Covellin bezeichnet.

Untersuchungen an blaubleibendem Covellin von der Kupfer-Lagerstätte Spionkop-Creek und Yarrow-Creek in Alberta zeigten, daß es sich hierbei um zwei Minerale handelt: Yarrowit ( $\text{Cu}_9\text{S}_8$ ) und Spionkopit ( $\text{Cu}_{39}\text{S}_{28}$ ) (GOBLE, 1980). Natürliche Laugungsvorgänge unter oberflächennahen Bedingungen von Kupfersulfiden führen zur Bildung von immer kupferärmeren Sulfiden. Dies führt zum mineralogischen Wechsel von Djurleit ( $\text{Cu}_{1.97}\text{S}$ ) zu Anilit ( $\text{Cu}_{1.75}\text{S}$ ) zu Spionkopit ( $\text{Cu}_{1.40}\text{S}$ ) zu Yarrowit ( $\text{Cu}_{1.12}\text{S}$ ) und zu Covellin ( $\text{CuS}$ ) (GOBLE, 1980; GOBLE, 1981). Allerdings zeigen diese im Cu:S-Verhältnis eine teilweise beträchtlich Schwankungsbreite. So werden für Yarrowit Cu : S-Verhältnisse von 1.0 bis zu 1.2 und für Spionkopit von 1.3 bis 1.5 angegeben.

Im Rasterelektronenmikroskop ergaben die beiden Minerale vom Grazer Schloßberg als dunkelgraue, bzw. mittelgraue Phasen (Abb. 1). EDX-Analysen der dunkelblauen Phase aus dem Schloßberg ergab ein Cu:S Verhältnis von 1.08 (Tab. 1). Die hellere Phase ergab ein Cu:S Verhältnis von 1.29. Daher wird angenommen, daß es sich bei diesen Phasen um Yarrowit (dunklere Phase) und Spionkopit (hellere Phase) handelt.

Der ursprünglich primäre Chalkopyrit ist in einigen Anschliffen zu beobachten. Die von KOPETZKY-WÜNSCH (1947) bzw. HERITSCH et al. (1951) gemachte Feststellung, daß dieser nur mehr spurenhaf vertreten und vom Kupferglanz verdrängt wird, kann bestätigt werden. Chalkopyrit ist in den bearbeiteten Erzanschliffen selten und da nur im Zentrum von weitestgehend in Djurleit und Eisenhydroxid umgewandelten Erzkörnern zu beobachten. Eine quantitative EDX-Analyse von Chalkopyrit ist der Tab. 1 zu entnehmen. Pyrit ist ebenfalls, wenn auch nur sporadisch, nachweisbar (siehe Tab.1). An Hand der erzmikroskopischen Bearbeitung ist festzuhalten, daß gediegenes Kupfer und Cuprit sich nicht in unmittelbarem Kontakt zu Djurleit befindet. Vielmehr ist Kupfer überwiegend längs dünnen Rissen im netzartig aufgebauten Gemenge aus Eisenhydroxid bzw. in der karbonatischen Gangart (Dolomit) anzutreffen (siehe Abb. 55 in GRÄF & POSTL, 1998). Kupfer wird meist von Cuprit verdrängt. Cuprit ist auch häufiger Bestandteil, der durch Äderchen netzartig wirkenden Matrix. Ebenfalls unter oxydischen Bedingungen ist als letztes Umwandlungsprodukt reichlich Malachit gebildet worden (siehe Abb.56 in GRÄF & POSTL, 1998).

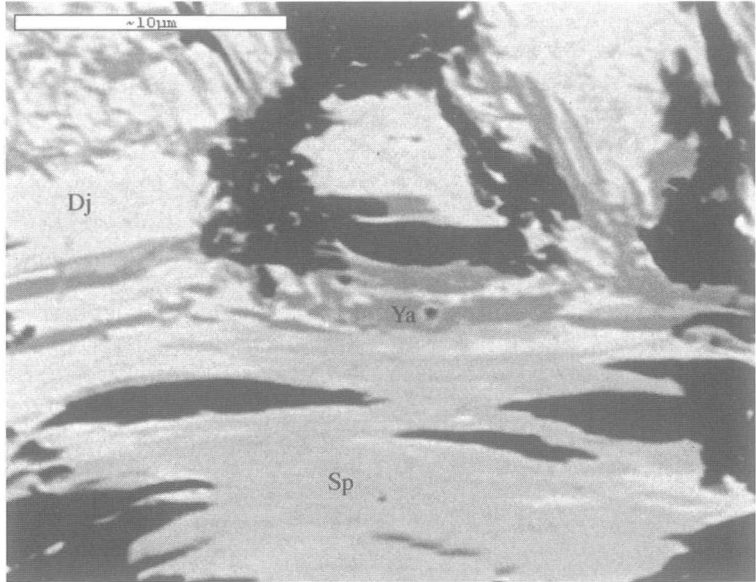


Abb. 1: Djurleit (Dj) hellgrau, Spionkopit (Sp) mittelgrau und Yarrowit (Ya) dunkelgrau. Die schwarze Bildanteile sind Malachit, Cuprit und Gangart. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme, BSE-Bild, untere Bildkante 27 µm.

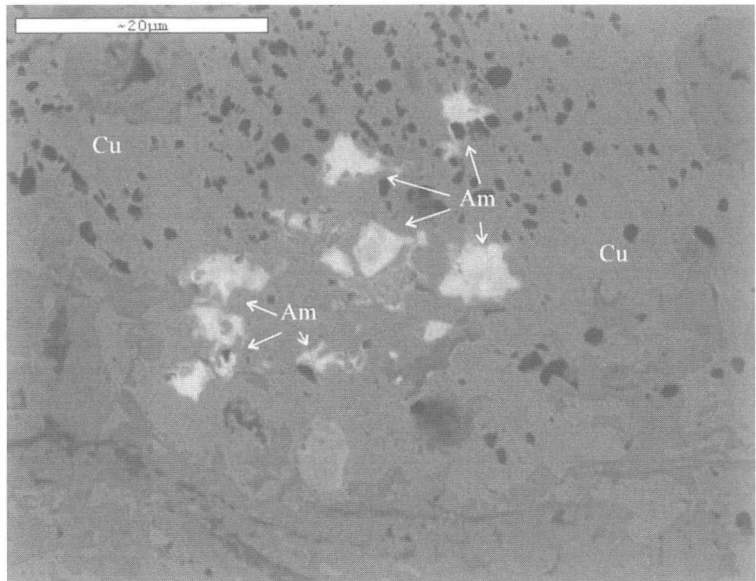


Abb. 2: Ag-Au-Amalgam (Am) hellgrau in gediegen Kupfer (Cu) grau. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme, BSE-Bild, untere Bildkante 60 µm.



Als Seltenheit konnten an einer Probe einige, nur wenige Zehntelmillimeter große, blaue Beläge beobachtet werden, bei denen es sich vermutlich um Azurit handelt.

Beschränkt auf einen winzigen Bereich konnten einige Körner einer im Auflicht hellgelbgrün gefärbten, bis zu 5  $\mu$ m großen, Phase in Kupfer nachgewiesen werden (Abb. 2). EDX-Analysen zeigen das Vorliegen eines Hg-armen Silber-Gold-Amalgams (Tab. 1). In den Analysen ist weiters stets ein Cu-Gehalt von ca. 4,5 Gew.% enthalten.

Bislang sind neben Weishanit,  $(\text{Au,Ag})_3\text{Hg}_2$  auch unbenannte Ag-Au-Amalgame bekannt, so z.B. vom Skellefte Erzbezirk in Schweden. Für dieses wird eine Formel von  $\text{Ag}_{0.45}\text{Au}_{0.45}\text{Hg}_{0.1}$  angegeben (NYSTEN, 1986). Natürliche Kupferamalgame sind die dimorphen Minerale Belendorffit und Kolymit ( $\text{Cu}_7\text{Hg}_6$ ). Über Ag-Au-Cu-Amalgame wird in der Literatur nicht berichtet.

Die geringe Größe der Amalgamkörner aus dem Grazer Schloßberg stellt allerdings ein analytisches Problem dar. Es ist anzunehmen, daß die Kupfergehalte, oder zumindest Teile davon, durch das umgebende Kupfer verursacht werden, vor allem auch im Hinblick auf fehlende vergleichbare natürliche Au-Ag-Cu-Amalgame. Daher sind die in Tab. 1 angegebenen Werte nur semiquantitativ. Eine Benennung ist nicht möglich.

Unter den Amalgamkörnern befindet sich auch ein Korn, das an Elementen nur Cu und etwas Au enthält und in GRÄF und POSTL (1998) vorläufig als Cu-Au-Verbindung Erwähnung fand. Wahrscheinlicher ist, daß es sich um ein ausgedünntes Goldplättchen handelt. Aufgrund der Kleinheit ( $< 5 \mu$ ) ist eine eindeutige Aussage jedoch nicht möglich.

Als Gangarten treten Dolomit und etwas Calcit auf. Ebenfalls neu ist der Nachweis von idiomorphen, in Dolomit eingewachsenen Quarzkristallen von maximal 1 mm Länge.

## **Bildungsbedingungen:**

Ausgehend von einer hydrothermal gebildeten Cu-Fe-Sulfidvererzung kam es zuerst zur Umwandlung des Chalkopyrits in "Kupferglanz" (Djurleit/Chalkosin?). Diese Umwandlung erfolgte bei oberflächennahen Bedingungen, da die maximalen thermischen Stabilitäten der Kupfersulfide sehr tief sind. So ist die obere Stabilitätsgrenze für Djurleit 93°C und für Yarrowit und Spionkopit 157°C (GOBLE, 1981). Danach kam es unter reduzierenden Bedingungen zur Bildung von ged. Kupfer und Amalgam. Beim letzten Akt herrschten oxidative Bedingungen. Es entstanden Cuprit, "Limonit", Malachit und Azurit (?).

## Dank

Unser Dank gilt Herrn Univ.-Prof.Dr. Viktor Maurin (Graz) für die Bereitstellung von Originalproben und Unterlagen. Ebenso danken wir Herrn Mag. Gerald Pischinger (Institut für Technische Geologie, Petrologie und Angewandte Mineralogie der TU Graz) und Herrn Univ.-Prof. Maurin für Führungen in und am Schloßberg.

Für die Ermöglichung, Analyseneinrichtungen zu benutzen sei dem Vorstand des Institutes für Mineralogie, Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Univ.-Prof.Dr. Georg Hoinkes bestens gedankt.

## Literatur:

- GOBLE, R.J. (1980): Copper sulfides from Alberta: yarrowite  $\text{Cu}_9\text{S}_8$  and spionkopite  $\text{Cu}_{39}\text{S}_{28}$ . - Canadian Mineralogist, Vol. 18, 511-518.
- GOBLE, R.J. (1981): The leaching of copper from anilite and the production of a metastable copper sulfide structure. - Canadian Mineralogist, Vol. 19, 583-591.
- GRÄF, W. & POSTL, W. (1998): Zur Geologie und Mineralogie. In: Lebensraum mit Geschichte. Der Grazer Schloßberg. - Austria Medienservice, 1998, 91-102, Graz.
- HERITSCH, H., KOPETZKY, I. und PAULITSCH, P. (1951): Eine Vererzung im Grazer Schloßberg. - Mitt. Naturw. Ver. Stmk., 79/80, 127-132, Graz.
- KOPETZKY-WÜNSCH, I. (1947): Vererzung des Grazer Schlossberges. - Unveröffentl. Diss. Univ. Graz
- NYSTEN, P. (1986): Gold in the volcanogenic mercury-rich sulfide deposit Langsele, Skellefte ore district, northern Sweden. - Mineralium Deposita, 21(2), 116-120.
- POSTL W. (1993): Mineralschätze der Steiermark - Verborgenes aus privaten und öffentlichen Sammlungen. - 94 Seiten, Joanneum-Verein, Graz.

Anschrift der Verfasser:



Mag. Hans-Peter BOJAR  
Referat Mineralogie, Landesmuseum Joanneum, Raubergasse 10,  
A-8010 Graz.



Dr. Walter POSTL

# Das Paläozoikum auf ÖK-Blatt 163 Voitsberg

Fritz EBNER

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

## Zusammenfassung

Zum Abschluß der Neuaufnahme 1:50.000 des Kartenblattes (163) Voitsberg wird die Ausbildung und räumliche Verbreitung des Paläozoikums auf diesem Kartenblatt beschrieben. Nach einer den Regeln des "International Stratigraphic Guide" entsprechenden Neufassung der stratigraphischen Nomenklatur des Grazer Paläozoikums (FLÜGEL, 1998) werden alle Kartierungseinheiten dieses Kartenblattes diesem Schema angepaßt und eine Reihe neuer lithostratigraphischer Einheiten beschrieben.

## Abstract

After geological mapping of sheet 163 (Voitsberg) of the Austrian Geological Map (1:50.000) the Paleozoic of this area (part of the Upper-Austroalpine Graz Paleozoic) is described in respect to geological evolution, stratigraphy, and regional distribution. Recently, a revision of the stratigraphic nomenclature of the Graz Paleozoic was performed by FLÜGEL (1998) according to the rules of the "International Stratigraphic Guide". Therefore all lithostratigraphic units of the mapped area were adapted to this scheme and a few new stratigraphic units were described.

## 1. Einleitung

Seit 1976 erfolgte die Neuaufnahme des Blattes 163 (Voitsberg) für die Österreichische Karte 1:50.000 der Geologischen Bundesanstalt (Aufnahmeberichte des Autors dazu in den Verh. Geol. B.-A., 1976-1981 und Jb. Geol. B.-A., 126/1986-138/1995). Nach Abschluß der Kartierungsarbeiten wird nun eine zusammenfassende Darstellung des Paläozoikums auf Blatt 163 vorgelegt. Aktueller Anlaß und Notwendigkeit dazu war die jüngst nach den 1994 beschlossenen Regeln des "International Stratigraphic Guide" (ANOS SALVATOR, 1994) erfolgte lithostratigraphische Neugliederung des Grazer Paläozoikums, die beispielhaft von FLÜGEL (1998) erstmals für eine geologische Großeinheit Österreichs durchgeführt wurde. Dadurch wird im Paläozoikum der benach-

barten Kartenblätter 163 (Voitsberg) und 164 (Graz) eine übereinstimmende Nomenklatur erzielt.

Neben zahlreichen Detailkartierungen kleinerer Bereiche beinhalten die geologischen Karten von WAAGEN (1937, 1:50.000), FLÜGEL (1960, 1:100.000), EBNER (1983 a, b 1:50.000) und FLÜGEL & NEUBAUER (1984, 1:200.000) wertvolle Informationen und Grundlagen für die derzeit vorliegende Darstellung des Paläozoikums auf Blatt 163.

## 2. Prätertiäre Einheiten auf Blatt 163

Die Verbereitung des prätertiären Grundgebirges auf Blatt 163 zeigt Abb. 1. Mittel- bis höhergradig metamorphe Gesteinseinheiten im NW und SW werden dem mittelostalpinen Deckenkomplex zugeordnet. Die Deckengrenze gegen das Oberostalpin des Grazer Paläozoikums wurde intragosauisch als sinistrale Seitenverschiebung aktiviert (NEUBAUER et al., 1995). Der Deckenstapel des Grazer Paläozoikums besteht aus altpaläozoischen Sedimenten und Vulkaniten unterschiedlicher metamorpher Überprägung (HASENHÜTTL & RUSSEGGGER, 1992; RUSSEGGGER, 1996). Einzelne Decken mit ähnlichem Schichtinhalt, vergleichbarer tektonischer Position und metamorpher Überprägung werden zu drei Deckengruppen zusammengefaßt (FRITZ et al. 1991, 1992):

- Tiefere Deckengruppe: Schöckel-Decke,
- Mittlere Deckengruppe: Gschwendt-Decke der Kalkschiefer-Decken,
- Höhere Deckengruppe: Rannach- und Hochlantsch-Decke.

Ein in seiner tektonischen Stellung problematisches Element ist die entlang steilstehender Störungen zwischen Gschwendt-/Schöckel-Decke und Rannach-Decke nordwestlich von Großstübing auftretende Bameder-Einheit, deren Schichtentwicklung faziell an die der Rannach-Decke angeschlossen wird.

Die Deckenstapelung erfolgte, belegt durch die diskordante Auflagerung der Kainacher Gosau, vorgosauisch. Die Einschuppung der Gosau von Gams und der Bärenschützklamm entlang der Paläozoikums/Kristallin-Grenze deutet auf intra- bis nachgosauische sinistrale Seitenverschiebungen entlang dieser Grenzzone (NEUBAUER et al., 1995).

Variszische Deformationen und Metamorphose sind aufgrund der intensiven alpidischen Überprägung nur punktuell faßbar. Mischalter und Überschußargon in Mineralen sprechen dafür, daß die alpidische Erwärmung 450°C nicht übertraf (FRITZ & KRALK, 1986; FRITZ, 1988). Der penetrative Deformationsstil erzeugt eine Schieferung subparallel zu den Grenzen der lithologischen Einheiten, die Verformungsintensität ist an den kartierten Deckengrenzen am größten und auch innerhalb der Decken duktil. Die mit dem alpidischen

Deckentransport in Zusammenhang gebrachten Streckungsrichtungen sind E/W- mit Versatz des Hangenden gegen W gerichtet, wobei lokal eine progressive Änderung der Streckungsrichtung nach NW festgestellt wurde (FRITZ, 1988; FRITZ & NEUBAUER, 1988).

Die Chronologie der alpidischen tektonischen Ereignisse beginnt mit einer frühkretazischen (120 Ma) Deckenstapelung (FRITZ & KRALIK, 1986). Diesem Kompressionsstadium folgt zwischen 100 und 80 Ma (oberkretazisch) synchron mit der Ablagerung der Gosau-Sedimente Extension, die durch den Aufstieg des Gleinalm-Kristallins eingeleitet wird. Die Folge ist eine Abschiebung des Grazer Paläozoikums vom Koralm- und Rennfeld-Kristallin, die Reaktivierung älterer Deckenbahnen als E-gerichtete Abschiebungen, die Ausbildung eines sinistralen Scherkorridors an der NW-Grenze des Paläozoikums und die Anlage bipolarer, nach E- und W-fallender Abschiebungen (NEUBAUER & GENSER, 1990; FRITZ et al. 1991; NEUBAUER et al. 1995).

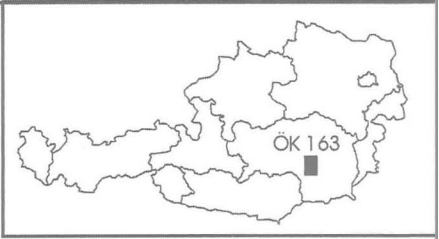
Die Grenze zwischen der Gschwendt- und Schöckel-Decke nordwestlich der Linie Waldstein – Guggenbach - Bameder Kogel wird von FRITZ et al. (1991) ebenfalls als sinistrale Seitenverschiebung dargestellt. Die Natur und Neigung dieser tektonischen Linie ist essentiell für die tektonische Auflösung des Gesamttraumes. Unklar ist in diesem Zusammenhang die Position von Kalkschiefern, die bei Explorationsbohrungen im Raum Guggenbach unter den erzführenden Einheiten der Schöckel-Decke angetroffen wurden (WEBER, 1990).

### 3. Das Paläozoikum auf Blatt 163 Voitsberg

Nachfolgend wird die Ausbildung und Verbreitung der paläozoischen Schichten innerhalb der zuvor genannten tektonischen Einheiten besprochen (Abb. 1, Tab. 1). Als Abkürzungen werden gebraucht: Fm. = Formation; Mb. = Member; nom. nov. = neu definierte lithostratigraphische Einheit.

#### 3.1. Tiefere Deckengruppe: Schöckel-Decke

FLÜGEL (1998) faßt den Schichtbestand der Schöckel-Decke in der **Peggau-Gruppe** zusammen. Ihre stratigraphische Zuordnung ist aufgrund des Fossil-mangels bzw. einer metamorphen Überprägung im Bereich der Grünschieferfazies (HASENHÜTTL, 1994) problematisch. Lithologisch ist eine Gliederung in eine basale vulkanogene, eine mittlere euxinische und eine hangende Karbonat-Entwicklung signifikant. Charakteristisch für die mittleren, ebenfalls vulkanogen beeinflussten Anteile sind exhalative Sedex Pb/Zn-Barytvererzungen (Pb-Zn-Baryt Bezirk Grazer Paläozoikum; WEBER, 1997 a,b), die im Bereich Peggau - Rabenstein - Guggenbach weit verbreitet sind.





-  Känozoikum
-  Kainacher Gosau

### PALÄOZOIKUM VON GRAZ

#### Höhere Deckengruppe

-  Rannach - Decke
-  Hochlantsch - Decke

#### Mittlere Deckengruppe

-  Gschwendt - Decke
-  Schöckel - Decke

#### Tiefere Deckengruppe

-  Bameder - Einheit

#### MITTELOSTALPINES KRISTALLIN



Abb. 1: Das prätertiäre Grundgebirge auf Blatt 163 Voitsberg und tektonische Einheiten im Paläozoikum.

Tab. 1: Stratigraphische Tabelle des Paläozoikums auf Blatt 163 Voitsberg.

Tabelle 1		RANNACH - DECKE		BAMEDER- EINHEIT	HOCHLANTSCH- DECKE	GSCHWENDT- DECKE	SCHÖCKEL- DECKE
K A R B O N	Westfal	DULT- GRUPPE	Hahngraben-Fm. Höchkogel-Fm.				
	Namur		Schraus- bauer-Mb. Hartbauer-Mb.				
D	Visé	FORSTKOGEL-GRUPPE	Sanzenkogel-Fm.				
	Tournai		Hart-Lydit-Bank Tropf-Phosphorit-Bank				
E	Famenne	FORSTKOGEL-GRUPPE	Steinbergkalk-Fm.		Fahrneck-Fm.		
	Frasne		Höllerkgl.-Mb. Platzl-Mb. Kollerkogel-Fm.				
V	Givet	FORSTKOGEL-GRUPPE	Platzkogel-Mb. Kanzeikalk-Mb. Gaisbergsattel-Mb.		Rot müller-Fm.	Spatl-Mb. Sattelbauer-Mb.	Schöckelkalk-Fm.
	Elfel		Barrandekalk-Fm.				
O	Ems	RANNACH-GRUPPE	Pleschkogel-Mb. Pfaffenkogel-Mb. Treffenberg-Mb.			Kogler-Fm. Gschwendt-Mb.	Raasberg-Fm.
	Prag		Admonterkogel-Mb. Göstinggraben-Mb. Parmasegg-Fm.				
N	Lochkov	RANNACH-GRUPPE	Stiwoll-Mb. Oberbichl-Mb. Greitner-Mb.	Bameder-Fm. Spandl-Mb. Krafuß-Mb.			Lammkogel- Quarzit-Mb.
S I L U R	Pridoll	REINERSPITZ- GRUPPE	Kötschberg-Fm.				Schönberg-Fm.
	Ludlov		Genoveva- kreuz-Mb. Kehr-Vulkanit-Fm.				
			Eggentfeld- Mb.				Rauchenberg-Mb. Rabenstein-Mb.
							Taschen- Schleifer-Fm.
							PEGGAU - GRUPPE

Die im letztgenannten Bereich im stratigraphisch Liegenden weit verbreitet auftretenden Fleckengrünschiefer mit Einschaltungen von Karbonatphylliten und phyllitischen Tonschiefern werden zur **Taschen-Schiefer-Fm.** (FLÜGEL, 1998) zusammengefaßt. Darüber folgt ein Schichtpaket aus Schwarzschiefern und Karbonatphylliten mit Einlagerungen dunkler Kalke mit den zuvor genannten Pb/Zn-Baryt-Vererzungen. Darin ist das **Rauchenberg-Mb.** der **Schönberg-Fm.** (FLÜGEL 1989) zu erkennen. Spärliche Conodontenfunde ermöglichen eine Einstufung der basalen Schwarzschiefer ins Lochkov (TSCHELAUT, 1985). Einen guten lithostratigraphischen Leithorizont bildet das im Liegenden der Schwarzschiefer auftretende **Rabenstein-Mb.** (nom. nov., = "Kalkrippe" WEBER, 1990), das sich vom Schloß Rabenstein über den Arzwaldgraben ins Übelbachtal und von dort weiter bis zur störungsbedingten S-Grenze der Schöckelkalk-Fm. im Walthasamgraben weiter verfolgen läßt.

Das stratigraphisch Hangende bilden blaugraue, tlw. gebänderte Kalkmarmore der **Schöckelkalk-Fm.** An der Grenze zum stratigraphisch tieferen Rauchenberg-Mb. finden sich örtlich bis zu 250 m mächtige, helle Karbonatquarzite (**Lammkogel-Quarzit-Mb.** der **Raasberg-Fm.**). Südöstlich davon folgen wiederum, allerdings invers gelagert, Schwarzschiefer und die vulkanogene Taschen-Schiefer-Fm. Die Schöckelkalk-Fm. und das Lammkogel-Quarzit-Mb. enden nördlich des Übelbachgrabens vermutlich störungsbedingt abrupt, während die nordwestlich im stratigraphisch Liegenden auftretenden Einheiten (Rauchenberg-Mb., Rabenstein-Mb., Taschen-Schiefer-Fm.) bis zum Walthasamgraben südöstlich des Bamederkogels ungestört weiterstreichen.

Einer faziellen Verbindung der Kogler-Fm. (Gschwendt-Mb. der Gschwendt-Decke) mit der Schöckelkalk-Fm. aufgrund geringmächtiger Schwarzschiefer mit Einschaltungen von Crinoidenschuttkalken im tektonisch Liegenden der Taschenschiefer-Fm. in einer isoklinalen Antiklinalstruktur mit SE-fallenden Schenkeln (TSCHELAUT, 1985) wird nicht entsprochen. Dagegen spricht das Kartenbild im größeren Rahmen, die zu geringe Mächtigkeit der regional sonst beständig auftretenden Schwarzschiefer und das völlige Fehlen des sonst bis 250 m mächtig werdenden Lammkogel-Quarzit-Mb. im Liegendschinkel.

Zwischen Kainachtal und Almgraben schaltet sich zwischen dem mittelostalpinen Kristallin und der Gschwendt-Decke eine allseits tektonisch begrenzte Einheit von phyllitischen Tonschiefern, Fleckengrünschiefern (z.T. Metadiabasen) sowie phyllitische Schwarzschiefer mit Einlagerung von teilweise marmorisierten Kalken und Grünschiefern ein (EBNER, 1986). Bei einer Zuordnung dieser Einheiten zur Schöckel-Decke (vgl. FRITZ et al., 1991: Fig.1) sind die hier anzutreffenden Gesteine der Taschen-Schiefer-Fm. bzw. der Schönberg-Fm. (eventuell dem Rauchenberg-Mb.) zuzuordnen.

Im weiteren Verlauf der Kristallin/Paläozoikums-Grenze tritt dann, bereits auf Kartenblatt 162 (Köflach) am Westrand der Kainacher Gosau unter



einem schmalen Streifen der Gschwendt-Decke abermals die Schöckel-Decke auf, die westlich von Piber wiederum das Kartenblatt 163 erreicht. Die hier bis zum Gestüt Piber auftretenden Schöckelkalke werden im NE bis in den Kohlbachgraben von einem schmalen Streifen phyllitischer Tonschiefer, Fleckengrünschiefer und Metadiabase begleitet, die z.T. Äquivalente der im Almgraben angetroffenen Gesteine darstellen könnten. Nach tektonischem Kontakt folgen Gesteine der Flösserkogel-Fm. der Rannach-Decke.

Südlich der Schöckelkalk-Fm. schließt, z.T. maskiert durch das Tertiär des Köflach/Voitsberger Beckens, bis in den Bereich Rosenthal/Ruine Voitsberg ein Areal von hellen, teilweise gebänderten, sandigen Dolomiten und Serizitquarziten an. Diese Gesteine, die der **Raasberg-Fm.** zugeordnet werden, nehmen hier eine Position unmittelbar über dem mitelostalpinen Kristallin ein. Nachdem sie auch als Zentralalpines Mesozoikum diskutiert wurden (FLÜGEL & MAURIN, 1957), dürfte ihnen wohl eine paläozoische Alterstellung (? Prag) und Position im Liegenden der Peggau-Gruppe zukommen (NEUBAUER & FLÜGEL, 1984; FLÜGEL, 1998).

### 3.2. Mittlere Deckengruppe: Gschwendt-Decke

Das mittlere Deckensystem des Grazer Paläozoikums besteht aus der Laufnitzdorf- und den Kalkschiefer-Decken, die am NW-Rand des Grazer Paläozoikums auf Blatt 133 und 134 eine tektonische Duplizierung erfuhren (FRITZ et al., 1991, 1992). Die hangende Kalkschiefer-Decke (= Gschwendt-Decke) setzt sich nach SW auf das Kartenblatt 163 fort. Ihre monotonen, karbonatisch/siliklastischen, unter- bis mitteldevonen, niedrigstgradig metamorphen Gesteinsabfolgen (GOLLNER & ZIER, 1985; TSCHELAUT, 1984) werden als Entwicklung eines lebensfeindlichen, tieferen Stillwasserbereiches mit eingeschränkter Wasserzirkulation interpretiert und zur **Kogler-Fm.** zusammengefaßt (FLÜGEL, 1984; HUBAUER, 1986).

Auf Blatt 163 kann der Großteil dieser NE/SW-streichenden und generell nach SE-fallenden Einheit dem **Gschwendt-Mb.** (TSCHELAUT, 1984) zugeordnet werden. Lithologisch sind Wechselfolgen dunkler, plattiger bis dickbankiger und örtlich knolliger, grauer Kalke entwickelt, in denen Silt-/Sandsteine, Tonschiefer, Dolomite und selten geringmächtige, basische Tuffe eingeschaltet sind. Eine lithologische Differenzierung dieser monotonen Einheit ist bei den gegebenen Aufschlußverhältnissen kaum möglich. Bereichsweise können, ohne Anspruch auf stratigraphische Signifikanz, karbonatisch-dominierte von klastisch-dominierten Anteilen abgetrennt werden. Meist sind die Dolomite an klastisch-beeinflußte Bereiche gebunden. Fossilfunde sind kaum bekannt. Lediglich im Bereich südwestlich Übelbach wurden Conodonten des Ems gefunden (SCHÖNLAUB, 1979). Weiters sei auf Lesesteinfunde dunkler Kalke mit

rugosen und tabulaten Korallen verwiesen, die südöstlich des Gehöftes Hasi (ca. 1.400 m östlich Gasthof Krautwasch) gefunden wurden; EBNER, 1989). Die Mächtigkeit beträgt ohne Berücksichtigung nicht erkannter tektonischer Wiederholungen einige 100 m. Für ihr Alter kann (? höheres) Unter- bis Mitteldevon angegeben werden (TSCHELAUT, 1984).

Vom Schuster- bis zum Mandlkogel (am westlichen Blattrand) stellen hellgraue, z.T. massiv entwickelte Kalke (**Sattelbauer-Mb.**, nom. nov.) das stratigraphisch Hangende des Gschwendt-Mb. dar. Sie treten stets in konstanter Position am S-Rand der Gschwendt-Decke bzw. am N-Rand der Kainacher Gosau auf. Punktuell führen sie Korallen/Brachiopoden (vom Typus der Barrandeikalke) und südlich des Schererkogels auch vereinzelt Hornsteinknollen. Die Fossilfundpunkte mit *Zdimir* sp., rugosen und tabulaten Korallen, Stromatoporen und Echinodermendetritus finden sich von E nach W: um das Gehöft Peißl nordwestlich Geistthal, beim Gehöft ca. 750 m SSE Brücke 648 im Kainachgraben und unmittelbar an der Paläozoikums/Gosau-Grenze am westlichen Kartenrand südlich des Mandlkogel. Dadurch wird zumindest z.T. eine Einstufung in das tiefere Mitteldevon wahrscheinlich.

An der Krautwaschstraße treten nördlich des Gehöftes Spatl mit Störungskontakt zum Sattelbauer-Mb. zunächst graue Dolomite und dann eine fossilfreie Abfolge von mikritischen, rötlich-violetten, z.T. knollig/flaserigen Kalken, Sandsteinen, Tonschiefern und sporadisch basischen Tuffen auf. Diese als Spatl-Mb. (nom. nov.) zusammenfaßte Gesteinsabfolge wird versuchsweise in das Hangende der Kogler-Fm. gestellt. Aus lithologischen Ähnlichkeiten mit anderen bunten flaserigen Kalktypen (Fahrneck-Fm.) kann durchaus auch ein tiefes Oberdevon-Alter in Betracht gezogen werden. Von der Straßenkehre nördlich des Gehöftes Spatl lassen sich o.g. Dolomite und Kleinstvorkommen der bunten Kalke des Spatl-Mb. an der tektonischen Grenzfläche zwischen Gschwendt-Decke und Bameder-Einheit bis zur Kote 909 südöstlich des Gehöftes Pagger verfolgen.

Die Position des Spatl-Mb. in dieser tektonischen Grenzzone schließt die Diskussion alternativer tektonischer Zuordnungen nicht aus. Aufgrund der Position und Lithologie (bunte mikritische Kalke, basische Vulkanite) wäre auch an Schuppen der Laufnitzdorf-Decke oder der Hochlantsch-Decke (dann Äquivalent des Fahrneck-Fm.) zu denken.

### 3.3. Bameder-Einheit

Westlich von Großstübing und nordwestlich des Stübingbaches tritt zwischen der Gschwendt-/Schöckel-Decke im N und der Rannach-Decke im S (Raum Platzkogel) die beiderseits durch steilstehende Störungen (vermutlich sinistrale Seitenverschiebungen) begrenzte Bameder-Einheit auf, die im W bis an den

Rand der Kainacher Gosau heranreicht. Der generell S- bis SE-fallende und ? einige hundert m mächtige Schichtstoß wird zur **Bameder-Fm.** (? Lochkov - ? Prag) zusammengefaßt, die aus faziellen Gründen der Rannach-Gruppe zugeordnet wird (EBNER, 1989).

Innerhalb dieser Einheit werden von N nach S zwei Member unterschieden. Der Bereich des Bameder Gipfels wird aus dem stratigraphisch liegenden Krafuß-Mb. (nom. nov.) aufgebaut, das sich vorwiegend aus grauen, gelblich anwitternden Sandsteinen (oft mit *Scalarituba* = *Bythothrephis*-Spuren und geringmächtigen Einschaltungen von dunklen, plattigen Kalken und Crinoidenkalken) zusammensetzt. Aus diesen Sandsteinen stammt vom Bamederkogel auch eine kleine Fauna mit Rugosen, Favositen und *Atrypa* cf. *obovata* (FLÜGEL, 1956). Das Krafuß-Mb. wird am S-Hang etwa ab SH 900 m in Richtung Stübingbachtal vom Spandl-Mb. (nom. nov.), einer Wechselfolge ± siltiger Schiefer, Tonschiefer, geflaserter Sandsteine mit Lagen knolliger und plattiger, dunkelgrauer Kalke überlagert.

## 3.4. Höhere Deckengruppe

### 3.4.1. Hochlantsch-Decke

Im Raum Reicherhöhe (nördlich Übelbach) tritt am nördlichen Kartenrand eine allseits von tektonischen Linien begrenzte Einheit mittel- und oberdevonischer Dolomite, Kalke und Schiefer auf, die sich von der Reicherhöhe über den Arzbachgraben bis in die Berghänge südlich des Rathlosgraben (ÖK 133, Leoben) erstreckt. Entlang der diese Schuppe begrenzenden Störungen sind auch grünlichgraue Sandsteine und Orthocerenkalke des Rathlosgraben-Mb. der Laufnitzdorf-Gruppe eingeschaltet. Auf Blatt 163 sind zwei Formationen unterscheidbar:

Das aus dem Arzwaldgraben heraufstreichende Liegende bildet die **Rotmüller-Fm.** (nom. nov.) mit massigen bis gut gebankten Dolomiten (z.T. Amphiporen-führend), in denen graue, knollige Kalke, dunkle Biogenschuttkalke (Korallen, Brachiopoden, Echinodermen) und Kleinstvorkommen gelbbrauner Sandsteine eingeschaltet sind. Hangend folgt mit der **Fahrneck-Fm.** (nom. nov.) eine Wechselfolge von grauen, plattigen, teils flaserigen Kalken, Grün- und Tonschiefern. Conodonten datieren zumindest z.T. tiefes Oberdevon (dol/II) (TSCHELAUT, 1985). Die Rotmüller-Fm. wird ? dem Givet zugeordnet.

### 3.4.2. Rannach-Decke

Die Rannach-Decke (als tektonisches Äquivalent der Hochlantsch-Decke) bildet südlich des Stübingbachgrabens zwischen Murtal und der diskordant

auflagernden Kainacher Gosau im W das höchste tektonische Element. Nördlich des Stübingbach- und Übelbachgrabens liegen einige Deckschollen direkt auf der Schöckel-Decke. Nördlich des Platzl-Kogels schaltet sich gegen die Gschwendt-Decke entlang steilstehender Störungen die Bameder-Einheit ein, die faziell der Rannach-Gruppe angeschlossen wird. Unmittelbar am westlichen Kartenrand (nordwestlich Piber) treten Gesteine (Dolomite) der Rannach-Decke ebenso zu Tage wie im Grundgebirgsaufbruch von Aichegg (nordwestlich Stallhofen). Nach S wird die Rannach-Decke vom Neogen des Steirischen Beckens überlagert. Die südlichsten Vorkommen sind der Grundgebirgsaufbruch von Aichegg bzw. das Paläozoikum vom Steinberg/Forstkogel.

Die stratigraphisch hohen Anteile der Rannach-Decke treten mit der Forstkogel- und Dult-Gruppe schwerpunktmäßig südlich einer E/W-, östlich der Mur auf Blatt 164 in den Hofgraben hineinstreichenden Störung um Gratwein/Au, Rein (Eichkogel), Steinberg/Forstkogel und am Aichegg auf. Bemerkenswert ist das Auftreten aufrecht und invers gelagerter Abfolgen (Aichegg, Forstkogel), die am Forstkogel als Schenkel einer Isoklinal-Faltenstruktur interpretiert werden (SURENIAN 1977; BUCHROITHNER et al., 1989; EBNER, 1980 a).

Stratigraphisch tiefe Anteile (Reinerspitz-Gruppe) gehören im Raum Stiwill - Kehr - Rein eventuell einem tieferen tektonischen Element (Laufnitzdorf-Decke) an (FLÜGEL, 1998). NEUBAUER (1991) interpretiert den im Bereich um Kehr kartierten SSE-vergenten Großfaltenbau (mit E/W- streichenden Faltenachsen) als laterales Segment einer Futteralfalte, in der die W-gerichtete Schertektonik auf die vorgosauische Deckenstapelung zurückgeht. Spätere ESE-gerichtete Extension bewirkte grob N/S-orientierte Abschiebungen entlang der die Kehrer Struktur als Horst herausgehoben wurde.

Die Schichtfolge wird vom Liegenden zum Hangenden folgenden lithostratigraphischen Gruppen zugeordnet (FLÜGEL, 1998):

- vulkanogen-pelagische **Reinerspitz-Gruppe** (? Ludlov - Lochkov),
- marine Flachwasserentwicklung der **Rannach-Gruppe** (Prag - Givet/lokal Frasne),
- pelagische Karbonatentwicklung der **Forstkogel-Gruppe** (hohes Givet - Namur A),
- erosionsdiskordant auflagernde **Dult-Gruppe** (Namur B - tiefes Westfal).

Das Liegende der **Reinerspitz-Gruppe** bildet die **Kehr-Vulkanit-Fm.** Diese besteht aus basischen Metavulkaniten (Tuffe/Tuffite; untergeordnet massige Lavaflows/Diabasmandelsteine) mit wenig tonig/siltigen Einschaltungen. Der massige Diabaskörper von Eggenfeld-Haritzgraben (ÖK 163, 164; EBNER, 1976 b; NEUBAUER, 1989) wird ebenfalls zu dieser Einheit gestellt. Hangend

folgende, neritisch/pelagische Gesteine (Netz-, Flaser-, Knollenkalke, Silt-/Tonschiefer, selten Dolomite) werden von FLÜGEL (1998) zur **Kötschberg-Fm.** zusammengefaßt. Karbonatische Einschaltungen unterschiedlicher stratigraphischer Niveaus innerhalb der Kehr-Vulkanit-Fm. werden z.T. auch als tektonische Einschaltungen interpretiert (FLÜGEL, 1998) und zum informellen **Genovevakreuz-mb.** (FLÜGEL & SCHÖNLAUB, 1972) vereint. Biostratigraphisch gesicherte Bereiche zeigen daraus einen Zeitbereich vom Ludlow - Lochkov an (FLÜGEL & SCHÖNLAUB, 1972; EBNER et. al., 1979). Einer derartigen stratigraphischen Position entspricht auch die geringmächtige, fossilreiche (Conodonten, Orthoceren, Brachiopoden, Graptolithen, Echinodermaten, Korallen) Wechsellagerung (dunkle Dolomite, feinschichtige Tuffite) des **Eggenfeld-Mb.** unmittelbar am östlichen Kartenblattrand über dem Eggenfelder Diabaskomplex (EBNER, 1976 b; PLOWOWSKI, 1976; NEUBAUER, 1989; HIDEN, 1997).

Die **Rannach-Gruppe** mit karbonatisch/siliklastischen Flachwasserentwicklungen erreicht Mächtigkeiten von > 1.000 m. Basal tritt die ca. 150 - 200 m mächtige, lithologisch sehr heterogen zusammengesetzte **Parmasegg-Fm.** (dunkle Plattenkalke, Crinoioidenkalke, gelbbraune mikritische Kalke, sandige Mergel, Silt-Sandsteine) auf. Ihr Alter kann aufgrund spärlicher Conodontenfunde mit Lochkov - ? Prag angegeben werden (SCHÖNLAUB in FLÜGEL, 1972; FRITZ, 1991). Im Bereich des Pamaseggkogels erkennt FRITZ (1991) drei klastisch- (siltig, sandig, mergelig) dominierte und ein Plattenkalkmember. Letzteres wird von FLÜGEL (1998) als **Greitnerkogel-Mb.** bezeichnet. Dieses ist gut kartierbar und besitzt neben seinem Auftreten im Typusgebiet (nordwestlich Peggau) im Bereich Kehr und südlich Stiwill eine weite Verbreitung. Gelbbraune, mikritische und teilweise stark tonig/sandige Kalke werden als **Oberbichl-Mb.** definiert (FLÜGEL, 1998). Im Bereich südwestlich Stiwill kann dieses flächig ausgeschieden werden. Graue Crinoidenschuttkalke treten innerhalb beider genannter Karbonat-Member auf. Im Verband mit den Karbonatgesteinen sind im Raum Stiwill auch gelbgrau anwitternde, mergelige Silt- und Sandsteine (**Stiwill-Mb.**), die beim Gehöft Fürpaß eine reiche, aber nicht näher bestimmbare Fauna mit Bryozoen, Brachiopoden, Trilobiten und Einzelkorallen führten (FLÜGEL & MAURIN, 1958).

Der größte Teil des Paläozoikums westlich und nordwestlich von Graz wird von der durch basale Silt-/Sandsteine und fröhdiagnetische Dolomite aufgebauten **Flösserkogel-Fm.** (Prag - Eifel; örtlich ? Givet) eingenommen. FLÜGEL (1998) unterscheidet in dieser maximal bis etwa 1.000 m mächtig werdenden Formation mehrere Member. Lithologisch gut abtrennbar ist an der Basis das durch Silt-/Sandsteine dominierte **Göstinggraben-Mb.** Als Einschaltungen treten innerhalb dieser litoralen Entwicklung (FENNINGER & HOLZER, 1971) plattige Dolomite, dunkle Kalklagen und schieferige Anteile mit Wurmsspuren (*Scalarituba* sp.) auf. Am Kartenblatt 163 tritt dieses Member schwerpunktmäßig in folgenden Bereichen auf:

- An der Basis des Pfaffenkogels am Stübinggrabenausgang und im Hör-gasgraben,
- in einem durchgehenden Streifen vom Kehrer Graben (westlich Rein) bis zum Fuchs- und Zentnerkogel südwestlich St. Pankrazen, und
- im Raum Generalkogel – Plankenwart – Fuchskogel (nordwestlich St. Bartholomä).

Im Bereich des Kartenblattes 164 (Graz) folgen über dieser Entwicklung die Diabastuffe des **Admonterkogel-Mb.**, das sich im Bereich des Kartenblattes 163 nur aufgrund weniger cm-mächtiger Lagen (Pechelgraben) bzw. in Form von Lesestücken (Lücklgraben nordwestlich Treffenberg) erahnen läßt.

Obwohl in den darüber folgenden Dolomiten in ausgewählten Profilen klar definierte Member auftreten, wird deren Unterscheidung im Gelände in dem Ausmaß schwieriger, je stärker siliziklastische und karbonatische Einschaltungen in Richtung Westen überhandnehmen. Klar abtrennbar sind aufgrund der wandbildenden Geländemorphologie supra- bis intertidal gebildete, massige, helle Dolomite des **Pfaffenkogel-Mb.** (FENNINGER & HOLZER, 1978), die im Bereich des Murtales, am Stübinggrabenausgang und am NW-Rand des Reiner Beckens auftreten. Im Bereich des Treffenberges wurden gelbbraune Dolomitmergel-/schiefer und Flaserdolomite einer Gezeitebene als eigenes Member (**Treffenberg-Mb.** FENNINGER & HOLZER, 1978) erkannt. Das im Bereich des Kartenblattes 164 (Graz) in hoher Position auftretende **Eichberg-Mb.** (Wechselfolge plattiger, massig/laminierter und dunkler, Amphiporen-führender Dolomite) läßt sich bei der Kartierung im Bereich des Kartenblattes 163 nicht abgrenzen, deutet sich jedoch durch sporadische Amphiporen-führung in dunklen, gebankten Dolomiten im Bereich nördlich des Pleschkogels an.

Die genannte, stratigraphisch kaum näher zuordenbare Gliederung verwischt sich in W-Richtung. Ab dem Bereich Kehr nehmen gebankte Dolomite überhand, in die zunehmend Silt-/Sandsteine und vor allem in stratigraphisch höheren Positionen Lagen dunkelgrauer, teilweise knolliger Kalke eingeschaltet sind. Fossilfunde sind spärlich. Die siliziklastischen Einschaltungen führen *Scalarituba*-Spuren. Entlang der Straße Pleschkogel - Enzianwirt fanden sich in Karbonateinschaltungen lediglich einspitzige Conodonten (*Panderodus* sp.), im Liebochgraben Conodontenfaunen des Ems (SCHARFE, 1976 in FENNINGER & HOLZER 1978; EBNER, 1988) und lokal in knolligen Flaserkalken neben Conodonten des Ems reiche Mikrofaunen mit Fischzähnen (*Oneotodus beckmanni*), Holothurienskleriten, verkiesten Spicula, Goniodonten, Echinodermenstacheln und Crinoidenstielgliedern (EBNER et al., 1979). In stratigraphisch wie auch topographisch hohen Positionen treten vor allem nördlich des Pleschkogels dunkle Kalke vom Typus der Barrandeikalke mit Favositen, Helioliten, Stromatoporen, Striatoporen und rugosen Korallen auf. Zusammengefaßt wird diese Entwicklung, die über dem Göstinggraben-Mb. einsetzt, als

**Pleschkogel-Mb.** (EBNER, 1988). Zeitlich dürfte diese Entwicklung das Ems umfassen und bis in zeitliche Äquivalente der Barrandeikalk-Fm. aufsteigen.

Im Bereich südlich der Kehrer-Antikalinalstruktur und des Schirningbachgrabens (Schmelzerkogel, Münchenberg, Eisbachkogel, Eichkogel, Kugelberg, Raum Plankenwart - Generalkogel - Forstkogel) sind die über den basalen Silt-/Sandsteinen des Göstinggraben-Mb. folgenden Dolomite nur schwer den o.g. Dolomit-Mb. zuordenbar; sie wurden bei der Kartierung daher lediglich als Dolomite der Flösserkogel-Fm. zusammengefaßt.

Etwa nordwestlich der Linie Pleschkogel - Heiggerkogel - Mühlbacherkogel sind südwestlich von Großstübing allmählich Übergänge der dolomitisch-siltig-sandig-kalkigen Entwicklung der Flösserkogel-Fm. zu kalkig-schiefrig-, siltig-sandigen Gesteinsabfolgen erkennbar (KAHR, 1949). Diese Abfolgen wurden vielfach (z.B. FLÜGEL, 1975) als fazielle Verzahnung der Rannach-Fazies (Dolomit-Sandstein-Folge) mit der Kalkschiefer-Folge der Hochlantsch-Fazies angesehen. FENNINGER & HOLZER (1978) sehen darin den faziellen Übergang der peritidalen Dolomit-Sandstein-Folge zu einer Beckenentwicklung innerhalb der Rannach-Fazies. FLÜGEL (in FLÜGEL & NEUBAUER, 1984) faßt diese, bei der Kartierung nicht weiter gliederbare und wenige 100 m mächtige, Wechselfolge als **Heigger-Fm.** zusammen. Durch Conodontenfaunen wird für sie der Zeitraum Lochkov - Ems und aufgrund des Icrioden/Polygnathen-Verhältnisses ein ruhiger Ablagerungsraum unter dem Flachwasserbereich angenommen (BUCHROITHNER, 1978).

Über der Flösserkogel- und der Heigger-Fm. vereinheitlicht sich im Gesamtbereich der Rannach-Decke der Sedimentationsraum mit der Ablagerung der max. 80 - 100 m mächtig werdenden **Barrandeikalk-Fm.** Diese besteht aus charakteristischen, dunkelgraublauen, fossilreichen Bankkalken, die häufig mit Crinoiden-reichen, rötlich-violetten Tonbestegen auf den Schichtgrenzen ausgestattet sind. Die an tabulaten und rugosen Korallen, Stromatoporen und Brachiopoden (vor allem *Zdimir cf. hercynicus*) reichen Faunen wurden zuletzt von HUBMANN (1993, 1995) zusammenfassend bearbeitet und dadurch der Ablagerungsraum als subtidale "back reef"-Entwicklung mit ökologischen Stressbedingungen interpretiert. Altersmäßig werden sie dem Eifel und bereichsweise eventuell auch noch dem Oberems und Untergivet zugeordnet (FLÜGEL, 1998).

Über der im Gelände lithologisch klar erkennbaren Barrandeikalk-Fm. folgt die höher mitteldevone **Kollerkogel-Fm.** Sie beginnt mit mächtigkeitsmäßig stark schwankenden (0 - max. 20 - 30 m) Dolomiten (**Gaisbergsattel-Mb.** FLÜGEL, 1998; = Mitteldevon Dolomite EBNER et al., 1979). Darüber folgen hellgraue, massige Kalke. Im östlichen und südlichen Verbreitungsbereich der Rannach-Decke werden diese auf Blatt 163 dem max. 100 m mächtig werdenden **Kanzelkalk-Mb.**, einer niederenergetischen, "eingeschränkten"

Stillwasserentwicklung eines Plattformbereiches (FLÜGEL, 1998) zugeordnet. Im Raum Gratwein treten darin mit "wolkigen" Übergängen nesterförmige Partien grobkörniger Dolomite und Fe-Karbonate auf. Westlich von Gratwein (Profil Weihermühle; EBNER, 1981) dauert die Sedimentation der Kanzelkalk-Fm. bis ins tiefste Frasn an. Knapp außerhalb des östlichen Kartenblatt-randes sind im Kanzelkalk-Mb. im Bereich des N-Portals des Hausberg Bundesstraßentunnels mit ungeklärten Kontakten Kleinstvorkommen von rötlichen Flaserkalken mit do/- Conodontenfaunen eingelagert.

Nördlich Stiwill - St. Pankrazen - Grabenwarter-/Höllerer- und Platzkogel finden sich ca. 75 m mächtige, dickbankige bis massige Kalke mit einer Conodontenfauna der *varcus*-Zone (Givet) und einer Mikrofazies bzw. Conodontencharakteristik (*Polygnathus/lcriodus*-Verhältnis) eines höher energetischen, offen marinen Plattformbereiches (**Platzkogel-Mb.** EBNER et al., 1979). Südöstlich von St. Pankrazen sind im Platzkogel- Mb. geringmächtige basische Tuffe eingeschaltet.

Typisch sind im Niveau des Platzkogel- und Gaisbergsattel-Mb. entlang der Straße südlich St. Pankrazen und am Platzkogel rötlich-violette, kalkige Spaltenfüllungen unbekanntes Alters (EBNER et al., 1979; SOMERS, 1997). Aufgrund der im gesamten ost- und südalpinen Paläozoikum im Devon/Karbon-Grenzbereich gefundenen, oft auf Verkarstung rückgeführten und bis ins mittlere Devon infiltrierten Spaltenfüllungen (EBNER, 1978; EBNER, et al., 1981; EBNER, 1991 a, b) ist auch für diese Spaltenfüllungen eine derartige Genese durchaus möglich. Paläomagnetische Untersuchungen der Spaltenfüllungen und ihres Umgebungsgesteins weisen ohne Differenzierung lediglich auf den Zeitraum Devon/Karbon und auf eine primäre Position von 10° südlicher Breite (SOMERS, 1992). Gemeinsam mit Paläobreitenangaben aus dem Admonterkogel-Mb. (FENNINGER et al., 1997) und der Faunencharakteristik der Barrandeikalke (HUBMANN, 1993, 1995) weist dies auf eine primäre Position des Grazer Paläozoikums am Nordrand Gondwanas. Dies deckt sich gut mit den Vorstellungen über das Norische Terrane (FRISCH & NEUBAUER, 1989), dem das gesamte klassische ost- und südalpine Paläozoikum und somit auch das Grazer Paläozoikum angehörte.

Schichtgebunden an das Niveau der Kollerkogel-Fm. sind im Bereich der Rannach-Decke Zinnober-Mineralisationen (vor allem Tallak-Kogel westlich Gratwein). Es handelt sich dabei um schichtkonkordante, nahezu monomineralische Imprägnationen, deren Flüssigkeitseinschlüsse auf hochsalinare Lösungen mit Homogenisierungstemperaturen um 130°C deuten (MALI, 1996). Bemerkenswert ist, daß auch außerhalb der bekannten Bereiche mit Zinnober-Vererzungen, die Hg-Anomaliebereiche der geochemischen Prospektion exakt mit der Verbreitung des Kanzel- und Platzkogel-Mb. zusammenfallen (EBNER & WEBER, 1983; WEBER, 1997 a,b).



Am Platzkogel wird das Platzkogel-Mb. von einer um 50 m mächtig werdenden Wechsellagerung grauer und teils rötlichgrauer, Conodonten-führender und in ihrer Mikrofazies dem Platzkogel-Mb. entsprechenden Kalken und Ton-schiefern (**Platzl-Mb.**, nom. nov.) des Franse überlagert (EBNER et al., 1979).

Vom obersten Givet bis zum tiefen Franse wird die Flachwasserentwicklung der Rannach-Gruppe heterochron von einer bis ins Namur A andauernden pelagischen Entwicklung bunter, mikritischer Kalke (teilweise mit Flaser- und Netzkalkausbildung) abgelöst (**Forstkogel-Gruppe**; FLÜGEL & EBNER in FLÜGEL, 1998). Die oberdevonen Anteile dieser Cephalopoden-führenden und mit Conodonten gut gliederbaren pelagischen Entwicklung werden zur **Steinbergkalk-Fm.** zusammengefaßt, von der nur lokal entwickelte, höchst mitteldevone Anteile als **Höllererkogel-Mb.** abgetrennt werden (EBNER et al., 1979). Am Höllererkogel nordöstlich St. Pankrazen ist dieses Schichtglied ca. 20 m mächtig. Es baut sich aus feinplattigen, gelblichbraunen Kalken der *varcus*-Zone (oberstes Givet) auf (EBNER et al., 1979). Die bunte Flaser- und Netzkalkentwicklung der Steinbergkalk-Fm. wird bis zu 70 m mächtig. In NE-Teilen der Rannach-Decke reicht ihre Entwicklung nur bis ins doll/III, während jüngere Anteile einer Erosionslücke zum Opfer gefallen sind. Vollständige Schichtfolgen sind von Eichkogel bei Rein (NÖSSING, 1975 a; NÖSSING et al., 1977), dem Profil Weihermühle (EBNER 1980 a, b), im Bereich des Forstkogel/Steinberg (SURENIAM, 1977, 1978; NÖSSING, 1975 b; BUCHROITHNER et al., 1978; EBNER, 1980 a) bekannt.

Die karbonen, max. 30 - 35 m mächtig werdenden und bis ins Namur A (*Gnathodus bilineatus bollandensis*-Zone) reichenden Anteile werden zur **Sanzenkogel-Fm.** (NÖSSING, 1975 b; EBNER, 1978) vereint. Im Bereich Eichkogel (NÖSSING 1975 a, b) und am Forstkogel bestehen lückenlose Devon/Karbon-Abfolgen in denen unter Nachweis sämtlicher Conodontenzonen (Eichkogel NÖSSING, 1975 a; Forstkogel NÖSSING 1975 b; BUCHROITHNER et al., 1979; EBNER, 1980 a) das Tournai (= untere Sanzenkogel Schichten NÖSSING 1975 b) nur äußerst geringmächtig (220 cm) ausgebildet ist. Bemerkenswert ist die Ausbildung einer auf Verkarstung rückgeführten Erosionslücke zwischen Steinbergkalk- und Sanzenkogel-Fm., deren Umfang auf Blatt 164 (Graz) einen maximalen stratigraphischen Umfang vom doll/III bis ins höhere Visé annehmen kann. Bemerkenswert ist, daß liegend und hangend dieser Lücke idente und nur aufgrund ihrer Conodontenführung unterscheidbare Lithologien pelagischer mikritischer Kalke auftreten (EBNER, 1978, 1980 a,b; EBNER et al., 1981). Die Beendigung dieser Lücke wird mit synsedimentärer Bruchtektonik in Zusammenhang gebracht (EBNER & PROCHASKA, 1989). Bemerkenswert sind Conodonten-Mischfaunen, die unmittelbar über der Lücke oder in bis ins Mitteldevon hinabreichenden Spaltenfüllungen auftreten (EBNER, 1978; EBNER et al., 1980 a).

Das Devon/Karbon-Grenzprofil im Steinbruch Trolp am Forstkogel wurde lange Zeit als möglicher internationaler Devon/Karbon-Grenzstratotypus diskutiert. Die relative Armut an Makrofossilien und das Fehlen von Siphonodellen in einem Bereich von wenigen dm zwischen Fundpunkten mit *Siphonodella praesulcata* (höchstes Oberdevon) und *Siphonodella sulcata* (tiefstes Karbon) waren dann letztlich der Grund, warum anderen Profilen der Vorzug gegeben wurde (SANDBERG et al., 1983).

Innerhalb der Sanzenkogel-Fm. liegt am Forstkogel an der Basis der *Scaliognathus anchoralis*-Zone (oberstes Tournai) eine max. 20 cm mächtige Lage von Schiefen, Lyditen und Phosphoritknollen (**TroIp-Phosphorit-Bank**, nom. nov.; HÖLLER, 1958; NÖSSING, 1975 b; BUCHROITHNER et al., 1979; EBNER 1980, a). Das Auftreten dieser Lage fällt zeitlich mit dem Ende der Erosionslücken in Teilbereichen der Rannach-Decke zusammen. Sie zeigt eine Vertiefung des Ablagerungsraumes an und kann im Sinne von Upwelling-Zonen am Schelfrand interpretiert werden. Weitere Einschaltungen sind Lagen von gelblichgrauen, hellen bis rotbraunen Lyditen in Profilabschnitten des Visé (**Hart-Lydit-Bank**, FLÜGEL, 1998). Diese Lydite sind im Typusprofil der oberen Sanzenkogel-Fm. (Wegprofil Murtal - Hartbauer), am Ausgang des Hofgrabens nördlich Gratkorn (ÖK 164) und vor allem bei Gratwein/Au gut entwickelt (EBNER, 1978, 1980 a).

Den Abschluß der paläozoischen Schichtfolge bildet die **Dult-Gruppe**, die nach einer die Homocas-Stufe des Namur A umfassenden Erosionslücke im Namur B mit dunklen, marinen Kalken und Schiefen der **Höchkogel-Fm.** (FLÜGEL, 1998) einsetzt. An ihrer Basis sind geringmächtige, dunkle brekziöse Kalke mit Conodontenmischfaunen des Zeitraums Namur B/Visé, Namur A ausgebildet (EBNER, 1976 a). Besonders im Bereich des Kartenblattes 164 (Graz) sind diese basalen Karbonate, die zum **Hartbauer-Mb.** (FLÜGEL, 1998; = Liegendkalk EBNER, 1978) zusammengefaßt werden, mit Mächtigkeiten bis zu 20 m weit entwickelt. Dieses Hartbauer-Mb. verzahnt bzw. wird lokal von dunklen Schiefen mit Einschaltungen dunkler Kalke (mit Birdseye Strukturen = *Cladochonus* HERITSCH, 1930), dem **Schrausbauer-Mb.** (FLÜGEL, 1998; = Hangendkalk EBNER, 1978) überlagert, deren Ablagerung mit Conodonten der oberen *Declinognathus/Ildiognatoides*-Fauna möglicherweise bis tiefe Westfal andauert (EBNER, 1975, 1977 a, b, 1978, 1980 a). Das stratigraphisch jüngste bilden, abermals nach einem Erosionsrelief (EBNER, 1977 b, 1978) die dunklen, ebenflächig brechenden Schiefer der **Hahngraben-Fm.** (FLÜGEL, 1998; = Schiefer der Dult, EBNER, 1978) mit seltenen Einschaltungen von Silt- und Sandsteinen.

Im Bereich des Kartenblattes 163 ist neben einigen, nicht näher zuordenbaren und schlecht aufgeschlossenen Anteilen der Dult-Gruppe vor allem das Schrausbauer-Mb. im Bereich von Gratwein Au, am Eichkogel bei Rein und am Forstkogel sowie die Hahngraben-Fm. nordöstlich der Heilanstalt Hörgas

und südwestlich von Rein aufgeschlossen. Das basale Hartbauer-Mb. ist nur bei Gratwein Au gut entwickelt.

Interessant ist auch der Grundgebirgsaufbruch von Aichegg / nordwestlich Stallhofen, wo bei inverser Lagerung an der Devon/Karbon-Grenze zwischen Steinbergkalk- und Sanzenkogel-Fm. ebenfalls eine Schichtlücke und in einigen Kleinaufschlüssen Schiefer und Kalke der Dult-Gruppe festgestellt wurden (EBNER, 1985).

Ergänzend zur Karbonentwicklung werden nun einige Beobachtungen mitgeteilt, die vom Ausgang des Hofgrabens nördlich des Autobahntunnels Gratkorn-Nord stammen. Obwohl die genannte Lokalität knapp östlich des ÖK 163-Blatrandes liegt und sich die Mitteilungen auf Blockmaterial, das bei einem Hangrutsch an der Autobahnböschung freigelegt wurde, beziehen, erfolgt hier ihre Mitteilung, da sie wesentlich für die geodynamische Interpretationen der jüngervariszischen Entwicklung im Grazer Paläozoikum sind.

Im genannten Blockwerk wurde folgendes beobachtet:

- Brezkzienlagen mit Kalkkomponenten der Sanzenkogel-Fm. (mit Visé-Conodonten) und schwarzen Lyditen,
- Gerölle mikritischer Kalke vom Typus der Sanzenkogel-Fm. (max. Ø 15 cm) in einer grünlichgrauen Schiefermatrix,
- eine 5 cm mächtige, gradierte allodapische Kalklage (max. Komponenten-durchmesser 5 mm) mit Andeutung von Sohlmarken über grünlichgrauen Schiefen,
- dunkelgraue Kalke mit cm-mächtigen Schiefereinlagerungen.

Im geologischen Gutachten des Autobahntunnels Gratkorn Nord erwähnt Nowy (1980) zunächst (im N) schwarzgraue, plattige Kalke mit Zwischenschaltungen 10 - 20 cm mächtiger Schiefer auf die dann dichte Tonschiefer mit Einschaltungen von Kalk- und Kalkschieferlagen folgen.

Damit ist an der Basis der Dult-Gruppe eine Verzahnung des Hartbauer-Mb. mit dunklen Schiefen belegt (vgl. dazu auch EBNER, 1978). Die allodapischen Kalke und Olistolithe deuten nach der Erosionslücke an der Basis der Dult-Gruppe auf eine Eintiefung des Ablagerungsraumes. Von einer beginnenden Flyschentwicklung zu sprechen wäre sicherlich übertrieben. Der Trend einer Eintiefung fügt sich jedoch gut in das paläogeographische Bild, in dem der ostalpine Ablagerungsraum am Ende des variszischen Sedimentationszyklus eine Position am Schelfrand einnahm, der sich nach S zum südalpinen Flysch-trog absenkte (SCHÖNLAUB, 1979; NEUBAUER & HERZOG, 1986; EBNER, 1992).

## 5. Beschreibung neuer lithostratigraphischer Einheiten

### 5.1. Schöckel-Decke

#### **Rabenstein-Member (Nom. nov.)**

Synonym: Kalkrippe, Bodlos-, Poppenauer-, Poys-Kalkrippe (WEBER, 1990)

Lithologie: Massige Echinodermatenkalke

Mächtigkeit: Schwankend; fehlend bis einige 10-er m.

Alter: ? Lochkov (aufgrund von Conodonten; SCHÖNLAUB in WEBER, 1990; TSCHELAUT, 1985)

Position: Zwischen Taschen-Schiefer-Fm. und Rauchenberg-Mb.

Typusregion und Name: Schöckel-Decke zwischen Murtal (Schloß Rabenstein) und Walthasamgraben N des Stübingbachtals.

### 5.2. Hochlantsch-Decke

#### **Rotmüller-Fm. (Nom. nov.)**

Lithologie: Massige, hell- bis dunkelgraue, örtlich gebankte Dolomite (z.T. Amphiporen-führend) mit Einschaltungen von grauen, plattigen bis knolligen Kalken und Lagen dunkelgrauer, an Biogendetritus (Korallen, Brachiopoden, Echinodermaten) reicher Kalke. Lokal Einschaltungen gelbbraun anwitternder Sandsteine.

Mächtigkeit: ca. 300 m

Alter: ? Givet

Position: Liegendgrenze tektonisch; Hangend Fahrneck-Fm.

Typusregion und Name: Beiderseits des Arzbachgrabens von der Reicherhöhe im SW bis in den Rathlosgraben (Blatt 133) im NE; Gehöft Rotmüller im Arzwaldgraben.

Bemerkungen: Möglicherweise Äquivalent der Tyrnaueralm-Fm. (FLÜGEL, 1998). Aufgrund der schlechten Aufschlußverhältnisse erscheint es nicht zweckmäßig, ein Typusprofil anzugeben. Gute Aufschlüsse dunkler, gebankter und tlw. Amphiporen-führender Dolomite finden sich westlich der Reicherhöhe an der aus dem Übelbachgraben heraufführenden Straße auf SH 880 m.

#### **Fahrneck-Fm (Nom. nov.)**

Lithologie: Wechselfolge von graublauen plattigen, teils flaserigen Kalken, Ton- und Grünschiefern.

Mächtigkeit: 60 - 80 m

Alter: Aufgrund von Conodontenfunden zumindest z.T. tieferes Oberdevon (do I/II; TSCHELAUT, 1985).

Position: Liegend Rotmüller-Fm.

Typusregion und Name: Bereich Fahrneck bei Gehöft Reicherhöhe nördlich Übelbach.

Bemerkungen: Aufgrund der schlechten Aufschlußverhältnisse erscheint es nicht zweckmäßig, ein Typusprofil anzugeben. Die Existenz ? mittel- bis tief oberdevonischer Vulkanite ist für TSCHELAUT (1985) mit ein Grund für die Zuordnung zur Hochlantsch-Decke.

### 5.3. Gschwendt-Decke

#### **Sattelbauer-Member (Nom. nov.)**

Lithologie: Hellgraue, z.T. massig entwickelte Kalke. Punktuell führen sie eine Korallen-Brachiopodenfauna (vom Typus der Barrandeikalke) und südlich des Schererkogels auch vereinzelt Hornsteinknollen.

Mächtigkeit: Ca. 150 m

Alter: z.T. tieferes Mitteldevon

Position: Liegend (N) Gschwendt-Mb.; im S vermutlich tektonisch vom Spatl-Mb. abgetrennt, bzw. diskordant von der Kainacher Gosau überlagert.

Typusprofil und Name: Profil an der Straße zum Krautwasch westlich Pkt. 924 Sattelbauer (SH 850 - 900 m).

#### **Spatl-Member (Nom. nov.)**

Lithologie: Abfolge von mikritischen, rötlich-violetten, z.T. knollig/flaserigen Kalken, Sandsteinen, Tonschiefern und geringmächtigen, basischen Tuffen.

Mächtigkeit: ? um 100 m.

Alter: ? (möglicherweise tieferes Oberdevon).

Position: Allseits von Störungen begrenzt; in Schuppenposition zwischen der Gschwendt-Decke und der Bameder-Einheit.

Typusregion und Namen: Bereich um das Gehöft Spatl an der Straße zum Krautwasch SH 840 m.

Bemerkungen: Die Ausbildung der bunten mikritischen Kalke in Vergesellschaftung mit basischen Vulkaniten gestattet auch lithologische Vergleiche mit Entwicklungen der Laufnitzdorf-Gruppe oder der Fahrneck-Fm. der Hochlantsch-Decke. Die tiefrote Bodenfärbung im Bereich des Gehöftes Spatl geht nicht auf Gosau-Basisbildungen, sondern auf das Spatl-Mb. zurück. Aufschlüsse sind so gut wie nicht vorhanden; lediglich ein Fundamentaushub beim Gehöft Spatl gestattete Einblick in die Schichtentwicklung.

### 5.4. Bameder-Einheit

#### **Bameder-Formation (EBNER, 1988)**

Synonyme: Bythotrephisschiefer (STACHE, 1874), z.T. Neritenschiefer (PENECKE, 1894), z.T. Scalaritubasandsteine (WEBER, 1990).

Lithologie: Graue, teilweise geflaserte, gelblich anwitternde Sand-/Siltsteine und Ton-/Silt-schiefer mit Einschaltungen von knolligen und plattigen, dunklen Kalken.

Mächtigkeit: 300 - 500 m

Alter: ? Unterdevon

Position: Allseits tektonisch begrenzt.

Typusregion und Name: Bamederkogel westlich Groß-Stübing.

Gliederung: in Krafuß- und Spandl-Member.

### **Krafuß-Member (Nom. nov.)**

Lithologie: Vorwiegend graue, gelblich anwitternde Sandsteine (oft mit *Scalarituba* = *Bythotrephix*-Spuren) mit geringmächtigen Einschaltungen von dunklen, plattigen und z.T. Crinoiden-führenden Kalken.

Mächtigkeit: 150 - 200 m

Alter: ? Lochkov

Position: N- (Liegend-) Grenze tektonisch; Hangend (S) Spandl-Mb.

Typusprofil und Name: Kamm nördlich Kote 1160 (Bamederkogel) über den Gipfel und über den SE-Grat zum Gehöft Bameder auf SH 892 m; Gehöft Krafuß südwestlich Bamederkogel.

Bemerkungen: Eventuell fazielles Äquivalent zur Parmasegg-Fm.

### **Spandl-Member (Nom. nov.)**

Lithologie: Wechselfolge ± siltiger Schiefer, Tonschiefer und geflaserter Sandsteine mit Einschaltungen knolliger, plattiger und dunkelgrauer Kalke.

Mächtigkeit: 200 - 300 m

Alter: ? Lochkov

Vergleich: Eventuell fazielles Äquivalent zur Parmasegg-Fm.

Position: Liegend Krafuß-Mb.; S- Grenze tektonisch.

Typusregion und Name: S-Hang des Bamederkogels bis ca. SH 900 m; Gehöft Spandl südöstlich des Bamederkogels (ÖK 163).

Bemerkungen: Aufgrund der schlechten Aufschlußverhältnisse erscheint es nicht zweckmäßig, ein Typusprofil anzugeben.

## 5.5. Rannach-Decke

### **Platzl-Member (Nom. nov.)**

Synonym: Kalke und Schiefer des Platzlkogel (EBNER, FENNINGER & HOLZER, 1979).

Lithologie: Wechsellagerung von grauen und teils rötlichgrau gefärbten Kalken mit Kalk- und Tonschiefern.

Mächtigkeit: Ca. 50 m.

Alter: Aufgrund von Conodontenfunden Frasné (*asymmetricus*- und *triangularis*-Zone; EBNER et. al., 1979).

Position: Im Muldenkern der Platzlkogel-Synklinale über dem Platzlkogel-Mb.

Typusprofil: Straßenprofil entlang der Fahrstraße zum Gehöft Platzl SH 840 - 860 m am Platzlkogel NNE Gasthof Abraham im Stübinggraben.

Bemerkungen: Das 1979 gut aufgeschlossene und von EBNER, FENNINGER & HOLZER (1979) bearbeitete Profil ist gegenwärtig völlig verwachsen.

### **Trop-Phosphorit-Bank (Nom. nov.)**

Lithologie: Dunkle Schiefer und Lydite mit cm-großen Phosphoritknollen.  
Mächtigkeit: Wenige bis 20 cm.

Alter: Basis der *Scaliognathus anchoralis*-Zone (= oberstes Tournai)

Position: Einschaltung innerhalb der Kalke der Sanzenkogel-Fm. Nach NÖSSING (1975 b) beginnt mit der Trop-Phosphorit-Bank die obere Sanzenkogel-Fm.

Typusprofil und Name: Im aufgelassenen Steinbruch des ehemaligen Steinmetzbetriebes Trop in Steinberg/westlich Graz (NÖSSING 1974 a,b, 1975; EBNER 1980 a; BUCHROITHNER et al. 1979).

Bemerkungen: Die Trop-Phosphorit-Bank wurde in konstanter stratigraphischer Position innerhalb der invers gelagerten Sanzenkogel-Fm. des Forstkogels neben der Typuslokalität auch im Steinbruch "Freilichtbühne" des Afritsch Kinderheimes festgestellt.

## **6. Dank**

Mein Dank gilt in erster Linie Univ. Prof. Dr. W. Gräf, der es mir ermöglichte, während meiner Dienstausbildung am Landesmuseum Joanneum (1972 - 1986) im Rahmen der landeskundlichen Bestandsaufnahme die Neukartierung des Kartenblattes 163 als Auswärtiger Mitarbeiter der Geologischen Bundesanstalt durchzuführen. Prof. Dr. H.W. Flügel danke ich für stete Anregungen, den Einsatz von Dissertanten und wissenschaftlichen Projektmitarbeitern im Bereich des Kartenblattes 163 sowie Diskussionen bei der Abstimmung der Ausscheidungen im Rahmen der stratigraphischen "Neuordnung" des Grazer Paläozoikums. Weiters bedanke ich mich bei den Univ. Prof. Dr. A. Fenninger, Dr. H. L. Holzer, Dr. F. Neubauer und Dr. H. Fritz für gemeinsame Bearbeitungen und Begehungen. Mit Ministerialrat Univ. Doz. Dr. L. Weber erfolgten Geländearbeiten und Diskussionen über die erzführenden Einheiten der Schöckel-Decke. Bei Frau Dr. B. Russegger, Dr. G. Rantitsch und Dr. Ch. Hasenhüttl bedanke ich mich für ihre Kartierungshilfe im Paläozoikum des Blattes 163; Dr. G. Rantitsch erstellte dankenswert auch die Computergraphik von Abb. 1.

## **7. Literatur**

- ANOS SALVATOR (1994): International Stratigraphic Guide. - 200 S., New York.  
BUCHROITHNER, M. (1978): Biostratigraphische Untersuchungen im Paläozoikum der Steiermark. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 108, 77 - 93, Graz.  
BUCHROITHNER, F., EBNER, F. & SURENIAN, R. (1979): Die Entwicklung der Steinbergkalke (Oberdevon, Grazer Paläozoikum) an ihrer Typuslokalität. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 109, 71 - 84, Graz.

- EBNER, F. (1975): Der Nachweis von Namur im Paläozoikum von Graz. - Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math. - naturw. Kl., 1975, 119 - 125, Wien.
- EBNER, F. (1976 a): Die Schichtfolge an der Wende Unterkarbon/Oberkarbon in der Rannachfazies des Grazer Paläozoikums. - Verh. Geol. B.-A., 1976, 76 - 93, Wien.
- EBNER, F. (1976 b): Das Silur/Devon-Vorkommen von Eggenfeld - ein Beitrag zur Biostratigraphie des Grazer Paläozoikums. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 37, 3- 33, Graz.
- EBNER, F. (1977 a): Die Transgression der Folge der Dult (Oberkarbon, Paläozoikum von Graz). - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 107, 35 - 53, Graz.
- EBNER, F. (1977 b): Die Gliederung des Karbons von Graz mit Conodonten. - Jb. Geol. B.-A., 120, 449 - 493, Wien.
- EBNER, F. (1978): Stratigraphie des Karbons der Rannachfazies im Paläozoikum von Graz, Österreich. - Mitt. Österr. Geol. Ges., 69/1976, 163 - 196, Wien.
- EBNER, F. (1980 a): Conodont localities in the surroundings of Graz/Styria. - Abh. Geol. B.-A., 35, 101-127, Wien.
- EBNER, F. (1980 b): Steinbergkalke und Sanzenkogel-Schichten im Kalvarienbergzug von Gratwein. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 110, 47 - 53, Graz.
- EBNER, F. (1983 a): Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1:50.000 der Naturraumpotentialkarte "Mittleres Murtal" (mit einem Beitrag von BECKER, L.P. & NEUBAUER, F.). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 29, 99 - 131, 2 Farbkarten, Wien. Erschienen auch in den Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 44, Graz.
- EBNER, F. (1983 b): Geologische Karte des Bezirkes Voitsberg. - Unveröffentlichte Manuskriptkarte im Rahmen der Naturraumpotentialkarten der Steiermark, FGJ (Inst. Umweltgeol.), Graz.
- EBNER, F. (1985): Bemerkungen zur Rannachgruppe am Westrand des Grazer Paläozoikums. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 115, 53 - 61, Graz.
- EBNER, F. (1988): Bericht 1987 über geologische Aufnahmen auf Blatt 163 Voitsberg. - Jb. Geol. B.-A., 131, 458 - 459, Wien.
- EBNER, F. (1989): Aufnahmsbericht über geologische Aufnahmen auf Blatt 163, Voitsberg. - Jb. Geol. B.-A., 133, 476 - 477, Wien.
- EBNER, F. (1991 a): Circummediterranean Carboniferous Preflysch Sedimentation. - Giorn. Geol., ser 3a, 53/1, 197 - 208, Bologna.
- EBNER, F. (1991 b): Carboniferous Preflysch Sediments in the Alpine-Mediterranean Belts. - Mineralia slovacca, 23, 385 - 394, Bratislava.
- EBNER, F. (1992): Correlation of marine Carboniferous sedimentary units of Slovakia, Hungary and Austria. - Special Vol. IGCP Project No. 276, 37 - 47, Bratislava.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.L. (1979): Die Schichtfolge im Übergangsbereich Rannach-Fazies - Hochlantsch-Fazies (Grazer Paläozoikum) im Raum St. Pankrazen-Großstübing. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 109, 85 - 95, Graz.



- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.L. (1980): Die Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 41, 45 - 65, Graz.
- EBNER, F. & PROCHASKA, W. (1989): Geochemical characterization of Carboniferous sedimentary rocks within the Rannach-Group of the Paleozoic of Graz (Eastern Alps, Austria). - Geol. Soc. Greece, Spec. Publ., 1, 23 - 33, Athens.
- EBNER, F. & WEBER, L. (1982): Geochemische Prospektion auf Quecksilbervererzungen im Mitteldevon der Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. - Arch. f. Lagerst.forsch., Geol. B.-A., 2, 47 - 62, Wien.
- FENNINGER, A. & HOLZER, H.L. (1978): Die Genese der Dolomitsandstein-Folge des Grazer Paläozoikums. - Mitt. Österr. Geol. Ges., 69, 109 - 162, Wien.
- FENNINGER, A., HUBMANN, B., MOSER, B. & SCHOLGER, R. (1997): Diskussion zur paläogeographischen Position des Grazer Terrane aufgrund neuer paläomagnetischer Daten aus dem Unterdevon. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 127, 33 - 43, Graz.
- FLÜGEL, H. (1956): Neue Korallenfaunen aus dem Unterludlow von Graz. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 86, 32 - 57, Graz.
- FLÜGEL, H. (1960): Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1: 100.000 - Geol.B.-A., Wien
- FLÜGEL, H.W. (1975): Die Geologie des Grazer Berglandes. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, SH 1, 288 S., Graz.
- FLÜGEL, H.W. (1998): Die lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz. - Jb. Geol. B.-A., im Druck.
- FLÜGEL, H. & MAURIN, V. (1957): Triasverdächtige Gesteine am Südrand des Grazer Paläozoikums. - Der Karinthin, 1957, 198 - 206, Hüttenberg.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F. (1984 a): Geologische Karte der Steiermark 1: 200.000. - Geol.B.-A., Wien.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F. (1984 b): Steiermark. - 127 S., Geol.B.-A., Wien.
- FLÜGEL, H. & SCHÖNLAUB, H.P. (1972): Nachweis von tieferem Unterdevon und höherem Silur in der Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 63, 142 - 148, Wien.
- FRISCH, W. & NEUBAUER, F. (1989): Pre-Alpine terranes and tectonic zoning in the Eastern Alps. - Geol. Soc. Amer., Spec. Pap., 230, 91 - 100, Boulder.
- FRITZ, H. (1988): Kinematics and geochronology of Early Cretaceous thrusting in the northwestern Paleozoic of Graz (Eastern Alps). - Geodynamica Acta, 2/2, 53.- 62, Paris.
- FRITZ, H. (1991): Stratigraphie, Fazies und Tektonik im nordwestlichen Grazer Paläozoikum. - Jb. Geol. B.-A., 134, 227 - 255, Wien.
- FRITZ, H., EBNER, F. & NEUBAUER, F. (1992): The Graz Thrust-Complex (Paleozoic of Graz). - ALCAPA-Field Guide, 83 - 92, IGP/KFU, Graz.

- FRITZ, H. & KRALIK, M. (1986): Finite and Incremental Strain-Untersuchungen im Paläozoikum von Graz und Möglichkeit einer Deformationsdatierung. - 1. Symp. Tektonik - Strukturgeologie - Kristallin-geologie, Abstr., 23 - 27, Tübingen.
- FRITZ, H. & NEUBAUER, F. (1988): Geodynamic aspects of the Silurian and Early Devonian Sedimentation in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps). - Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 68, 359 - 367, Zürich.
- FRITZ, H., NEUBAUER, F. & RATSCHBACHER, L. (1991): Compression versus extension in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps, Austria). - Zbl. Geol. Paläont. Teil 1, 1991, 55 - 68, Stuttgart.
- GOLLNER, H. & ZIER, Ch. (1985): Zur Geologie des Hochlantsch (Grazer Paläozoikum). - Jb. Geol. B.-A., 128, 43 - 73, Wien.
- HASENHÜTTL, Ch. (1994): Eine Wärme-geschichte des Grazer Berglands. Inkohlung, Illitkristallinität, Tonmineralogie und Conodont Colour Alteration Index im nördlichen Teil des Grazer Deckenkomplex (Grazer Paläozoikum, Österreich). - Unveröff. Diss. Univ., 182 S., Graz.
- HASENHÜTTL, Ch. & RUSSEGGER, B. (1992): Niedrigstgradige Metamorphose im Grazer Paläozoikum. - Jb. Geol. B.-A., 135, 287 - 297, Wien.
- HERITSCH, F. (1930): Caradoc, Mitteldevon und Karbon bei Gratwein-Rein (Blatt Köflach - Voitsberg). - Verh. Geol. B.-A., 1930, 136 - 137, Wien.
- HIDEN, H. R. (1997): Zur Fossilführung des Basalanteils der hohen Deckengruppe des Grazer Paläozoikums (Österreich). - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, 54, 77 - 91, Graz.
- HÖLLER, H. (1958): Phosphoritknollen im Grazer Paläozoikum. - Miner. Mittbl. Landesmus. Joanneum, 1958, 35 - 36, Graz.
- HUBAUER, N. (1986): Zur Kenntnis der Kalkschieferformationen zwischen Tynauergraben und Schremsbach (Grazer Paläozoikum, Steiermark). - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 116, 97 - 107, Graz.
- HUBMANN, B. (1993): Ablagerungsraum, Mikrofazies und Palökologie der Barrandeikalk-Formation (Eifelium) des Grazer Paläozoikums. - Jb. Geol. B.-A., 136, 393 - 461, Wien.
- HUBMANN, B. (1995): Middle Devonian shallow marine deposits of the Graz Paleozoic: fact and fiction for deposition under ecological stress. - Beitr. Paläont., 20, 107 - 112, Wien.
- KAHR, V. (1949): Das Paläozoikum im Raum von Stiwill. - Unveröff. Diss. Univ. Graz.
- MALI, H. (1996): Bildungsbedingungen von Quecksilber- und Antimonlagerstätten im Ostalpin (Österreich). - Unveröff. Diss. Montanuniv., 215 S., Leoben.
- MAURIN, V. & FLÜGEL, H. (1958): Aufnahme 1957 auf Blatt, Grazer Bergland 1:100.000. - Verh. Geol. B.-A., 223-226, Wien.
- NEUBAUER, F. (1989 a): Geodynamic aspects of the Silurian and Early Devonian Sedimentation in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps). - Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 68, 359 - 367, Zürich.

- NEUBAUER, F. (1989 b): Lithostratigraphie und Strukturen an der Basis der Rannachdecke im zentralen Grazer Paläozoikum. - Jb. Geol. B.-A., 132, 459 - 474, Wien.
- NEUBAUER, F. (1991): Stratigraphie und Struktur der Rannachdecke bei Kehr (Grazer Paläozoikum). - Jb. Geol. B.-A., 134, 101 - 116, Wien.
- NEUBAUER, F. & GENSER, J. (1990): Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen - eine Übersicht. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 120:203 - 219, Graz.
- NEUBAUER, F. & HERZOG, U. (1985): Das Karbon der Stolzalpendecke Mittelkärntens - Implikationen für die variszische Paläogeographie und Orogenese im Ostalpin. - Anz. Österr. Akad. Wiss., math.- naturw. Kl., 106 - 109, Wien.
- NÖSSING, L. (1975 a): Der Nachweis des tieferen Unterkarbons im Paläozoikum von Graz. - Anz. Österr. Akad. Wiss. Math.- naturwiss. Kl., 1974, 39 - 41, Wien.
- NÖSSING, L. (1975 b): Die Sanzenkogel-Schichten (Unterkarbon), eine biostratigraphische Einheit des Grazer Paläozoikums. - Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 105, 79 - 92, Graz.
- NÖSSING, L., EBNER, F. & FLÜGEL, H.W. (1977): Zur Geologie des Eichkogels bei Rein nordwestlich von Graz. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 107, 81 - 88, Graz.
- NOWY, W. (1980): Gratkorntunnel Nord. - Geologisches Gutachten. - 15 S., 1 Beil., unveröff. Korneuburg.
- PENECKE, K. (1894): Das Grazer Devon. - Jb. Geol. R.-A., 43, 567 - 616, Wien.
- PLODOWSKI, G. (1976): Die Brachiopoden des Silur/Devon-Grenzprofils von Eggenfeld (Grazer Paläozoikum). - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, 37, 35 - 51, Graz.
- RUSSEGGGER, B. (1992): Diagenese bis niedriggradige Metamorphose im südlichen Grazer Paläozoikum (Steiermark, Österreich). - Diss. Univ., 180 S., Graz.
- RUSSEGGGER, B. (1996): Niedrigst- bis niedriggradige Metamorphose im südlichen Grazer Paläozoikum (Ostalpen). - Jb. Geol. B.-A., 139, 93 - 100, Wien.
- SANDBERG, C.A., ZIEGLER, W. & EBNER, F. (1983): Possible Devonian-Carboniferous Boundary stratotypes in central U.S.A., West Germany and Austria. - 10th Int. Cong. Strat. Geol. Carbonif., Madrid, Resumes, S. 315, Madrid.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1979): Das Paläozoikum in Österreich. - Abh. Geol. B.-A., 33, 124 S., Wien.
- SOMERS, R. (1992): Zur Kenntnis der Gosau und des Paläozoikums NE St. Pankrazen (Steiermark) - Mikrofazielle und paläomagnetische Untersuchungen. - Unveröff. Dipl. Arbeit, Univ., 77 S., Graz.
- STACHE, G. (1874): Die paläozoischen Gebiete der Ostalpen. - Jb. Geol. R.-A., 1874, 135 - 272, Wien.

- SURENIAN, R. (1977 a): Biostratigraphie und Sedimentologie der Steinbergkalke (Oberdevon) des Steinberges westlich von Graz. - Unveröff. Diss. Univ. Graz, 139 S.
- SURENIAN, R. (1978): Die Conodontenfauna des Steinbergkalkes (Oberdevon, Paläozoikum von Graz). - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 108, 121 - 135, Graz.
- TSCHELAUT, W. (1984): Die Geologie des Gebietes zwischen Röthelstein und Gams bei Frohnleiten (Grazer Paläozoikum, Steiermark). - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 114, 133 - 161, Graz.
- TSCHELAUT, W. (1985): Bericht 1984 über geologische Aufnahmen auf den Blättern 133 Leoben und 163 Voitsberg. - Jb. Geol. B.-A., 127, 290 - 291.
- WAAGEN, L. (1937): Paläozoikum, Kreide und Tertiär im Bereich des Kartenblattes Köflach-Voitsberg. - Jb. Geol. B.-A., 87, 311 - 329, Karte 1:50.000, Wien.
- WEBER, L. (1990): Die Blei-Zinklagerstätten des Grazer Paläozoikum und ihr geologischer Rahmen. - Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 12, 1 - 128, Wien.
- WEBER, L. (Ed.) (1997a): Metallogenetische Karte von Österreich 1: 500.000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe. - Geol. B.-A., Wien.
- WEBER, L. (1997b): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. - Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A., 19, 607 S., Wien.

Anschrift des Verfassers:



Univ.-Prof. Dr. Fritz EBNER  
 Montanuniversität Leoben  
 Institut für Geowissenschaften  
 A-8700 Leoben.

# Spaltenfüllungen in der Basiskalkentwicklung der Kainacher Gosau (St. Pankrazen-Formation, ?Campanium)

Alois FENNINGER & Bernhard HUBMANN

Mit 3 Abbildungen und 3 Tafeln

## Zusammenfassung

Die "Basiskalke" der Kainacher Gosau sind nur punktuell aufgeschlossen und wenig bekannt. Ein kurzzeitig aufgeschlossenes Profil im Ortsgebiet von St. Pankrazen (Weststeiermark) wird dargestellt. Die Entwicklung zeigt basal Aufarbeitungsprodukte des paläozoischen Untergrundes, die in Mergelkalke übergehen. Einen markanten Horizont bildet eine Sandsteinlage, die ein intragosaisches Erosionsrelief ausgleicht und zugleich eine bis zum paläozoischen Untergrund reichende Spalte plombiert. Die Abfolge wird als randmarine Entwicklung gedeutet, alluviale Elemente fehlen.

## Abstract

Outcrops of basal limestones of the Kainach Gosau are very rare and the lithofacial development of these 'limestones' is poorly understood. A section outcropping only for a short time in St. Pankrazen (Western Styria) is discussed. The succession starts with reworked Palaeozoic gravel-sized fragments passing into marly limestones. A prominent sandstone layer planes an intragosauian erosional surface and seals a fissure going down to the Palaeozoic surface. The succession is interpreted as a marine nearshore development, indications of alluvial influences are lacking.

## Der sedimentäre Verband

Die Kainacher Gosau bildet eine transgressiv dem Grazer Paläozoikum aufgelagerte heterogene sedimentäre Oberkreideentwicklung, die zusammen mit dem Gams/Bärenschützkonglomerat und der Gosau des Krappfeldes und St. Paul Relikte einer ehemals ausgedehnten "zentralalpinen Gosauentwicklung" darstellt.

Die traditionelle lithofazielle Gliederung (GRÄF 1975) in eine obersantonisch bis untercampanische "Konglomeratfolge", eine etwa gleichaltrige "Bitumenmergelfolge", gefolgt von einer untercampanen "Hauptbeckenfolge" und einer auf das "Nebenbecken" von St. Bartholomä (GRÄF 1972) beschränkten "Zementmergelfolge" (Obercampan bis Maastricht) ist in lithostratigraphischer, wohl aber auch in chronostratigraphischer Hinsicht nicht aufrechtzuerhalten (vgl. BODROGI et al. 1994, SIEGL-FARKAS et al. 1994).

Die roten, durch exotischen Geröllbestand (GRÄF 1975, FLÜGEL 1983, GOLLNER et al. 1983, 1987, SCHIRNIK 1994) charakterisierten Basiskonglomerate treten am Nordrand des Beckens auf, unterlagern aber auch im zentralen Becken die Hauptbeckenfolge (KRÖLL & HELLER 1978). Ebenfalls direkt an der Beckenbasis überlagern Bitumenmergel transgressiv das Grazer Paläozoikum und werden ihrerseits von gröberklastischen Sedimenten der Hauptbeckenfolge überlagert. Sie können aber auch beckenzentral über den Basiskonglomeraten auftreten, wo sie durch die Hauptbeckenfolge überlagert werden (KRÖLL & HELLER 1978) (vgl. dagegen RUSSEGGER et al. 1998).

## Die "Bitumenmergelfolge"

Die Abfolge der Bitumenmergel umfaßt nach GRÄF (1975:89-90) dunkle, bituminöse Mergelkalke, die durch Mergel und kalkige Sandsteine ("Fazies von St. Pankrazen" sensu FLÜGEL 1960, "St.Pankrazen Formation" sensu RUSSEGGER et al. 1998) vertreten werden können.

BODROGI et al. (1994:129-130) unterscheiden vier lithofazielle Typen: lithologisch variative Basisbildungen (Karbonatkonglomerate, Gastropodenspatkalke), bituminöse Kalkmergel, bituminöse gastropodenführende Kalke und graugrüne Silte und Tone.

Der Kontakt zwischen der "Bitumenmergelfolge" und der "Konglomeratfolge" ist, wie aus Kartierungen hervorgeht, an Störungskontakte gebunden (EBNER 1992). Damit ist die "Bitumenmergelfolge" zum einen nicht eindeutig als fazielles Äquivalent der "Basiskonglomerate" aufzufassen (vgl. GRÄF 1975), zum anderen ist auch die bisher angenommene Isochronie beider Folgen zu diskutieren. Nach BODROGI et al. (1994:129) existiert *"ein teilweises zeitliches Überlappen von Teilen der Hauptbeckenfolge mit den Bitumenmergeln"*, womit die "Konglomeratfolge" und die "Bitumenmergelfolge" *"zwei primär räumlich, faziell und auch zeitlich getrennte Basisentwicklungen"* darstellen. Darauf weisen auch RANTITSCH et al. (1997) sowie RUSSEGGER et al. (1998) hin, die im Vergleich zu den Basiskonglomeraten die St.Pankrazen-Formation als stratigraphisch jüngere Abfolge interpretieren.

## Basimentwicklung der "Bitumenmergelfolge"

Direkte Auflagerungen von Bitumenmergeln auf den paläozoischen Untergrund sind östlich Geistthal, am Höllerkogel-Westhang und am Zentnerkogel bekannt.

Während eines Einfamilienhausbaues (Familie Prettenthaler) in St. Pankrazen (NW von Graz) wurde bei Aushubarbeiten kurzfristig ein neues Profil durch diese Abfolge freigelegt (HUBMANN & FENNINGER 1997) (Abb. 1). Ein auffallendes Schichtglied der St.Pankrazen-Formation stellen die sich mit Kalkbrekzien verzahnenden Basiskalke dar, auf die zuletzt SOMERS (1992) und FENNINGER & HUBMANN (1994) hingewiesen haben; erstere charakterisierte GRÄF (1975) als "örtlich rasch auskeilende Konglomeratbänke geringer Mächtigkeit". Die nur selten beobachtbare Verzahnung zwischen Kalkkonglomeraten (Kalkbrekzien) und Basiskalken der St.Pankrazen-Formation wird aber insofern belegt, als die Matrix der Kalkkonglomerate, bzw. -brekzien der Grundmasse der Basiskalke entspricht. (N.B.: diese Konglomerate stehen weder faziell noch stratigraphisch in Verbindung mit den oben genannten Basiskonglomeraten).

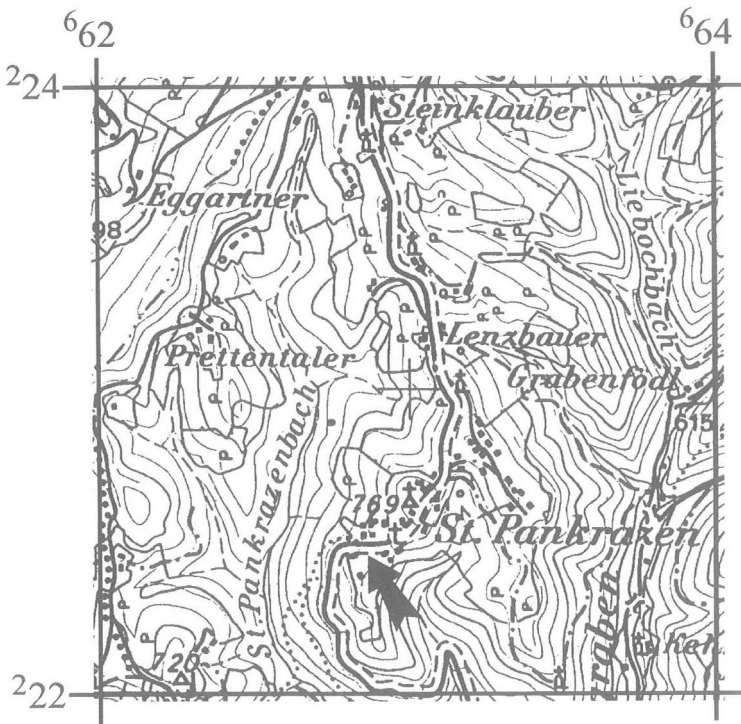


Abb. 1: Lageskizze des Profils "Prettenthaler" (Pfeil). Ausschnitt aus ÖK 163 (Voitsberg)

## Profil "Prettenthaler"

Der nur wenige Tage im Sommer 1997 zugängliche Aufschluß in unmittelbarer Nähe der Transgressions-Diskordanz der Gosasedimente auf Gesteine des Grazer Paläozoikums nahe des südlichen Ortsbeginns von St. Pankrazen legte mit nur 1.9 m Profilmächtigkeit (vgl. Abb. 2) einige für das weitere Verständnis der Entwicklung der Kainacher Gosau interessante Strukturen frei (Abb. 3).

Die Abfolge beginnt mit monomikten Brekzien, deren Klasten aus dem direkten Untergrund stammen und häufig stylolithische Komponentenkontakte aufweisen. Bei den basal ungerundeten Klasten handelt es sich durchwegs um reichhaltig fossilführende, givetische Platzkogelkalke (Platzkogel-Subformation nach FLÜGEL 1998) in "Riff-Fazies" mit *Stachyodes*, cystiphylliden Rugosa, Thamnoporiden und Alveolitiden. Enkrinite und pelletführende Grainstones treten untergeordnet auf. Sowohl die paläozoischen Geröllkomponenten wie auch die gelblich-braune gosauische Matrix führen authigene Quarze. Die Klasten weisen vom Liegenden ins Hangende bei Zunahme der Rundung folgende Trends auf: eckige Gerölle mit häufig einseitigen (Kluft-)Spattapeten gehen in kantengerundete Klasten mit zumeist intensiver Bioerosion über. Im Hangenden weisen die Klasten häufig "micritic envelops" auf. Zudem treten gosauische Onkoidgerölle (Onkoidkerne bestehen aus angebohrten paläozoischen Geröllen) und trochospirale Gastropoden, sowie Schalenbruch in Form feiner "Filamente" in der schlecht sortierten Matrix auf. Mit deutlich geringerer Korngröße (um 2 mm) sind Klasten, die sich als aufgearbeitete Kluftkalzite ausweisen, vertreten.

Über dieser, im wesentlichen aus Extraklasten bestehenden Entwicklung folgt ein geringmächtiger (um 15 cm) Brekzienhorizont, der ausschließlich aus stark stylolithisch überprägten Gosaukomponenten besteht und einen autochthonen Aufarbeitungshorizont darstellt. Eine weitgehend vergleichbare Entwicklung beschrieben FENNINGER & HUBMANN (1994) in den Hangendanteilen des Profils II am Höllererkogel-Südwesthang.

Über der konglomeratischen Entwicklung folgen mit einer Mächtigkeit von etwa 150 cm graubraune Mergelkalke. Diese weisen sowohl in ihrem Bitumengehalt, wie auch in ihren Anteilen an terrigenen, sandkorngroßen Quarzen und biogenem Detritus Schwankungen auf. Mikrofazial handelt es sich um Wackestone-Packstone-Rhythmen. Die Wackestones stellen eine biodetritische Entwicklung mit gut gerundeten Komponenten dar, die feinkörnigeren Packstones bestehen hauptsächlich aus Peloiden und Rindenkörnern. Gemeinsamkeiten betreffen die Führung gut erhaltener, kleinwüchsiger Gastropoden (Gehäusehöhen unter 10 mm) und Bioturbation in einzelnen Lagen (vgl. Abb. 2). Gammaray-logs bilden den generellen Trend der Tongehaltzunahme in den einzelnen Bänken ab (vgl. Abb. 2).



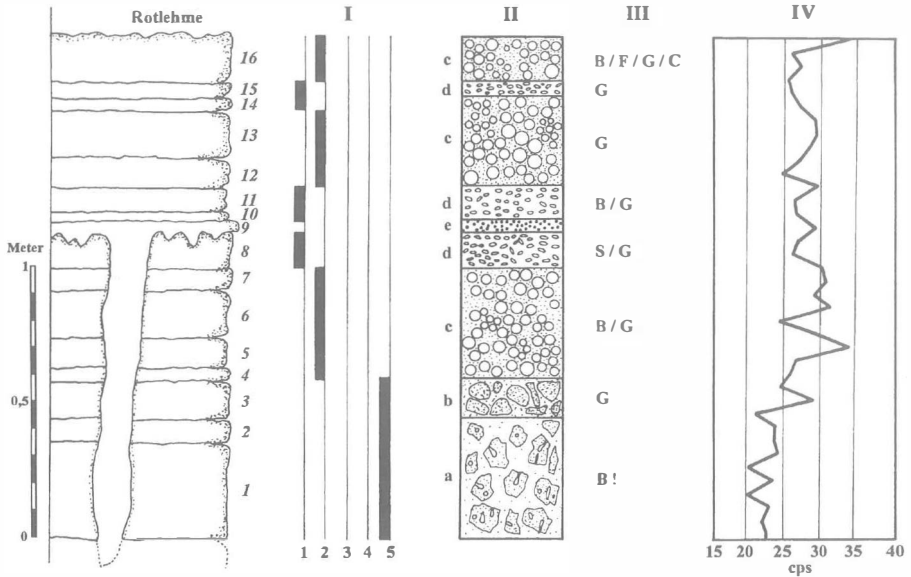


Abb. 2: Profil "Prettenthaler"

Kolonne I: Verteilung der Karbonattypen (nach Dunham)

- 1 ... Wackestone
- 2 ... Packstone
- 3 ... Grainstone
- 4 ... Floatstone
- 5 ... Rudstone

Kolonne II: Mikrofaziestypen

- a ... Brekzienkalke mit angebohrten, devonischen Komponenten
- b ... Inhomogenitätsbrekzie aus Gosaukomponenten
- c ... Biodetritische Entwicklung mit gut gerundeten Komponenten in unterschiedlicher Packungsdichte
- d ... Packstones aus Peloiden und Rindenkörnern

Kolonne III: Biogener Inhalt

- B ... Bioturbation
- B! ... Mikrobohrungen
- C ... *Helicirina kainachensis*
- F ... Foraminiferen
- G ... Gastropoden
- S ... Spicula

Kolonne IV: Gammastrahlungswerte

Ein markantes Erosionsrelief ist bei Schichtnummer 9 entwickelt.

Eine über dem Erosionsrelief liegende, etwa 3 cm mächtige, gering karbonatisch zementierte Feinsandsteinlage plombiert bis zu 30 cm breite, etwa NS-orientierte Q-Spalten, welche Gosaugerölle und Platzkugelkalke in "Gosaumatrix" führen. Diese Spalten reichen ins Liegende bis zu den basalen Brekzienbänken. Neben detritischen Quarzen der Sandsteinlage, fällt auch hier der hohe Anteil an einschlußreichen authigenen Quarzen mit hohen Längen/Breiten-Verhältnissen auf. Bei einer Vormachtstellung von opaken Mineralien deutet die Schwerefraktion mit Granat und Mineralen der Klinozoisit-Epidot-Gruppe ein metamorphes Liefergebiet an. Auf ein vergleichbares Schwermineralspektrum weisen RUSSEGGER et al. (1998) aus einer bis 300 m mächtigen Sand- und Tonsteinabfolge im Hangenden der St. Pankrazen-Formation hin.

Die Hangendentwicklung zur Sandsteinbank entspricht den Wacke- und Packstones des Liegendanteils (Abb. 2).

Über den Floren- und Fauneninhalt der St.Pankrazen-Formation und deren biostratigraphischen Aussagekraft berichteten zuletzt SIEGEL-FARKAS et al. (1994), sowie BODROGI et al. (1994) (vgl. RUSSEGGER et al. 1998). Aus den Basiskalken selbst sind - sieht man vom Auftreten mikrobieller Strukturen und kleinwüchsiger Gastropoden ab - bisher wenige paläontologische Funde bekannt.

SOMERS (1992) erwähnt das Auftreten von Echinodermaten und Dasycladaceen (vgl. auch RUSSEGGER et al. 1998). Diese Feststellung ist aber revisionsbedürftig! Die Durchsicht des Schriffmaterials von SOMERS ergab, daß keinerlei Hinweise auf die Existenz von Echinodermatenreste gegeben sind. "Ihre" Dasycladaceen sind die von FENNINGER & HUBMANN (1994) beschriebenen Crustaceen-Coprolithen. FENNINGER & HUBMANN (1994) weisen auf lokale Anhäufungen von Serpuliden, auf bioturbate Gefüge und Hartböden, die Anbohrungen aufweisen, hin.

Auch das hier vorgestellte Profil liefert nur wenige neue paläontologische Befunde:

- ① Wie bereits erwähnt, zeigen die paläozoischen Komponenten zahlreiche Mikrobohrungen, die nach freundlicher Mitteilung von Markus Bertling (Münster) zwei verschiedenen Organismengruppen angehören. Bei den Mikrobohrungen mit weitgehend parallelen Rändern handelt es sich vermutlich um das igen. *Talpina*, einer fossil nur aufgrund von Bohrlöchern nachgewiesenen Form der Phoronidea (VOIGT 1972). Die "ausgesackten" Schnitte wären zu *Rogerella*, einer Gattung der Cirripedia (Acrothoracia) zu stellen. Die Erzeuger beider Mikrobohrungen lebten bzw. leben ausschließlich marin.

- ② In der hangendsten Bank des untersuchten Profils treten untergeordnet agglutinierende und miliolide Foraminiferen auf.

Selten findet sich in dieser Lage auch *Helicerina kainachensis*.

(SCHWEIGERT et al. 1997 beschreiben mit *Helicerina ruttei* SCHWEIGERT 1997 eine mit *H. kainachensis* durchaus vergleichbare Art aus Süßwasser-Kalktuffen der Süßwassermolasse des Karpatiums Süddeutschlands. Als Erzeuger dieser "*Helicerina*-Coprolithen" sehen sie die brachyure Süßwasserkrabbe *Proballaya quenstedti* (ZITTEL) an. Wie SCHWEIGERT et al. (1997: 67) hinweisen, sind fazielle Aussagen, basierend auf dem Auftreten von *Helicerina* problematisch ("*For that reason it seems impossible to make environmental reconstructions on the base of this genus alone*").

- ③ In einzelnen Lagen (Bank 10) treten ?tetractine Spicula coralliner Kalkschwämme auf.
- ④ Ein charakteristisches Merkmal vor allem der Wackestones sind gut gerundete rekristallisierte biotritische Komponenten, die durch ihre honiggelbe Färbung auffallen und in einzelnen Lagen gut sortiert sind. Sie sind mit Sicherheit heterogener Herkunft. Die Ursache der honiggelben Färbung ist noch ungeklärt.

Die Faunen- und Floreninhalte widersprechen nicht der Vorstellung, daß es sich bei den Basiskalken um eine Strandentwicklung handelt. Auch die angebohrten Kalkgerölle weisen diese als marine Bildungen aus. Hinweise für alluviale Entwicklungen fehlen.

Wie schon FENNINGER & HUBMANN (1994) ausgeführt haben, ist der heterogene Aufbau der Basiskalkprofile trotz ihrer geographischen Nähe und der gleichen geologischen Position bemerkenswert. Dies wird auch durch das hier beschriebene Profil verdeutlicht; es zeigt kaum Ähnlichkeiten mit den 1994 beschriebenen Profilen. Als Erklärungsmöglichkeit bietet sich eine stark gegliederte Strandzone an, wodurch eine Nischenvielfalt vorgegeben sein könnte.

## Spaltenfüllungen

Auf Spaltenfüllungen im Raume St. Pankrazen-Großstübing wurde mehrfach hingewiesen (vgl. z.B. EBNER et al. 1979). Die bislang bekannten Spaltenfüllungen stammen allerdings ausschließlich aus Karbonatgesteinen des Grazer Paläozoikums, vornehmlich aus den Kalken des Platzlkogel, konnten jedoch bis in die Dolomitsandstein-Formation reichend nachgewiesen werden. Die rötlich-braun gefärbte Matrix der Spaltenfüllungen mit zumeist brekziösen Kalkkomponenten ließ sich bisher nicht datieren. Ein Zusammenhang dieser Spalten mit der im "Profil Prettenthaler" erkannten Spaltenfüllung kann derzeit noch nicht hergestellt werden.

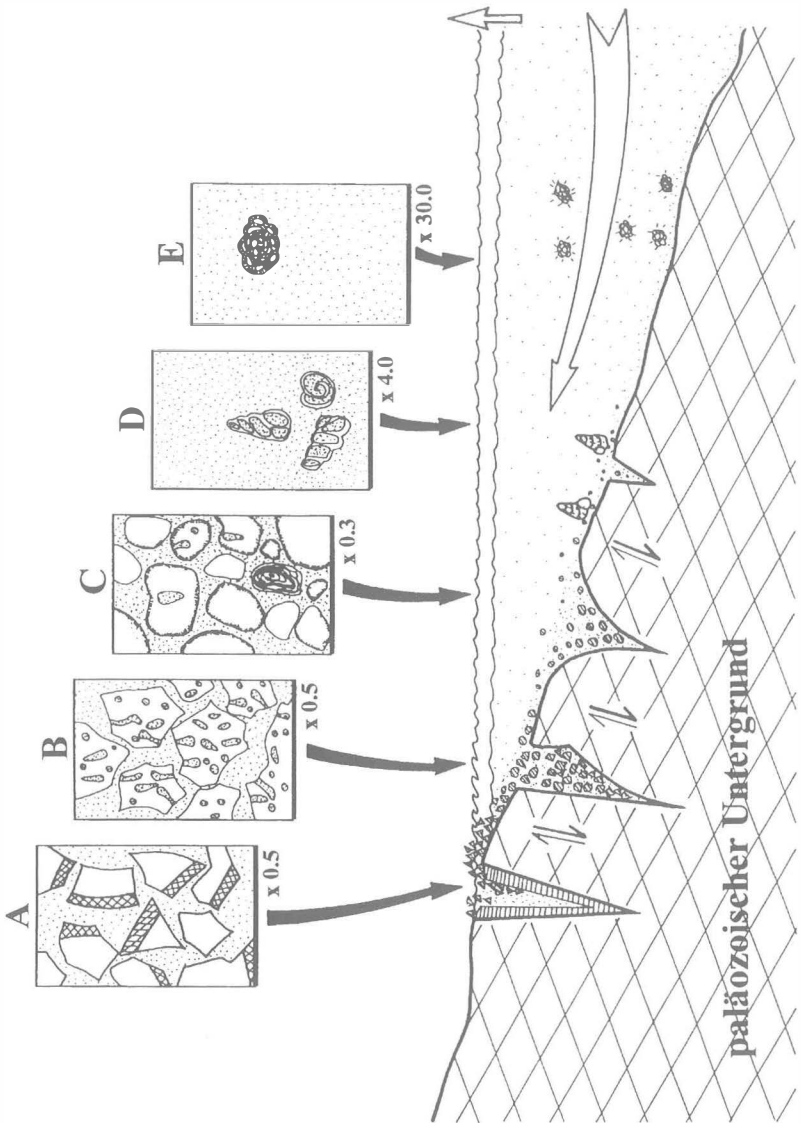


Abb. 3: Modell zur Genese der Spaltenfüllung.

A: Bereitstellung von paläozoischen Klaster mit einseitigen (Kluft-) Spalttapeten, die auf die Fraktionierung der Spaltenrandbereiche zurückzuführen sind.

B: Die paläozoischen Klaster werden allseitig bioerodiert (Ichnogenera *Talpina* und *Rogerella*).

C: Klaster werden oftmals umgelagert und durch die Bohrtätigkeit 'endolithischer Algen' mit "Rinden" versehen. Onkoide treten auf.

D, E: Auftreten von kleinwüchsigen Gastropoden und Foraminiferen.

## Tektonik

Auf die postsedimentäre Tektonik der Kainacher Gosau wurde mehrfach verwiesen (u.a.: HERITSCH 1906:180,185; SCHMIDT 1909:230-232; WAAGEN 1926:24-25; FLÜGEL 1952a:116; FLÜGEL 1952b:166, FLÜGEL 1986), syn-genetische tektonische Strukturen wurden aber kaum aus Aufschlüssen bekannt (SCHIRNIK 1994).

Die im untersuchten Profil aufgeschlossene Spaltenfüllung ist als Ausdruck einer intragosauischen Extensionstektonik zu interpretieren. Oberkretazische Dehnungstektonik wurde im Ostalpin mehrfach belegt; sie steht im Zusammenhang mit der Abkühlung des Mittelostalpins und des gleichzeitigen Absinkens auch des Kainacher Gosaubeckens (vgl. z.B. NEUBAUER & GENSER 1990: 209, NEUBAUER et al. 1995: 89 ff.). Damit in kausalen Zusammenhang gebracht wird auch die rasche Umgestaltung der Beckensedimentation von alluvialen Fächern bis zu Beckensedimenten in Form einer distalen "fan delta"-Fazies (SCHIRNIK 1994).

Die Plombierung der untersuchten Spalte belegt, daß nicht alle auf intragosauische Dehnungstektonik rückführbare Strukturen, trotz gleicher Orientierung, auch nachgosauisch wirksam wurden.

Die Schwermineralassoziation der die Spalte plombierenden Sandsteinlage zeugt von einer früheren Exhumierung des Gleinalmkristallins (entsprechend der Vorstellungen von NEUBAUER et al. 1995) als bisher angenommen wurde.

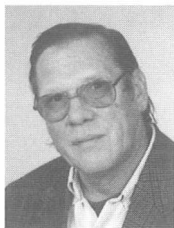
## Literatur:

- BODROGI, I., EBNER, F., LOBITZER, H., PASAVA, J. & SACHSENHOFER, R.F. (1994): Die Bitumenmergel der Kainacher Gosau (Steiermark, Österreich). - In: LOBITZER, H. & CSASZAR, G. (Hrsg.): Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, Teil 2, 127-144, 3 Abb., 1 Tab., 4 Taf., Wien.
- EBNER, F. (1992): Bericht 1991 über geologische Aufnahmen auf Blatt 163 Voitsberg. - Jahrb. Geol. Bundesanst., 135/3, S. 753, Wien.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L. (1979): Die Schichtfolge im Übergangsbereich Rannach-Fazies/Hochlantsch-Fazies (Grazer Paläozoikum im Raume St. Pankrazen/Großstübing. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 109, 85-95, Graz.
- FENNINGER, A. & HUBMANN, B. (1994): *Helicerina kainachensis* n.sp. - Crustaceen-Koprolithen aus den Kalken der Kainacher Gosau (Obersanton bis Untercampan, Österreich, Steiermark). - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1994/1, 23-33, 7 Abb., Stuttgart.

- FLÜGEL, H. (1952a): Neuere Untersuchungen im Grazer Paläozoikum. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 81/82, 112-116, Graz.
- FLÜGEL, H. (1952b): Vom variscisch-alpidischen Bau des Grazer Paläozoikums. - Anz. österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1952, 162-168, Wien.
- FLÜGEL, H. (1960): Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100000. - Geol. B.-A., Wien.
- FLÜGEL, H.W. (1983): Problematik und Bedeutung der Herkunft der Gerölle der mittelsteirischen Gosau. - Jahresber. Hochschulschwerpunkt S 15, 4, 109-119, Graz.
- FLÜGEL, H.W. (1986): Postgosauische Tektonik im Mittelsteirischen Raum. - Anz. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. (I), 123, 77-78, Wien.
- FLÜGEL, H.W. (1998): Die lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz (Österreich). - Jahrb. Geol. Bundesanst., Wien. (im Druck)
- GOLLNER, H., SCHIRNIK, D. & TSCHELAUT, W. (1983): Exotische Karbonatgerölle der "Mittelsteirischen Gosau". - Jahresber. 1982 Hochschulschwerpunkt S 15, 4, 85-108, 3 Abb., Graz.
- GOLLNER, H., SCHIRNIK, D. & TSCHELAUT, W. (1987): The Problem of the Southalpine Clasts in the "Mittelsteirische Gosau". - In: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (Hrsg.): Geodynamics of the Eastern Alps. - 156-163, 2 Abb., 1 Tab., Wien (Deuticke).
- GRÄF, W. (1972): Die Gosau von Kainach und St. Bartholomä. - Der Aufschluß, Sh. 22, 29-34, 6 Abb., Heidelberg.
- GRÄF, W. (1975): Ablagerungen der Gosau von Kainach. - In: FLÜGEL, H.W.: Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. - 2. neubearb. Aufl., Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, SH 1, 83-102, Graz.
- HERITSCH, F. (1906): Studien über die Tektonik der paläozoischen Ablagerungen des Grazer Beckens. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 42, 170-224, Graz.
- HUBMANN, B. & FENNINGER, A. (1997): Der "Prettenthaler-Effekt" in der Kainacher Gosau. - 2. Österr. Sedimentologen-Treffen, Kurzfass., S. 9, Seewalchen.
- KRÖLL, A. & HELLER, R. (1978): Die Tiefbohrung Afling U1 in der Kainacher Gosau. - Verh. Geol. B.-A, 23-34, 3 Abb., Wien.
- NEUBAUER, F., DALLMEYER, R.D., DUNKL, I & SCHIRNIK, D. (1995): Late Cretaceous exhumation of the metamorphic Gleinalm dome, Eastern Alps: kinematics, cooling history and sedimentary response in a sinistral wrench corridor. - Tectonophysics, 242, 79-98, 13 Abb., Amsterdam etc.
- NEUBAUER, F. & GENSER, J. (1990): Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen - eine Übersicht. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 120, 203-219, 10 Abb., Graz.
- RANTITSCH, G., RUSSEGGER, B. & EBNER, F. (1997): Fazies und Geochemie der Bitumenmergel der Kainacher Gosau (St.Pankrazen Formation, Oberkreide, Österreich). - 2. Österr. Sedimentologen-Treffen, Kurzfass., S. 16, Seewalchen.

- RUSSEGGER, B., RANTITSCH, G. & EBNER, F. (1998): Fazies und Geochemie der Bitumenmergel der Kainacher Gosau (St. Pankrazen Formation, Oberkreide, Österreich). - Mitt. Österr. Geol. Ges., Wien (im Druck).
- SCHIRNIK, D. (1994): Sedimentologie, Paläopedogenese und Geröllanalyse in der Kainacher Gosau. - Unveröff. Dissertation K.-F.-Univ. Graz, 305 S., 3 Beil., Graz.
- SCHMIDT, W. (1909): Die Kreidebildungen der Kainach. - Jahrb. Geol. Reichsanst., 58/2, 223-246, 3 Taf., 8 Abb., Wien.
- SCHWEIGERT, G., SEEGIS, D.B., FELS, A. & LEINFELDER, R.R. (1997): New internally structured decapod microcoprolites from Germany (Late Triassic/Early Miocene), Southern Spain (Early/Middle Jurassic) and Portugal (Late Jurassic): Taxonomy, palaeoecology and evolutionary implications. - Paläont. Z., 71(1/2), 51-69, 12 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- SIEGL-FARKAS, A., EBNER, F. & LOBITZER, H. (1994): Vorläufiger Bericht über palynologische Studien in der Kainacher Gosau). - In: LOBITZER, H. & CSASZAR, G. (Hrsg.): Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, Teil 2, 123-126, Wien.
- SOMERS, R. (1992): Zur Kenntnis der Gosau und des Paläozoikums NE St. Pankrazen (Steiermark) - Mikrofazielle und paläomagnetische Untersuchungen. - Unveröff. Dipl. Arbeit K.-F.-Univ. Graz, 77 S., Graz.
- VOIGT, E. (1972): Über *Talpina ramosa* v. HAGENOW 1840, ein wahrscheinlich zu den Phoronidea gehöriger Bohrganismus aus der oberen Kreide nebst Bemerkungen zu den übrigen bisher beschriebenen kretazischen "*Talpina*"-Arten. - Nachr. Akad. Wiss. Göttingen II, Math.-Phys. Kl., 1972, 93-126, 5 Taf., Göttingen.
- WAAGEN, L. (1926): Aufnahmebericht von Oberbergrat Dr. L. Waagen über Blatt Köflach Voitsberg (5154). - Verh. Geol. Bundesanst., 1926/1, 21-25, Wien.

Anschrift der Verfasser:



Univ.-Prof. Dr. Alois FENNINGER  
 Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz,  
 Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.



Univ.-Prof. Dr. Bernhard HUBMANN  
 Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz,  
 Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

3

1
2

**Tafel 1:**

Fig. 1, 2: Profilausschnitt mit Sandsteinbank (Bank-Nr. 9). Beachte Erosionsrelief.





**Tafel 2:**

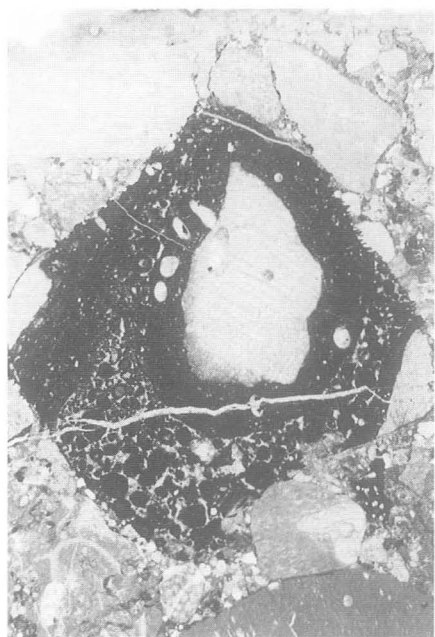
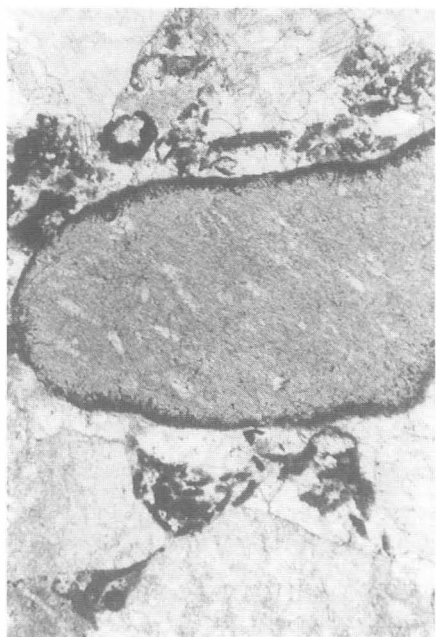
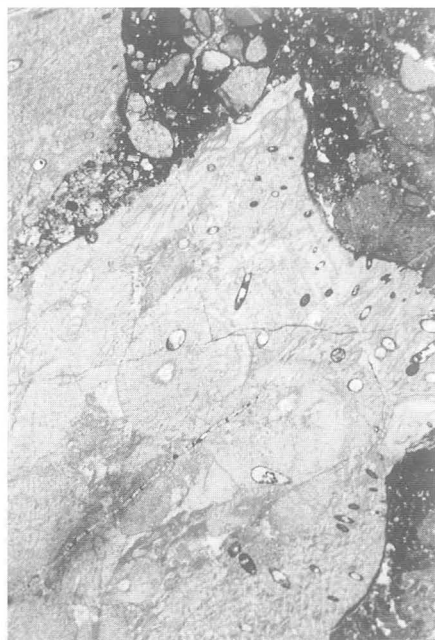
1	2
3	4

Fig. 1: Eckige paläozoische Komponente mit (Kluft)Spattapete. Verg. 10x

Fig. 2: Platzkugelkomponente mit Bohrlöchern. Vergr. 4.2x

Fig. 3: Gerundete Komponente mit "micritic envelops". Vergr. 55x

Fig. 4: Onkoidische Gosaukomponente. Vergr. 2.6x

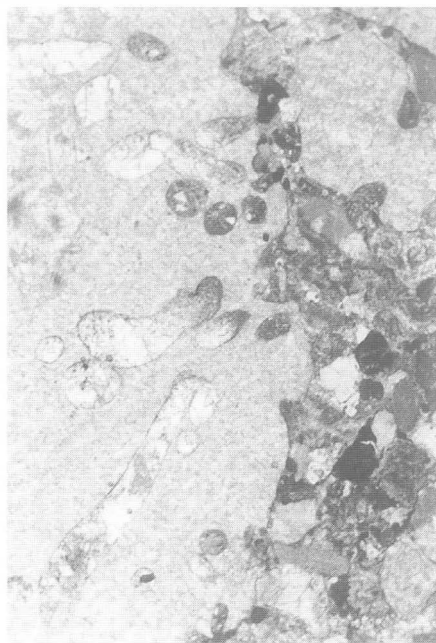
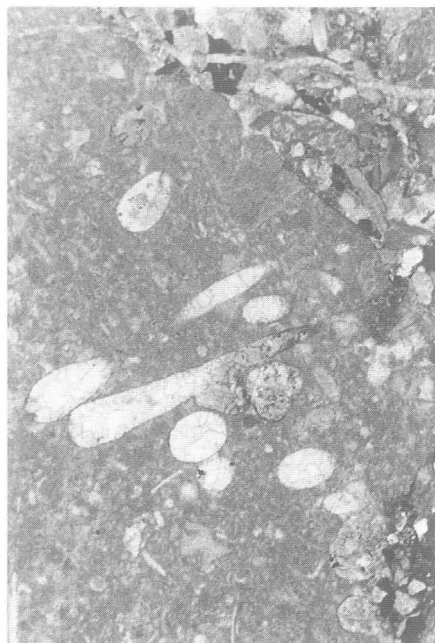


**Tafel. 3:**

1	2
3	4

Fig. 1-4: Mikrobohrungen (vermutlich *Talpina* und *Rogerella*)

Vergrößerungen: Fig. 1: 8x  
Fig. 2: 8x  
Fig. 3: 4.7x  
Fig. 4: 8x





## Ein altsteinzeitliches Rentierjägerlager an der Murtalenge bei Peggau?

Florian A. FLADERER

(mit Beiträgen von Thomas EINWÖGERER, Christa FRANK und Gerald FUCHS)

Mit 9 Abbildungen und 2 Tabellen

Zusammenfassung: Bei einer ersten Forschungsgrabung in der Lurgrotte-Peggau im Mittelsteirischen Karst wurden anstehende Sedimentanschnitte zur Dokumentation geringfügig rückversetzt. Es wird eine allgemeine Beschreibung der unteren und der oberen 2 m des über 7 m hohen Profils gegeben. Im Gegensatz zu den unteren (?mittelpleistozänen) fluviatilen Kiesen, Sanden und Tonen besteht der obere Anteil aus Lehm- und Lokalschutt-reichen Ablagerungen. Unter ca. 1,4 m, ins späte Mittelwürm bis Spätwürm gestellten Schichten folgen zwei Sedimenteinheiten mit altsteinzeitlichen Kulturresten. Aus einer Sedimentkubatur von ca. 0,1 m<sup>3</sup> wurden zwei Quarzabschläge und ein modifizierter Knochenrest eines Rentiers (*Rangifer tarandus*) geborgen: Belege für ein Lager mittelwürmzeitlicher Wildbeuter in unmittelbarer Nähe der Fundstelle, die an einer Engstelle des Murtals liegt.

Abstract (A Paleolithic reindeer hunters camp near the Mur river gorge of Peggau?): Exposed sediments in the entrance part of the famous dripstone cavern in the Central Styrian karst area, southeastern Austria, were prepared for display purposes in a short excavation. A preliminary report of the first scientific excavation in the Lurgrotte is given. The lower part of the 7,2 m thick profile consists of a (?Middle) Pleistocene fluviatile sequence. Loamy sediments with autochthonous limestone debris forming the upper part. Land snails in the uppermost part indicate open to shady habitats in a cold and less humid climate. Cave bear remains (*Ursus spelaeus*) indicate a chronological period before the Late Glacial. Two quartz flakes and a modified distal humerus of a reindeer (*Rangifer tarandus*) give clear evidence of a hunting episode at a corridor site in the Mur valley. An impact notch situated on the medial side of the distal long bone fragment indicates cracking for marrow exploitation. An analogy with modern reindeer behaviour allows a scenario of a hunting camp preying on reindeer groups that migrated moved from the windy summer pastures above the timber line on the regional uplands, through the Mur valley, into the lowland winter grounds (or the opposite direction in spring). Early Upper Paleolithic artefacts

in the southeastern periphery of the Eastern Alps are recorded from Große Badlhöhle c. 1,4 km north of the new site and Drachenhöhle near Mixnitz c. 15 km distant. Single late Middle Paleolithic finds are known from Repolusthöhle, Tunnelhöhle and Tropfsteinhöhle less than 1,5 km from the new site.

## 1. Topographie

Die Fundstelle (Österr. Höhlenkataster Nummer 2836/1b) liegt in der Marktgemeinde Peggau im Verwaltungsbezirk Graz-Umgebung; geographische Koordinaten 15°20'40" E, 47°13' N. Der Eingang der Höhle liegt auf 413 m Seehöhe.<sup>1</sup> (Abb. 1-2).

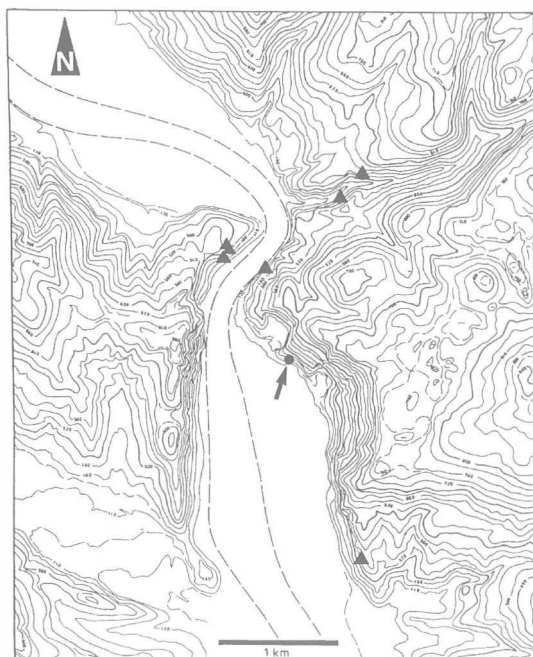


Abb. 1: Lage der Lurgrotte (Pfeil) im mittleren Murtal bei Peggau-Deutschfeistritz. Pleistozänes Murbett schematisiert. Schwarze Dreiecke: Fundstellen mit Rentierresten.

Die Lurgrotte durchquert als wasserführende Durchgangshöhle die Tanneben, eine Karsthochfläche mit mittleren Höhen von 720-800 m (max. 909 m). Sie ist im (?mittel)devonischen Schöckelkalk des Grazer Paläozoikums (FLÜGEL 1975:59) angelegt. Durch den 4 km entfernten, östlichen Eingang im 'Lurkessel', einer Einsturz doline im äußersten Westen des Semriacher

<sup>1</sup> Steinbockhöhle 435 m, Große Badlhöhle 495 m, Repolusthöhle 520 m, Peggauerwandhöhlen ca. 470-520 m, Kugelsteinhöhlen auf der rechten Murseite ca. 440-550 m.



Beckens, tritt der Lurbach in die Höhle ein. Der westliche Ausgang öffnet in das Talbecken von Peggau-Deutschfeistritz im mittleren Murtal. Die Höhlenbildung ist auf das Engste mit der Eintiefung der Mur vom obersten Miozän (ca. 6 Ma) bis ins frühe Jungpleistozän (ca. 0,1 Ma) verknüpft (MAURIN 1994). Die Mur hat sich hier als Vorfluter des Mittelsteirischen Karstes rund 250 m in das Grundgebirge eingetieft. Zwischen dem Riss-Würm-Interglazial und dem Mittelwürm ist eine Eintiefung bis mindestens 20 m unter die holozäne Talflur zu beobachten (MAURIN 1994). Die Anschüttung von Terrassenablagerungen im Würm Hochglazial (LGM - Last Glacial Maximum) erreichte bei Peggau die Seehöhe von über 415 m und damit die Höhe des Haupteingangs<sup>2</sup>. Die rezente Talaue der Mur liegt nach der späteren Eintiefung heute bei 405 m.

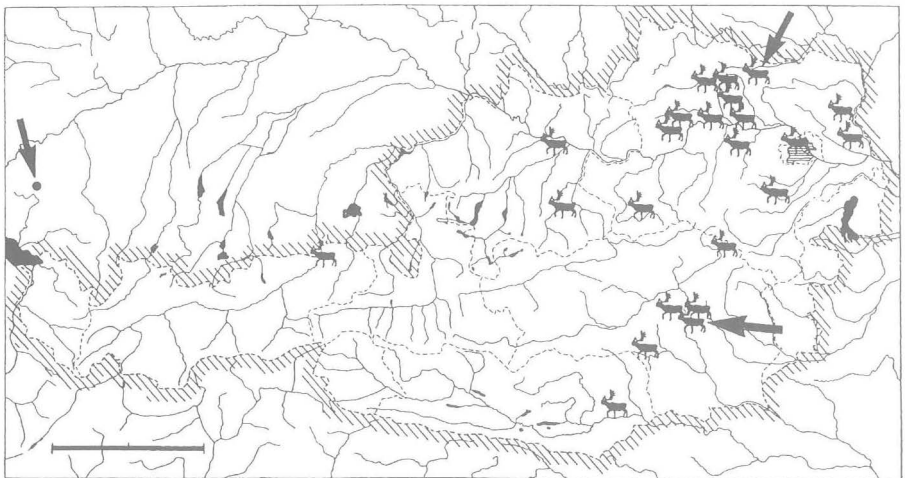


Abb. 2: Übersichtskarte mit kulturellen und akulturellen Fundstellen von Rentierresten in Österreich (nicht vollständig, verändert aus DÖPPES & WITHALM 1997). Großer Pfeil: mittleres Murtal bei Peggau-Deutschfeistritz. Kleinere Pfeile: Schussenquelle bei Bad Schussenried in Baden-Württemberg und Alberndorf im Pulkautal (siehe Tab. 2). Balken links unten entspricht 100 km.

Die Vorhöhle (auch: Vorhalle, MOTTL 1974) der Peggauer Lurgrotte ist ein 'trocken' stehender Seitenraum nordwestlich des Hauptportals (Abb. 3). Hier hat das Steiermärkische Landesmuseum Joanneum um 1965 eine kleine Ausstellung mit höhlenkundlichen, archäologischen und paläontologischen Fundstücken aus Höhlen der Umgebung als 'Höhlenmuseum' eingerichtet. Der ungefähr 17 m lange und 4 m bis 7 m breite, nach Westen führende Horizontalgang weist aufgrund rezenter Abtragungen einen ebenen Boden

<sup>2</sup> Im Holozän erfolgte die Bildung massiver organogener, früh- bis mittelholozäner Kalktuffe im Eingangsbereich, von denen nur noch geringe Reste vorhanden sind. In der Römerzeit und im Mittelalter wurden diese zu Bausteinen verarbeitet (pers. Mitt. V. MAURIN, Graz).

auf (siehe unten). Im Norden führt ein kleiner Rundgang um einen Felspfeiler. Hinter diesem zweigt ein Seitengang nach Norden ab. Nach Südwesten erreicht man, über eine Sedimentstufe ca. 6 m aufsteigend, einen kurzen Horizontalgang, der anscheinend tagwärts führt und dessen Fortsetzung durch eine blockschuttartige verfestigte Sedimentfüllung verschlossen ist. Bohrlöcher für Sprengsätze und Risse im kompakten Fels zeugen von Versuchen in den 60er Jahren<sup>3</sup> die Sedimentfüllungen herauszusprengen oder die natürliche Raumgebung zu zerstören. Objekt der Untersuchungen 1997 waren zwei Sedimentanschnitte am westlichen Ende der Vorhöhle (Abb. 3).

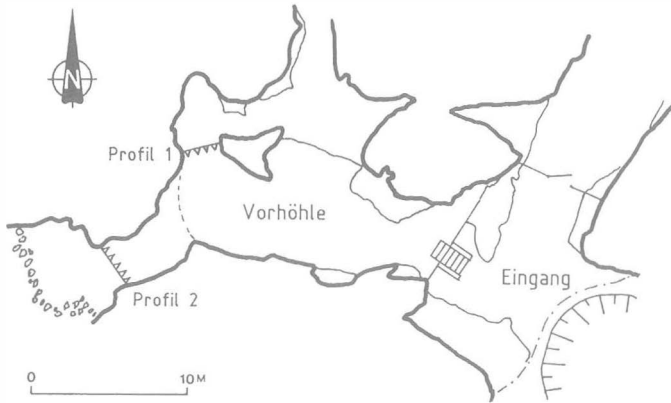


Abb. 3: Schematischer Plan der Vorhöhle der Lurgrotte Peggau (Kat.Nr. 2836/1) nach Unterlagen von A. Dolischka und R. Saar, Archiv des Landesverein für Höhlenkunde in der Steiermark, Graz (Fa. ARGIS, Graz).

## 2. Bisherige Untersuchungen

Die paläontologische Forschungsgeschichte in der Lurgrotte-Semriach begann 1894, unmittelbar nach deren Erschließung, mit Aufsammlungen von Höhlenbärenknochen durch R. Hoernes, Geologisches Institut der Universität Graz. Weitere Aufsammlungen und Grabungen folgten (siehe BENISCHKE et al. 1994, FLADERER 1994, FUCHS 1994).

Die Grabungsgeschichte in der Vorhöhle beim Peggauer Eingang beginnt 50 Jahre später. Bei der Abtragung der eiszeitlichen Sedimente zur Raumerweiterung für die Einrichtung eines 'Höhlenmuseums' wurden Ende der 40er/Anfang der 50er Jahre fossile Tierreste und altsteinzeitliche Quarzartefakte geborgen. 1961 und 1963 ließ K. Murban, Abteilung für Geologie, Bergbau und Technik am Landesmuseum Joanneum, weitere Anteile der

<sup>3</sup> Pers. Mitteilung von K. Hemmer, Übelbach-Graz.

Sedimente (1963: 50 m<sup>3</sup>) für die Erweiterung des Höhlenmuseums abbauen. Wie bei allen anderen genannten Grabungen und Aufsammlungen erfolgte keine Dokumentation (MURBAN 1966). Die bestehenden Sedimentaufschlüsse in der Vorhöhle stammen aus jenem Jahr. Im nordwestlichen Bereich der Vorhöhle sind heute Sedimentreste in über 2,3 m Höhe an der Höhlenwand zu sehen. Sie entsprechen der ehemaligen Oberkante der Ablagerungen.

Eine Revision der paläontologischen Funde aus beiden Eingangsbereichen der Lurgrotte wurde kürzlich vorgelegt (FLADERER 1994, 1997b)<sup>4</sup>. Aus den Sedimenten der Vorhöhle in Peggau wurden Faunenanteile bekannt, die mit Alpendohle (*Pyrhocorax graculus*), Murmeltier (*Marmota marmota*), Höhlenbär (*Ursus spelaeus*), Rentier (*Rangifer tarandus*), Steppenwisent (*Bison priscus*) und Alpensteinbock (*Capra ibex*) eine Mehrzahl an Arten offener, steppenartiger oder felsiger Habitate umfassen und damit kalt-trockene kontinentale Klimaverhältnisse anzeigen. Baummartener (*Martes martes*), Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) und Rothirsch (*Cervus elaphus*) sind durch große Individuen repräsentiert, die deutlich über dem Durchschnitt rezenter mitteleuropäischer Formen liegen. Auch darin ist ein Hinweis auf glaziale Bedingungen zu finden<sup>5</sup>. Die wenigen grob zugerichteten Quarzabschläge, die nach FUCHS (1994) als verschollen gelten, erlaubten keine kulturelle Zuordnung (MOTTL 1974, 1975).

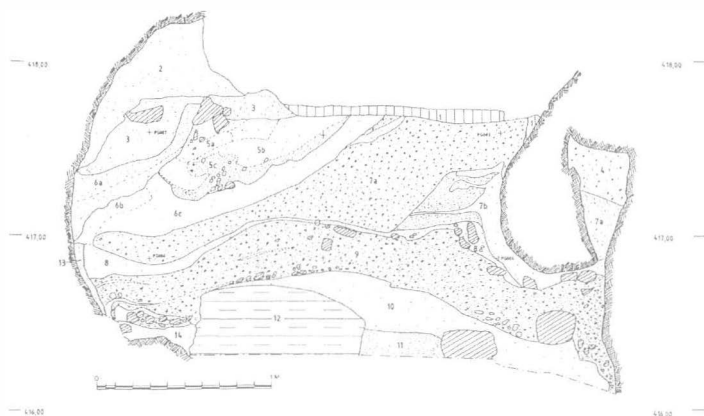


Abb. 4: Lurgrotte, Vorhöhle (Kat. Nr. 2836/1), Profil 1 Ansicht gegen NNW (Fa. ARGIS, Graz).

<sup>4</sup> Die Höhlenbären der Lurgrotte-Semriach sind, sowohl das Gebiss als auch das postcraniale Skelett betreffend, als sehr fortschrittlich zu bezeichnen (MOTTL 1964, FLADERER 1994). Nage-spuren sind ebenso zu beobachten wie Verbiss durch Raubtiere - auch durch Hyänen, die im Inventar allerdings nicht nachgewiesen sind. Die Gebiss-Variabilität der Semriacher Höhlenbären zeigt einen sehr hohen Anteil hochkomplexer Typen. Die Indizes entsprechen den Werten der Tropfsteinhöhle am Kugelstein (RABEDER in FLADERER & FRANK 1997). Derart hohe Werte konnten bisher nur an spätwürmzeitlichen Gemeinschaften nach ca. 27.000 Jahren vor heute ermittelt werden.

<sup>5</sup> Die Funde werden am Landesmuseum Joanneum, Sammlung Geologie und Paläntologie aufbewahrt.

### 3. Untersuchungen 1997/98

#### Konzept und Realisierung (Florian A. FLADERER und Gerald FUCHS)

Die von mehreren Stellen finanziell unterstützte Grabung (siehe Dank) wurde von den Autoren mit freiwilligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vom 13. bis 15. Juni und vom 21. bis 22. Juni 1997 durchgeführt<sup>6</sup>.

Der Anschluß der Grabungsstellen an das Landeskoordinatennetz erfolgte mittels geodätischer Einmessung zu einem Messpunkt beim Lurgrotteneingang. Das Sediment wurde entsprechend der stratigraphischen Methode<sup>7</sup> nach Schichten getrennt abgetragen. Um annähernd vertikale bis leicht abgeschrägte Profile zu erhalten, mußten 5-100 cm Sediment von der Profilseite abgetragen werden. Die stratigraphischen Einheiten SE wurden fortlaufend von oben nach unten numeriert, wobei für das Profil 1, dem tieferen Teil der Gesamtprofils, die vorläufigen Nummern 1 - 14 vergeben wurden (Abb. 4). Im Profil 2 wurde von oben her mit SE 51 begonnen. 1997 konnte das Profil bis SE 56 freigelegt werden (Abb. 5).

Das gesamte Material wurde unter Aussortierung von Grobkomponenten über 3 cm Durchmesser im Freien getrocknet. Anschließend wurde das feinere Material mit einer Maschenweite von ca.1 mm im Schmelzbach bzw. per Wasserschlauch geschlämmt (Abb. 6). Der nochmals getrocknete Rückstand wurde auf größere Fundobjekte hin durchgesehen und abschließend zur weiteren Auslese eingesackt. Für die malakologische Bewertung wurden Vollproben von der Feinfraktion genommen. Ebenso wurden von allen Sedimentationseinheiten Vollsedimentproben archiviert. Die Dokumentation der Profile erfolgte durch die Beschreibung der einzelnen Schichten, Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts, durch Fotodokumentation und die zeichnerische Aufnahme im Maßstab 1:10.

Ch. Frank (siehe dieser Artikel) untersuchte den malakologischen Inhalt der oberen Schichten von Profil 2. Zwei Proben mit Holzkohle aus Profil 2 wurden an O. Cichocki, Institut für Paläontologie der Universität Wien, zur Holzartenbestimmung übergeben. Die palynologische Aufbereitung von zwei Proben aus dem Profil 2 erwies sich als negativ (pers. Mitteilung von I. Draxler, Geo-

---

<sup>6</sup> Zwischen 10. und 12. Juli 1997 wurde in Wien der 2<sup>nd</sup> European Palaeontological Congress mit dem Thema 'Climates - Past, Present and Future' abgehalten. Auf Ersuchen der Veranstalter, Dir. Dr. H. Kollmann, Geologisch-Paläontologischen Abteilung am Naturhistorischen Museum in Wien und der Europäischen Paläontologischen Gesellschaft EPA (Präsident, Univ.-Prof. Dr. D. Ferguson, Institut für Paläontologie der Universität Wien, an den Autor, hat sich dieser erklärt, die Teilnehmer der Vor-Konferenz-Exkursion am 9. Juli in die Vorhöhle der Lurgrotte zu führen. Vor dem mehrere Meter hohen pleistozänen Sedimentprofil mit aktueller paläo-ökologischer/klimatischer und archäologischer Dokumentation konnte über die Ergebnisse der regionalen Eiszeitforschung der letzten Jahre (FLADERER et al. 1997) referiert werden.

<sup>7</sup> E. C. HARRIS, Principles of Archaeological Stratigraphy. 2. Aufl., 1989.

logische Bundesanstalt, Wien). Eine Knochenprobe vom Rentierfund (siehe unten) wurde zur AMS-Radiokarbon-Datierung an E. Wild, Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien, übermittelt (siehe unten).



Abb. 5: Lurgrotte, Vorhöhle. Freilegung an Profil 2, Kulturschicht SE 56 (Foto F. A. Fladerer).



Abb. 6: Aufbereitung der Sedimente: Schlämmen und Trocknung (Foto F. A. Fladerer).

## Stratigraphie und Sedimente (Florian A. FLADERER und Gerald FUCHS)

Tabelle 1: Lurgrotte im Mittelsteirischen Karst. Vorhöhle, Profil 2, Grabung 1997. Schichtbeschreibungen.

Abkürzungen: SE - stratigraphische Einheit, MSC - Munsell soil color.

SE	Kurzbezeichnung	Beschreibung	MSC
SE 51	bräunlichgrauer lockerer Lehm mit Schutt	Bräunlichgrauer lockerer Lehm mit Bruchschutt, kantenkorrodierte Kalksteine bis 20 cm Durchmesser in einer tonig-sandigen Matrix. Deutlich lockerer als die darunterliegenden Schichten, zum Westrand hin stärker verfestigt. Schalenteile einer Schneckenart bis ca. 2 cm Durchmesser im Profil erkennbar, kleine Holzkohlesplinter, selten Großknochen	10YR 5,5/3
SE 52	bräunlichgrauer Lehm mit Schutt	Bräunlichgrauer sandiger Lehm mit einem relativ geringen Anteil an scharfkantigen bis kantengerundeten Bruchsteinen bis ca. 15 cm	10YR 4,5/3
SE 53	bräunlichgrauer lehmiger Feinschutt	Bräunlichgrauer sandiger Lehm mit Feinschutt bis ca. 4 cm und einigen größeren scharfkantigen bis kantengerundeten Bruchsteinen bis 10 cm. Einzelne Quarzkiesel bis 12 mm Durchmesser	10YR 4,5/4
SE 54	bräunlichgrauer lehmiger Grobschutt mit Blockwerk	Graubrauner lehmiger Sand mit Feinschutt bis 5 cm und Grobschutt bzw. kleinen Blöcken bis 30 cm Durchmesser. Vereinzelt Quarzgerölle bis 3 cm Durchmesser, Sinterbröckchen und kleine rötlichbraune Konkretionen. Paläolithische Fundschicht	10YR 4/4
SE 55	gelbbrauner Lehm		
SE 55a		Gelbbrauner Lehm mit kantengerundetem Schutt bis 10 cm. Paläolithische Fundschicht	10YR 4,5/5
SE 55b		Sandiger gelbbrauner Lehm	10YR 5,5/7
SE 55c		Sandiger gelbbrauner Lehm mit Kies (= Übergangsbereich zu SE56) und gerundeten Kalksteinen bis 10 cm Durchmesser	10YR 5,5/6
SE 56	Kies	Lehmiger Feinkies bis 5 mm mit hohem Schieferanteil und einzelnen Quarzkieseln bis 3 cm Durchmesser.	10YR 5/6

Der tiefere Teil der aufgeschlossenen Ablagerungen im Sedimentprofil 1 (Abb. 4) im nördlichen Ende der Vorhöhle, ca. 416-418 m ü. d. M., besteht aus einer Wechsellagerung generell gut sortierter Kiese, Sande und Tone (stratigraphische Einheiten SE 1-14). Sehr wahrscheinlich handelt es sich größtenteils um eingeschwemmte Ablagerungen der Mur. Ebenso sind am Aufbau umgelagerte Höhlensedimente und vermutlich auch Reste der tertiären Plateaubedeckung beteiligt. Eine sedimentologisch-petrographische Analyse ist für eine Klärung der Anteile notwendig. Oxidkrusten und Verfestigungsgrad sprechen für ein höheres Alter, möglicherweise für eine mittelpleistozäne Zeitstellung (?Riss-Glazial, vor ca. 180.000 - 130.000 Jahren): Die Ablagerungen liegen knapp oberhalb des Niveaus der Würmterrasse, aber mehrere Meter unterhalb der höchsten Riss-zeitlichen Flur. Diese erreicht im Umkreis der Lurgrotte 425 m und 700 m nördlich, an der Badlwand, sogar 435 m (MAURIN 1994:123).

Die Sedimente im westlichen Seitenarm der Vorhöhle, im Profil 2 (SE 51-56), wurden zwischen 422,2 m und 420,1 m ergraben (Abb. 5, Tab. 1). Sie bestehen vor allem aus lokalem Karbonatbruchschutt und Lehm zu wechselnden Anteilen. Pleistozäne und ? neogene Gerölle und Kieskomponenten sind untergeordnet. Zum Unterschied zur fluviatilen, allochthonen Herkunft der in Profil 1 aufgeschlossenen Sedimente, handelt es sich hier um eine schuttstromartige Schichtbildung mit hohem autochthonen Kalkschuttanteil. Der Transportweg der größeren Komponenten, inklusive altsteinzeitlicher Kulturreste (siehe unten), ist aufgrund der geringen Kantenrundung bzw. der unbeschädigten Kanten der Quarzartefakte mit nur wenigen Metern anzugeben.

Bei den Ausgrabungen wurden in SE 55 zwei Quarzartefakte gefunden: Das erste wurde beim Tiefergehen *in situ* freigelegt und ein zweites wurde einige Stunden später beim Schlämmen entdeckt (siehe Beitrag Th. Einwögerer).

## Großtierreste

Aus Profil 1, LP 4 (SE 4 - sandiger Kies): cf. *Capra ibex* (Alpensteinbock). Der bovide Wirbel des hinteren Schwanzabschnitts (Länge GL=13,9 mm; Breite >8,9 mm) entspricht rezenten Skeletten an der Säugetiersammlung des Naturhistorischen Museums Wien.

Profil 2, LP 34 (SE 51 - bräunlichgrauer lockerer Lehm mit Schutt): *Ursus spelaeus* vel *arctos* (Höhlenbär oder Braunbär): Rippenfragment eines Bären (Querschnitt: L=45 mm, B=ca.22,5 mm, Dicke=ca.12 mm).

Profil 2, LP 35 (SE 51 - bräunlichgrauer lockerer Lehm mit Schutt): *Ursus spelaeus* (Höhlenbär): Ein unterer Schneidezahn (rechter I 3inf.) mit deutlichen Abkauungsmark gehört zu einem adulten Individuum.

Profil 2, LP 38 (SE 54 - bräunlichgrauer lehmiger Grobtschutt mit Blockwerk): *Rangifer tarandus* (Rentier): Distales Fragment eines Humerus der rechten Körperseite (Abb. 7 - 8). Die Erhaltung ist sehr gut, ohne oberflächliche Korrosion; die Färbung hell elfenbeinfarben mit hellgrauer bis dunkelgrauer Sprengelung. Ein zugehöriges Fragment (L = 40,8 cm) des angrenzenden medialen Schaftteils lag ca. 10 cm entfernt vom Hauptfragment. Die Epiphysenfuge ist nicht mehr erkennbar; es handelt sich um ein adultes Tier. Die Abmessungen (distale Breite Bd = ca. 46,3 mm, größte Breite der Trochlea BT = ca. 45,9 mm, kleinster Durchmesser der Trochlea KT = 25,4 mm) sprechen für ein Individuum im oberen Variationsbereich spätmittelwürmzeitlicher und spätglazialer Populationen (Tab. 2)<sup>8</sup>. Drei weitere Fragmente (14, 24, 36 mm) könnten ebenfalls zum Humerus gehören. Jedenfalls spricht die Dicke der Kompakta für eine Zuordnung unter 'Größe Rentier'. Sehr geringe Abrasion der Kanten des Humerus sind auf - maximal kurzen - Transport und Sedimentdruck nach der Einbettung zurückzuführen. Dagegen sind weitere Beschädigungen, die während der Ausgrabung entstanden sind, deutlich an ihre weißen Färbung erkennbar. Es fehlt am Objekt die Lateralseite mit der Crista epicondyläi.

Tabelle 2: *Rangifer tarandus*, Abmessungen am Humerus der Fundstellen Lurgrotte-Vorhöhle (LP) und Alberndorf im Pulkautal (Al).

Abkürzungen (Meßstrecken nach VAN DEN DRIESCH 1976): Bd - größte Breite distal, BT - Breite der Trochlea, KT - kleinster Durchmesser der Trochlea, von distal gemessen. Maße in mm. Werte für die Schussenquelle in Süddeutschland nach SCHULER (1994:66, 100ff). Mod - Modifikation durch Schlagmarke.

Nr.	Seite	Bd	BT	KT	Mod
LP 38	rechts	ca. 46,3	ca. 45,9	25,4	ja
Al 785	rechts	44,0	ca. 40,0	19,5	-
Al 944	rechts	ca. 42,0	-	-	-
Al 1167	links	44,9	42,2	25,2	ja
Al 1237	rechts	-	-	24,1	?
Al 1312/1	rechts	ca. 42,0	ca. 40,0	23,5	ja
Schussenquelle (n=25)	-	38 - 48	-	-	ja

<sup>8</sup> Der Knochen aus der Lurgrotte übertrifft in allen Abmessungen jene von fünf Humeri aus Alberndorf. Obwohl bei *Rangifer* ein Geschlechtsdimorphismus in der Größe besteht, und die Abmessungen des Rentierhumerus aus der Lurgrotte 10-20 Prozent größer als die kleinen im Alberndorfer Inventar sind, kann *per se* das metrisch größte Individuum noch nicht als eindeutig männliches Tier bezeichnet werden.



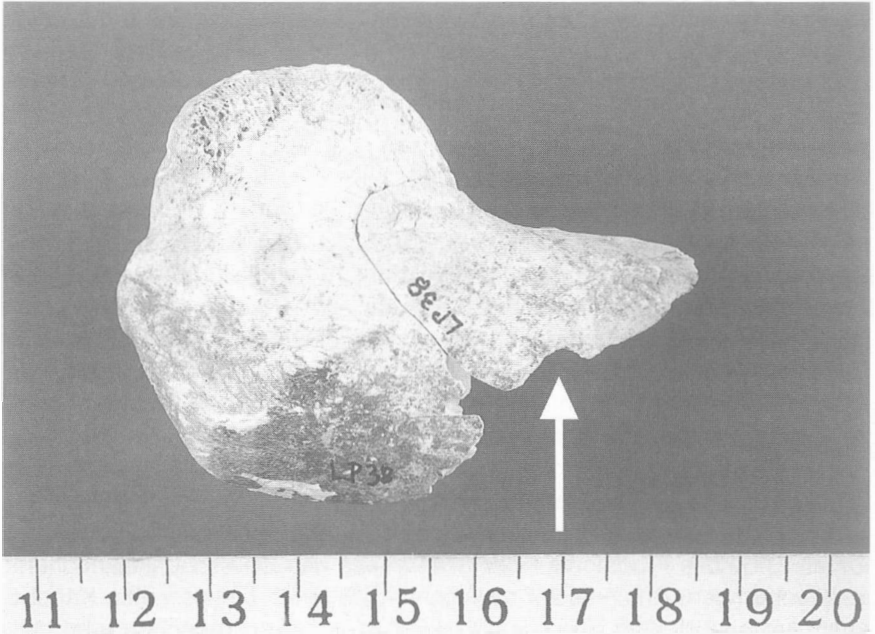


Abb. 7: *Rangifer tarandus*, distales Fragment eines rechten Humerus mit Schlagmarke (Pfeil). Medialansicht (Foto F. A. Fladerer & R. Gold).

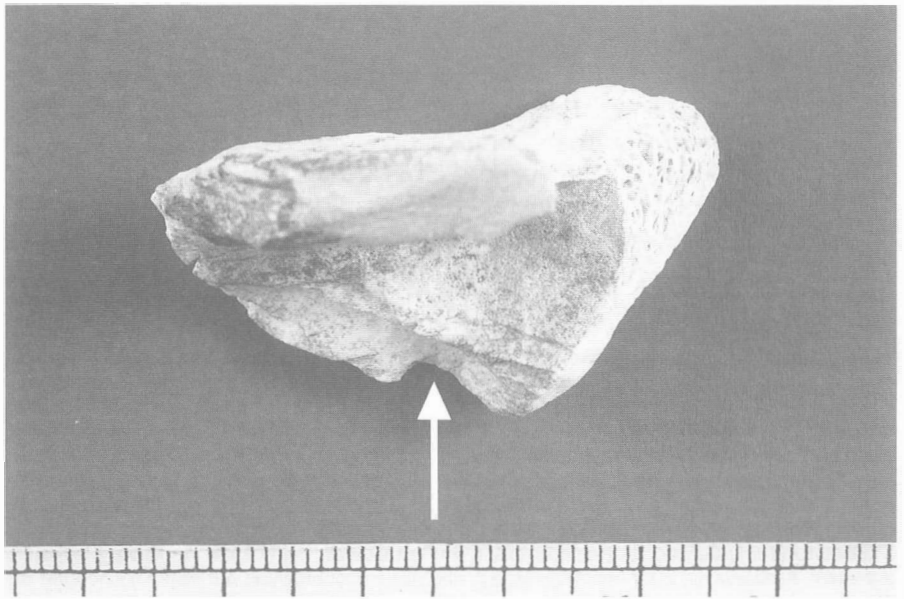


Abb. 8: *Rangifer tarandus*, distales Fragment eines rechten Humerus mit Schlagmarke (Pfeil). Fragmentteil mit Schlagmarke von der Markraumseite (Foto F. A. Fladerer & R. Gold).

An der Medial- oder Innenseite des zweiten Fragments ist eine runde Marke erkennbar, die außen ca. 4 mm durchmißt und an der Markraumseite mit den Negativen der abgeplatzten Knochenchips korrespondiert (Abb. 7, oberes Fragment, Abb. 8). Die Zerstörungsart des Knochens zeigt größte Ähnlichkeit zu bekannten jungpaläolithischen Inventaren, z. B. vom Epiaurignacienfundplatz Alberndorf im Pulkautal (FLADERER 1996, Tab. 2) und vom Magdalénien der Schussenquelle in Oberschwaben (SCHULER 1994: 98-103<sup>9</sup>), ebenso wie bei rezenten Inuit in Zentralalaska (BINFORD 1981:162, Fig. 4.53<sup>10</sup>). In allen Inventaren ist das Muster erkennbar, das von der Anatomie der Tiere beeinflusst wird: Schlagsetzung an einer Breitseite mit etwas dünnerer Außenschicht, um den Markhohlraum mit dem Markzylinder freizulegen. Die Korrosion der Kantengrenzen zwischen dem Hauptfragment und dem medialen Fragment aus der Vorhöhle entspricht dem Korrosionsgrad der Schlagmarke, was für die selbe Zerstörungsgeneration spricht. Am unteren Ende des medialen Fragmentes ist eine ca. 3x3 mm durchmessende, eingedrückte Stelle zu beobachten. Sie läßt an einen spitzen Gegenstand als Kraftübertragungsmedium denken<sup>11</sup>. Die quer zur Längsachse des Knochens orientierten Beschädigungen am oberen Ende des Fragments - der Cranialseite des Oberschenkelknochens - entsprechen dem Bruchmuster an frischen, als 'grün' bezeichneten Knochen. Im konkreten Fall sind sie sehr wahrscheinlich beim Abbrechen oder Wegknicken des anschließenden Schaftteils nach cranial entstanden.

### **Beschreibung der Steinartefakte (Thomas EINWÖGERER)**

Quarzartefakt 1 (LP 36) (Abb. 9 links) *in situ* aus SE 55a : Hellgrauer Quarzabschlag, Länge 34,5 mm, Breite 51 mm, Dicke 21,2 mm, Gewicht 23,6g. Die Schlagfläche wird durch einen Kortextrest gebildet. Die Oberfläche weist die Rohknolle als Flußgeröll aus. Auf der Schlagfläche ist ein Schlagauge erkennbar. Auf dieses folgt ein ausgeprägter Bulbus. Dorsal hat das Artefakt zwei Negative, wobei eines gegen und das andere quer zur Schlagrichtung verläuft.

---

<sup>9</sup> „Bei sämtlichen Humeri mit zwei Schlagspuren befinden sich diese gegenüberliegend am distalen Ende des Knochens. Zusammen mit der Tatsache, daß drei dieser Stücke jeweils auf medialer Seite auffällig zernarbte Auftreffpunkte tragen, spricht das für die Verwendung eines feststehenden Ambosses“ (SCHULER 1994: 100). „Das in Abbildung 44,4 abgebildete Distale eines anderen Humerus zeigt, daß in der Vorgehensweise auch leicht variiert wurde. Hier befindet sich auf medialer Seite eine konzentrisch um den Auftreffpunkt angeordnete, blättrige Eindruckszone. Diese läßt vermuten, daß hier auf medialer Seite aufgeschlagen wurde, während die laterale Seite auf einem Amboß ruhte“ (SCHULER 1994: 103).

<sup>10</sup> BINFORD (1981) beobachtet eine spezielle Öffnungsmethode, bei welcher die flache Medialseite auf einen Ambossstein oder -knochen gelegt und der Hammerschlag auf den Knochengrat auf der Lateralseite (Crista epicondylis lateralis) geführt wird. Auch diese Methode kann zu einer Schlagmarke auf der Medialseite führen (BINFORD 1981: Fig. 4.53).

<sup>11</sup> Diese Beschädigung kann kaum von einem Knochen als Hammer stammen (vgl. BINFORD 1981:148ff); sie weist aber sehr wohl auf einen 'Fehlschlag' hin. Deshalb soll angenommen werden, daß für die Knochenöffnung ein spitzer oder retouschierter Stein verwendet wurde.

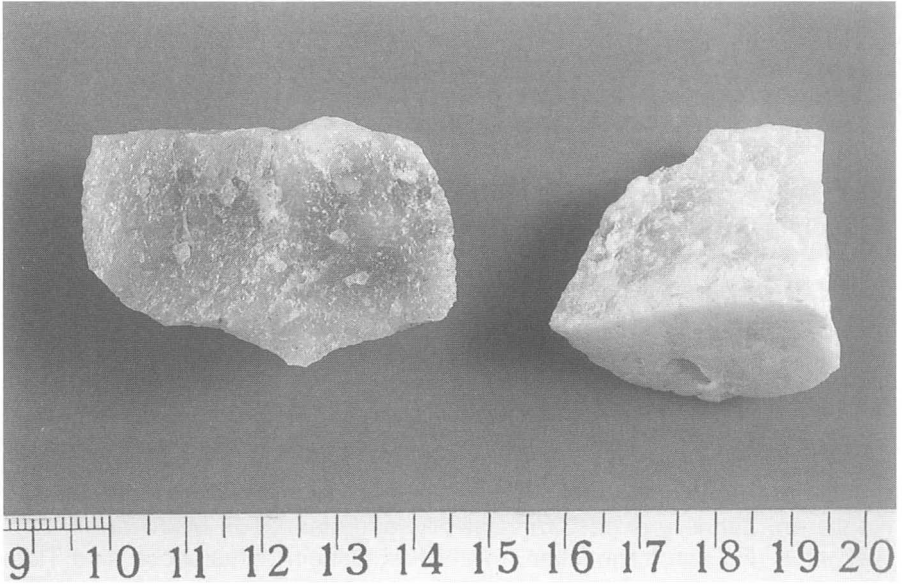


Abb. 9: Lurgrotte, Vorhöhle. Quarzartefakt 1 und 2. Dorsalansicht; Schlagfläche (Proximalseite) oben (Foto F. A. Fladerer & R. Gold).

Quarzartefakt 2 (LP 42) (Abb. 9 rechts) aus SE 55: Weißer Quarzabschlag, Länge 37 mm, Breite 37,8 mm, Dicke 16,5 mm, Gewicht 19,3 g. Die Schlagfläche wird durch eine Spaltfläche gebildet, die eine Länge von 14 mm und eine Breite von 8 mm hat. Distal befindet sich ein Matrixrest, der auch dieses Artefakt als Flußgeröll ausweist. Der ausgeprägte Bulbus läßt auf einen direkten harten Schlag schließen. Dorsal trägt das Artefakt ein Negativ, das gegen die Schlagrichtung verläuft.

Die nicht verrundeten Kanten und die scharfen Mittelgrate sprechen gegen einen weiteren Transport der beiden Stücke; intensivere Umlagerung ist auszuschließen. Im Bereich der Fundstelle konnten bisher keine Gerölle in der Größe der rekonstruierbaren Rohknollen beobachtet werden. Eintrag aus den Murschottern, wie sie wenige 10er Meter von der Höhle entfernt anstehen, ist sehr wahrscheinlich. Das Fehlen von Reduktionsspuren an den Schlagflächenrändern und die unterschiedlichen Schlagrichtungen der Dorsalnegative sprechen für eine *ad hoc* Herstellung der Stücke.

Eine chronokulturelle Zuordnung der beiden Artefakte nach der Formgebung kann nicht gegeben werden.

## 4. Synthese

### Paläoklima und Lebensraum (Florian A. FLADERER und Christa FRANK)

Flußablagerungen bilden den unteren Teil (ca. 416-418 m ü.d.M) des über 7 m hohen Sedimentprofils in der Vorhöhle der Peggauer Lurgrotte. Mit dem Fund eines Steinbockrestes in SE 4 wäre ein periglazialer Lebensraum angezeigt. Die weitere paläontologische Aufbereitung der sehr fossilarmen sandigen Sedimente in Profil 1 steht noch aus. Aufgrund von Tiefenlage und Kompaktionsgrad wird angenommen, daß die Ablagerungen aus dem vorletzten Vereisungszyklus (ca. 180.000-130.000 Jahre vor heute) stammen.

Das ausgelesene Fundmaterial der oberen Anteile der lokalschuttreichen Schichten in Profil 2 (ca. 420-422 m) enthält Reste von Höhlenbären und Rentieren, Zähne und postcraniales Skelettmaterial von Mikrovertebraten, Eischalen und Landschnecken. In der Kleinsäugertaphozönose sind Tiere offener Lebensräume (Wühlmäuse: *Microtus* div. species, *Arvicola terrestris*) und Arten der dichteren Vegetation (Schläfer<sup>12</sup>) zu beobachten. Die Landschneckengemeinschaften sind selbstverständlich felsbetont; sie weisen aber mit einem hohen Anteil an Offenlandformen (*Chilostoma achates*, *Chondrula tridens*) neben Anzeigern von Waldstandorten (*Clausilia dubia* - in Richtung *C. dubia gracilior* entwickelt) auf weitgehend offene, kühle bis kalte, schattige Verhältnisse in der näheren Umgebung der Höhle. Es ist eine weitgehend offene lokale Vegetation mit vereinzelt anspruchslosen Baumarten oder Gebüschern zu rekonstruieren. Die Krautschicht war dürrig und nur lokal entwickelt. Da bodenbewohnende Kleinarten fehlen, ist mit einer stark reduzierten Humusaufgabe zu rechnen. Generell zeigt die Profilschnitt unmittelbar oberhalb der altsteinzeitlichen Kulturschicht einen kühlen bis kalten, mäßig feuchten Klimacharakter. Es wird eine Einstufung ins Hoch- bis Spätglazial vorgeschlagen. Da in den Schuttschichten mit zeitlich heterogenen Komponenten zu rechnen ist, können präzise Angaben erst nach einer detaillierten Vorlage unter taphonomischen Gesichtspunkten gemacht werden (Ch. FRANK).

Rentiere bilden ein Faunenelement ausschließlich circumarktischer und borealer Ökosysteme. Belege für ein natürliches Areal in den mittleren Breiten lassen hier ein Klima rekonstruieren, wie es Regionen innerhalb der heutigen Subarktis entspricht (BANFIELD 1961:31, KURTÉN 1968:170f). Die natürliche holozäne Verbreitung des Wildrens umfasst den Tundren- und den Taigagürtel der gesamten Holarktis (HERRE 1986). Im Jungpleistozän erstreckte sich die maximale Südgrenze des europäischen Verbreitungsareals von Nordspanien

---

<sup>12</sup> Freundl. Mitt. von G. Reiner, Wien.

über Ligurien und den Triester Karst bis nördlich des Schwarzen Meeres<sup>13</sup>. Zur bevorzugten Nahrung gehören Gräser und Seggen, Moose und Flechten neben Kräutern, Laubarten, Zweigen von Laubhölzern, Beeren, Schachtelhalmen und Pilzen. Eine der wesentlichsten Verhaltenseigenheiten der Rentiere ist - mit Ausnahmen einiger weniger Populationen - die hohe Mobilität, die mit der Verfügbarkeit von Äsung, mit dem Abwehrverhalten gegenüber blutsaugende Hautflügler und mit predatorarmen Setzgründen zusammenhängt. In weiträumigen, schwachreliefierten Tundrenlandschaften erreicht dies die Art durch Migrationen bis mehrere 100 km, während sie innerhalb gut gegliederter Regionen durch vertikale Bewegungen zwischen Tal-/Beckenlagen und Berggrücken die 'Bedingungen' erfüllt (vgl. BURCH 1972, HEPTNER et. al. 1966, HERRE 1986, STURDY 1975). Ob dieses auch für die mitteleuropäischen pleistozänen Rentiere zugetroffen hat (STURDY 1975), lässt sich allerdings noch nicht beweisen.

Für die Tanneben und die höheren Mittelgebirgsrücken des Grazer Berglandes wird bei kontinentalem Klimagang aufgrund palynologischer Untersuchungen eine subalpine bis alpine Vegetation rekonstruiert (I. DRAXLER in FLADERER, in Druck). Für die Talflur im Murtal ist infolge Gletschertätigkeit im Gebirge und sommerlicher Hochwässer ein breites Sand- und Kiesbett (VAN HUSEN 1987) mit randlichem Buschwerk und Laubbäumen anzunehmen. Landschnecken und Kleinsäuger im oberen Profilabschnitt der Lurgrotte-Vorhöhle indizieren für den Westabfall der Tanneben einen lichten Kiefernwald mit einem grasreichen und in feuchtigkeitsbegünstigten Stellen krautigen Unterwuchs - die Rekonstruktion ist hier mangels vollständiger malakologischer Ergebnisse allerdings noch als Analogie zu bewerten! Unter kontinental geprägtem Klima mit geringen Niederschlägen und höherer Saisonalität der generell niedrigeren Temperaturen kann sich in einem geomorphologisch reich gegliederten Gebiet wie der Alpensüdostabdachung eine deutlich höhere Diversität an Bioregionen/Pflanzengesellschaften als heute einstellen (FLADERER, in Druck). Dem mittleren Murtal, das quer zum Streichen der Alpen und annähernd Nord-Süd gerichtet ist (Abb. 1), kommt unter diesen Bedingungen eine viel markantere Korridorfunktion zu als im heutigen zentral-europäischen Laub- und Mischwald-System unter feucht-gemäßigtem Klima. Der von der ausgedehnten Inlandvereisung gespeiste Flusslauf begünstigt die lokale Vegetation gegenüber dem deutlich trockeneren Umland. Er bietet für migrierende Tiergruppen perennierend Tränke und erhöhten Schutz vor Beutegreifer. Die Rhythmik von Frühlingseinzug und Futterarten-spezifischen

---

<sup>13</sup> Es ist nicht im Rahmen der vorliegenden Studie, über die Paläontologie der mitteleuropäischen Rentiere und über das Paläolithikum der östlichen Ostalpen und deren Vorland zu referieren. Eine Zusammenstellung von Rentierfundstellen im Bundesgebiet, die nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, ist DÖPPES & RABEDER (1997) zu entnehmen. Die Häufung der Fundstellen in Karstregionen und der niederösterreichischen Lösslandschaft ist selbstverständlich durch die konservierenden geologischen Phänomene induziert. Die Funde sind deshalb als streng kontrollierte Stichproben innerhalb des tatsächlichen Verbreitungsareals zu erkennen.

Wachstumsphasen folgt dem Flußlauf, der zwischen den Gletscherzungen im Oberland und den Steppen im Vorland vermittelt. Der Fluß wird zur Achse für die Weidesukzession großer Herbivoren.

### **Eine Lagerstelle paläolithischer Rentierjäger**

Ein besonderer Befund der ersten archäologisch-paläontologischen Ausgrabung in der Lurgrotte ist der Kontext von paläolithischer Steinindustrie aus lokal verfügbarem Rohstoff und Jagdtierrest. Dessen Modifikation ist Teil eines redundanten Musters bei der wildbeuterischen Knochenmarkverwertung an Rentierkadavern. Der Fettgehalt und damit der ernährungsphysiologische Verwendungswert des Knochenmarks der Langknochen bei Rentieren ist beachtlichen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen (SPIESS 1979:29). Ethnographischen Beobachtungen ist die Verhaltensanalogie zu entnehmen, daß der Aufwand der Markfreilegung in den proximalen Extremitätenteilen vor allem bei entsprechendem Nährstoffgehalt zwischen Herbst und Spätwinter/Frühling getrieben wird (EIDLITZ 1969:72, BINFORD 1978:224). Aufgrund des Energieabbaus während der Brunft im Herbst sinkt der Gesamtfettgehalt bei den Rentierbullen deutlicher gegenüber den weiblichen Tieren ab. Da die Abmessungen des Oberarmknochens aus der Lurgrotte für ein erwachsenes männliches Tier sprechen, wird hier einer hypothetischen Erlegungssaison Herbst der Vorzug gegeben.

Die topographische Umgebung des Fundplatzes, der unmittelbar unterhalb einer Engstelle in einem überregional markanten Flußtal liegt, läßt an beste Voraussetzungen für die 'head-em-off-at-the-pass'-Jagdmethod (BURCH 1972: 346) denken: Enge Stellen an saisonal genutzten Wanderrouten der Tiere werden von Rentierjägern als natürliche Korralle für ihre jägerische Grundversorgung genutzt. Die Talrandlage, möglicherweise mit Galerie- und Ufervegetation nahe der korridorartigen Murtalenge von Badl entspricht durchaus der Geländesituation von Jagdansitzen, Schlachtstellen und primären Zerlegungsstationen holozäner und pleistozäner Wildbeutergruppen (SPIESS 1979). Solange keine skelettochronologisch indikativen Funde wie Gebißreste und Geweihe vorliegen, wird angenommen, daß in der Lurgrotte die weitere Zerlegung von Rentieren erfolgt ist. Diese wurden möglicherweise auf ihrer Migration von den Sommerweiden in höheren Mittelgebirgslagen durch das Murtal in Richtung dichtere Bewaldung in feuchteren und geschützten Tal- und Beckenlagen erlegt. Auch die Erlegung zwischen Winter und Frühling, eventuell auf der Rückwanderung nach Norden, soll hier noch nicht ausgeschlossen werden.

Das Ensemble ist eine Premiere für die Steiermark, wenn man von den kaum dokumentierten, nur fragmentarisch vorgelegten und chronologisch wie ökonomisch unrichtig interpretierten Funden aus der Drachenhöhle (ABEL & KYRLE 1931, FLADERER 1997a) und den noch nicht bearbeiteten Inventaren der

älteren Grabungen in der Repolusthöhle und der Zigeunerhöhle bei Gratkorn (MOTTL 1975) absieht. Die Nutzung der Lurgrotte wurde vorläufig dem frühen Jungpaläolithikum zugeschrieben. Argumente hierfür waren (1) die assoziierten, stratigraphisch auch über der Kulturschicht liegenden Höhlenbärenreste - dadurch wurde eine spätwurmzeitliche Einstufung sehr unwahrscheinlich (FLADERER in Druck) - (2) die Analogie zum Nebeneinander Geschoßspitzen aus Geweih, grobe Quarzartefakte und Höhlenbären in der Drachenhöhle und ähnlichen Funden aus der Großen Badlhöhle (JEQUIER 1975, MOTTL 1975) und (3) die nach Ch. Frank auf Spätglazial weisende Landschneckengemeinschaft unmittelbar über der Fundschicht. Aufgrund der wenigen vorliegenden Daten konnte allerdings nicht ausgeschlossen werden, daß die Funde von einem mittelpaläolithischen Ereignis stammen.

Eine Radiokarbon-Datierung des Rentierknochens LP 38 aus SE 54 mittels Vienna Environmental Research Accelerator am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien ergab folgendes Ergebnis (Dr. E. Wild, pers. Mitt. vom 18. September):

BP 52.400 +3.100/-2.200 (VERA-0069).

Dem AMS-Datum zur Folge wäre die neue Fundstelle eindeutig zum späten Mittelpaläolithikum zu stellen, deren Kulturträger Neandertaler waren. Aufgrund von typologisch auswertbaren Steinartefaktfunden konnte bisher in Südostösterreich nur der Tropfsteinhöhle am Kugelstein (Kugelsteinhöhle II) bei Deutschfeistritz (JEQUIER 1975) eine derartige chronokulturelle Zuordnung gegeben werden. Weniger eindeutig, aber durchaus als mögliche Moustérien-Artefakte zu bezeichnen, sind einzelne Funde aus der Tunnelhöhle am Kugelstein, aus der Repolusthöhle (FUCHS & RINGER 1996) und aus der Großen Badlhöhle (MOTTL 1953).

Die grob rekonstruierbare Fundsituation der verschollenen älteren Artefaktfunde im 'Hangfußbereich' der schuttstromartigen Schichten in der Vorhöhle (MOTTL 1974) und die 'Dichte' der neuen Funde (drei Objekte auf ca. 0,1 m<sup>3</sup>) lassen auf eine intensivere Verlagerung der ersten schließen. Möglicherweise liegt der unmittelbare Lagerplatz, an welchem die weitere Zerlegung der an der Murtalenge erlegten Rentiere mit der Gewinnung des Knochenmarks erfolgt ist, nahe der Grabungstelle an Profil 2. Ein durch Hangschutt verborgener weiterer Höhleneingang nördlich des Haupteingangs der Lurgrotte erscheint aufgrund der inneren Topographie der Vorhöhle und der Schuttsedimente wahrscheinlich.

## Dank:

Die Untersuchungen wurden von der Marktgemeinde Peggau (Bürgermeister Werner Rois), der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung für Wissenschaft und Forschung (Hofrat Dr. Peter Piffi-Per\_evi\_) und der Fa. Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke G.m.b.H. (Diplomingenieur Hans-Jörg Glinz) gefördert. Ohne Förderung, Logistik und Infrastruktur der Fa. ARGIS und Dr. Gerald Fuchs wäre die Ausgrabung nicht möglich gewesen, ohne Einsatzbereitschaft der Grabungsmitarbeiter Thomas Einwögerer, Hermann Filipic, Herbert Kern, Margaret Mantl und Mag. Gerhard Reiner das Projekt nicht gelungen. Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf und Karl Hemmer (Landesmuseum Joanneum, Referat Geologie und Paläontologie) danke ich für ihre Unterstützung und Mag. Günter K. Kunst, IDEA / Institut für Paläontologie, und Ing. Dr. Kurt Bauer, Säugetiersammlung am Naturhistorischen Museum Wien, für wesentliche Diskussionsbeiträge.

Der Autor dankt der Quartärkommission der Akademie der Wissenschaften (Obmann Prof. Dr. G. Rabeder) für den finanziellen Beitrag zur Datierung.

## Literatur

- ABEL, O. & KYRLE, G. (Hrsg.) (1931): Die Drachenhöhle bei Mixnitz. - Speläol. Monographien, 7/8, Wien.
- BANFIELD, A. W. F. (1961): A revision of the reindeer and caribou, genus *Rangifer*. - Nat. Mus. Canada, Bull., 177, 1-137, Ottawa.
- BENISCHKE, R., SCHAFFLER, H. & WEISSENSTEINER, V. (Red.) (1994): Festschrift Lurgrotte 1894-1994. - 332 S., Graz (Landesverein für Höhlenkunde in der Steiermark).
- Binford, L. R. (1978): Nunamiut ethnoarchaeology. - Studies in Archaeology, 509 S., New York (Academic).
- BINFORD, L. R. (1981): Bones: ancient men and modern myths. - Studies in Archaeology, 320 S., San Diego (Academic Press).
- BURCH, E. S. jr. (1972): The caribou / wild reindeer as a human resource. - American antiquity, 37, 339-368.
- DÖPPES, D. & RABEDER, G. (Hrsg.) 1997: Pliozäne und pleistozäne Faunen Österreichs. - Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wissensch., 10, Wien.
- DÖPPES, D. & WITHALM, G. 1997: Übersichtskarten. - In: DÖPPES, D. & RABEDER, G. (Hrsg.), 388-401.
- EIDLITZ, K. (1969): Food and emergency food in the circumpolar area. - Studia ethnographica Upsaliensia, 32, 1-175.



- FLADERER, F. A. (1994): Die jungpleistozänen Tierreste aus der Lurgrotte, Peggau-Semriach, Mittelsteirischer Karst. - Festschrift Lurgrotte 1894-1994, 183-200, Graz (Landesverein für Höhlenkunde in der Steiermark).
- FLADERER, F. A. (1996): Die Tierreste von Alberndorf in Niederösterreich. Vorläufige Ergebnisse und Bemerkungen zur Subsistenz von Wildbeutern des Spätaurignacien. - In: SVOBODA, J. (ed.), Paleolithic in the Middle Danube Region. Anniversary volume to Bohuslav Klíma, Spisy archeologického ústavu AV ČR, 5, 247-272, Brno.
- FLADERER, F. A. (1997a): Drachenhöhle bei Mixnitz. - In: DÖPPES, D. & RABEDER, G. (Hrsg.), Pliozäne und pleistozäne Faunen Österreichs, Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wissensch., 10, 295-304.
- FLADERER F. A., (1997b): Lurgrotte. - In: DÖPPES, D. & RABEDER, G. (Hrsg.), Pliozäne und pleistozäne Faunen Österreichs, Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wissensch., 10, 316-320.
- FLADERER, F. A. (in Druck): Late Quaternary vertebrate taphocoenoses from cave deposits in southeastern Austria: responses in a periglacial setting. - In: HART M. B (ed.), Climates: Past & Present, Geol. Soc. London, Spec. Publ.
- FLADERER, F. A. & FRANK, C. (1997): Tropfsteinhöhle am Kugelstein. - In: DÖPPES, D. & RABEDER, G. (Hrsg.), Pliozäne und pleistozäne Faunen Österreichs, Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wissensch., 10, 342-348.
- FLADERER, F. A., FUCHS, G. & GRÄF, W. (1997): Höhlensedimente im Grazer Bergland. - Landesmuseum Joanneum, Jahresbericht 1996, Neue Folge, 26, 201-215, Graz.
- FLÜGEL, H. W. (ed.) (1975): Die Geologie des Grazer Berglandes (2. Aufl.). - Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum "Joanneum", Sonderheft, 1, 1-288, Graz.
- FUCHS, G. (1994): Archäologie der Lurgrotte. - In: BENISCHKE, R. et al., 1994, 85-101, Graz.
- FUCHS, G., FÜRNHOLZER, J., & FLADERER, F. (in Druck): Untersuchungen zur Fundschichtbildung in der Repolusthöhle, Steiermark. - Fundber. Österr, Wien.
- FUCHS, G. & RINGER, A. (1996): Das paläolithische Fundmaterial aus der Tunnelhöhle (Kat.Nr. 2784/2) im Grazer Bergland (Steiermark, Österreich). - Fundber. Öster. 34, 257-271, Wien.
- HEPTNER, V. G., NASIMOV, A. A. & BANNIKOV, A. G. (1966): Paarhufer und Unpaarhufer. - In: HEPTNER, V. G. & NAUMOV, N. P.(eds.). Säugetiere der Sowjetunion, Band I, Jena (Gustav Fischer).
- JEQUIER, J.-P. (1975): Le Moustérien Alpin. - Eburodonum II, Cahiers d'Arch. Romande, 2, 1-188, Yverdon.
- MAURIN, V. (1994): Geologie und Karstentwicklung des Raumes Deutschfeistritz-Peggau-Semriach.- In: BENISCHKE, R. et al. 1994: 103-137, Graz.
- MOTTL, M. (1953): Die Erforschung der Höhlen. - Mitt. Mus. Bergbau, Geol., Technik, Landesmus. „Joanneum“, 11, 14-58, Graz.

- MOTTL, M. (1974): Peggau. - Fundber. Österr., 7 (6-8), 5, Wien.
- MOTTL, M. (1975): Die pleistozänen Säugetierfaunen und Kulturen des Grazer Berglandes. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergbau Landesmus. Joanneum, Sonderheft, 1 (Die Geologie des Grazer Berglandes), 159-179, Graz.
- MURBAN, K. (1966): Jahresbericht für die Jahre 1962-1965. - Mitt. Landesmus. Joanneum, Abt. Bergb., Geol., Technik, 28, 71-99, Graz.
- SCHULER, A. (1994): Die Schussenquelle. Eine Freilandstation des Magdalénien in Oberschwaben. - Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg, 27, 1-203, 38 Taf., Stuttgart.
- SPIESS, A. E. (1979): Reindeer and caribou hunters. An archaeological study. - 312 S., London (Academic).
- STURDY, D. A. (1975): Some reindeer economies in Prehistoric Europe. - In: HIGGS, E. (Ed.), Palaeoeconomy, 55-95, Cambridge.
- VON DEN DRIESCH, A. (1976): Das Vermessen von Tierknochen aus vor- und frühgeschichtlichen Siedlungen. - 114 S., München (Universität).
- VAN HUSEN, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. - 24 S., Beilage (Karte: Die Ostalpen und ihr Vorland in der letzten Eiszeit [Würm]), Wien (Geologische Bundesanstalt).

Anschrift der Verfasser:



Dr. Florian A. FLADERER  
 Institut für Paläontologie, Geozentrum, Universität Wien,  
 Althanstraße 14, 1090 Wien  
 florian.fladerer@rs6000.univie.ac.at  
<http://www.univie.ac.at/palaeontologie/>



Dr. Gerald FUCHS  
 Fa. ARGIS Archäologie und Geodaten Service,  
 August-Musger-Gasse 21, 8010 Graz

Univ.-Doz. Dr. Christa FRANK  
 Institut für Paläontologie, Geozentrum, Universität Wien  
 Althanstraße 14, 1090 Wien  
 Mag. Thomas EINWÖGERER  
 Weinheberstraße 26, 3100 St. Pölten

# Die Kalkalge *Anthracoporella spectabilis* PIA aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Ein Vergleich mit rezenten dasycladalen Grünalgen

Erik FLÜGEL und Erentraud FLÜGEL-KAHLER

Mit 1 Abbildung und 3 Tafeln

## Zusammenfassung

*Anthracoporella spectabilis* PIA ist eine im Oberkarbon der Karnischen Alpen in gesteins- und riffbildender Häufigkeit auftretende dasycladale Kalkalge. Der Vergleich der in Parallelschnitten eines Anthracoporellenkalkes untersuchten morphologischen Merkmale mit den Merkmalen rezenter dasycladaler Algen erlaubt Aussagen über das Sedimentbildungspotential von *Anthracoporella*. Die Art ist im Gegensatz zu den meisten fossilen und rezenten Dasycladalen durch mehrfach gegabelte Thalli gekennzeichnet. Von der Axialzelle gehen sehr dünne, aspondyl angeordnete, dichtstehende, spitzwinkelig verzweigte acrophore Äste 1. und 2. Ordnung ab, deren distale Lumina durch eine dünne, als Cortex gedeutete Randschicht bedeckt sein können. Diese Randschicht scheint Gametangien (Zysten) zu schützen, die innerhalb der Äste liegen (cladophorer Typ). Die auf der Oberfläche der Äste erfolgte Verkalkung führte zu einer Stabilisierung der Gestalt der Pflanze. Nach Wuchsform, Verkalkungstyp und Siedlungsdichte läßt sich die untersuchte Alge sowohl als Sedimentfänger (baffler) als auch als Gerüstbildner (constructor) interpretieren.

## Summary

*Anthracoporella spectabilis* PIA is a common rock- and reef-building dasyclad alga in Upper Carboniferous limestones of the Carnic Alps. A comparison of morphological criteria of the alga with criteria developed by modern dasyclad algae gives some indications on the sediment-building potential of *Anthracoporella*. In contrast to most modern and ancient dasyclads, the axial cell of the thalli is characterized by repeated bifurcation. The axial cell bears densely spaced, thin acrophor branches, exhibiting simple 1st and 2nd order branching patterns. The distal lumina of

the branches show a transition into a thin calcareous layer interpreted as basal part of a cortex. The cortex might have acted as a temporal protection of gametangia (cysts) formed within the branches. *Anthracoporella*, therefore, would represent a cladophor reproduction type rather than an endospor type as supposed until now. Calcification of various intensity took place on the surface of the branches and on the surface of the axial cell. Baffling as well as frame-building abilities can be inferred from growth form, calcification type and skeletal packing density.

## Einleitung

1920 beschrieb PIA aus dem Jungpaläozoikum der Karnischen Alpen und der Südkarawanken mit der neuen Gattung *Anthracoporella* und mit der Art *A. mirabilis* „das höchstentwickelte Endglied eines in seiner Gesamtheit sehr primitiven, auf das Paläozoikum beschränkten Dasycladaceenstammes...“ PIA verglich die durch große, gegabelte Thalli mit zahlreichen, aspondyl angeordneten feinen Ästen ausgezeichnete Alge mit den silurischen Gattungen *Vermiporella* STOLLEY und *Dasyporella* STOLLEY und reihte sie - wie auch spätere Autoren (KAMPTNER 1958, BASSOULLET et al. 1975, 1979, DELOFFRE 1988) - gemeinsam mit diesen Gattungen in die Gruppe Dasyporellae ein. Diese Gruppe ist ein Tribus der durch eine aspondyle Anordnung der Äste gekennzeichneten Dasycladalen-Familie Seletonellaceae (KORDE 1950) BASSOULLET et al. 1975. DELOFFRE (1988) unterschied innerhalb der Dasyporellae zwei Subtribi (Dasyporellinae und Macroporellinae). Zu den Dasyporellinae werden derzeit die Gattungen *Anthracoporella* PIA 1920, *Dasyporella* STOLLEY 1893, *Mellporella* RACZ 1965, *Rhabdoporella* STOLLEY 1893 und *Vermiporella* STOLLEY 1893 gerechnet.

Die bei unserem Material angedeutete Existenz eines Cortex wirft Probleme bei der Einordnung der Gattung in die Dasyporellinae auf.

Die ursprüngliche Gattungsdefinition von *Anthracoporella* wurde durch BEBOUT & COOGAN (1964) hinsichtlich zweier morphologischer Merkmale modifiziert: PIA (1920:16) weist darauf hin, „daß die Außenfläche der Schale von einem besonderen, dünnen Kalkhäutchen bedeckt ist, das die Poren abschließt und sich vom übrigen Skelett deutlich abhebt.“ Er vermutete, daß es sich um eine „verkalkte Cuticula“ ähnlich wie bei der rezenten *Bornetella nitida* handeln könnte. Die amerikanischen Autoren betrachten diese Struktur als biogene Inkrustation. Ein weiterer Unterschied besteht in der Interpretation der dichotomen Gabelung der Äste. Während PIA eine zweimalige Gabelung der Äste im Bereich der verkalkten „Wand“-Zone annimmt, sprechen BEBOUT & COOGAN lediglich von „simple bifurcating rays“.

Bisher wurden der Gattung *Anthracoporella* 14 Arten zugeordnet, von welchen die aus dem Devon bzw. Unterkarbon beschriebenen Arten (*A. atypica* SALTOVSKAYA 1984, *A. delicata* SALTOVSKAYA 1984, *A. laevis* SHUYSKY 1973, *A. setosa* SHUYSKY 1973; *A. fragilissima* MASLOV 1939, *A. kasachiensis* MASLOV 1939) aus der Gattung auszuschließen sind. Aus dem Oberkarbon (Moskau- bis Gzhel-Stufe) und aus dem unteren Perm (Assel bis Artinsk) stammen neben *A. spectabilis* PIA die Arten *A. girtyi* MAMET & ROUX 1987, *A. magnipora* ENDO 1951, *A. menchikoffi* CHANTON 1965, *A. uralensis* CHUVASHOV 1974, *A. vicina* HERAK & KOCHANSKY-DEVIDÉ 1960 und *A. yowarensis* NAKAMURA 1994. *A. mercurii* ELLIOTT 1968 wurde aus dem Oberperm beschrieben. Zur Trennung der Arten werden Unterschiede im D/d-Verhältnis und in der Poren-Häufigkeit und -Größe herangezogen. In Anbetracht der hohen Variabilität der Meßwerte von *A. spectabilis* (siehe HOMANN 1972, VACHARD 1980 und unsere Meßwerte) ist eine Artentrennung allein nach quantitativen Daten unbefriedigend.

Die oberkarbone Gattung *Mellporella* RACZ 1965 mit den Arten *M. beudermannii* RACZ und *M. anthracoporellaformis* Racz unterscheidet sich von *Anthracoporella* lediglich durch das Fehlen der Thallusgabelung.

PIA (1920, 1928, 1937) erkannte die gesteinsbildende Bedeutung von *Anthracoporella* in den oberkarbonischen und unterpermischen Kalken der Südalpen. Untersuchungen über Fragen der Riffbildung, Zyklengliederung und Sequenzstratigraphie haben in den letzten Jahren zu neuen und teilweise kontroversen Vorstellungen über die Art der Sedimentbildung durch Anthracoporellen geführt (FLÜGEL 1977, 1987, KRAINER 1992, 1995, SAMANKASSOU 1997, 1998). Im Prinzip geht es hierbei um das Problem, in welcher Weise Anthracoporellen die Sedimentation von Kalkschlamm und damit die Bildung von Schlammhügelstrukturen (mounds) beeinflussen: Aufbau biogener Gerüste (?), Fangen von Sediment durch Herabsetzung der Wasserenergie (?), passive Akkumulation von Algenfragmenten (?) und welche Umweltfaktoren ein ausgedehntes Algenwachstum ermöglichten.

Bei der Diskussion dieser Fragen werden meist Fazies-Merkmale, pal-ökologische Beobachtungen und die Übertragung rezenter Umweltdaten auf das fossile Beispiel herangezogen. Unsere Arbeit geht von einem anderen Ansatz aus und versucht, die morphologischen Merkmale von *Anthracoporella spectabilis* durch den Vergleich mit Merkmalen und dem Lebenszyklus moderner dasycladaler Kalkalgen zu deuten. Dies ermöglicht eine Diskussion der möglichen Lebensweise von *Anthracoporella* und der Bedeutung als Sedimentbildner.

## Untersuchungsmaterial

Das Pia'sche Originalmaterial stammt aus den Karnischen Alpen (Westseite der Schulter, Krone, Belitzengraben bei Tröpolach) und aus der Teufelsschlucht bei Tršic in den Karawanken. Die Art tritt in gesteinsbildender Häufigkeit sowohl in den Schichten der oberen Auernig-Gruppe (Gzhel) als auch in den Schichten der unteren Rattendorfer Gruppe (Untere Pseudoschwagerinen-Kalke; Gzhel) auf. In den unterpermischen Schichten ist die Art selten (PIA 1937, FLÜGEL 1966, HOMANN 1972, FLÜGEL & FLÜGEL-KAHLER 1980).

Grundlage für unsere Beobachtungen ist eine 15 x 12 x 8 cm messende Probe aus den tieferen Schichten der Auernig-Gruppe des Rudnigsattels westlich vom Naßfeldpaß. Das Material ist ausgezeichnet erhalten und die Algen wittern an der Oberfläche fast plastisch heraus. Im Schliff sichtbare Stylolithisierung verläuft stets um die Algen herum. Sie dürfte die Folge einer Harnischbildung mit Entwicklung einer sehr grobspätigen Kalzitlage sein. Eine schwache Pyritisierung tritt nahe dieser Kalzitlage auf. Von dieser Probe wurden im Abstand von 1 cm drei Großschliffe (12 x 9 cm) hergestellt.

## Vergleich von *Anthracoporella* und rezenten dasycladalen Grünalgen

Mit der Monographie von BERGER & KAEVER (1992) liegt eine ausgezeichnete Basis für einen Vergleich von rezenten und fossilen dasycladalen Grünalgen vor. Durch den Vergleich sollten folgende, für die Diskussion der Bedeutung der Alge als Sediment- und Riffbildner wichtigen Fragen beantwortet werden: Was bedeuten die auffallende Thallus-Größe, die Gabelung des Thallus, das zugunsten des Innenraumes verschobene Verhältnis „Innenraum/Wand“? Lassen sich morphologische Unterschiede als Unterschiede von fertilen und sterilen Stadien deuten? Wo lagen die Reproduktionsorgane? Wie läßt sich der Cortex deuten? Wie erfolgte die Verkalkung? Nachfolgend werden die Merkmale rezenter dasycladaler Grünalgen mit den Merkmalen von *Anthracoporella* verglichen.

Thallus-Aufbau: Das Grundelement rezenter dasycladaler Grünalgen bildet die Axialzelle (Hauptachse, Axialstamm, Stammzelle, Zentralzylinder), von welcher Äste abzweigen. Diese ist nicht unbedingt kongruent mit dem bei fossilen Algen als „Stammzelle“ oder „central cavity“ bezeichneten zentralen, mit Sediment oder mit Karbonatzement ausgefüllten Bereich, sofern die Begrenzung der Axialzelle nur schwach verkalkt ist. Die Axialzelle entsteht

durch Wachstum der im Sediment/ Gestein verankerten Rhizome, die nicht verkalken und daher fossil nicht erhaltungsfähig sind.

Wuchsformen und Thallus-Gestalt (PIA 1920, PIA 1928, BERGER & KAEVER 1992): Der überwiegende Teil der Dasycladales besitzt nicht gegabelte Thalli. Eine dichotome Gabelung der Axialzelle tritt bei wenigen rezenten Arten (*Cymopolia barbata* PALLAS 1766 und *Dasycladus ramosus* CHAMBERLAIN 1958) und einigen fossilen Gattungen auf (*Anthracoporella*, *Vermiporella*, *Rhabdoporella*). Nicht gegabelte und gegabelte Thalli weisen charakteristische Wuchstypen auf, die durch Gestalt und Segmentierung des Pflanzenkörpers unterschieden sind. Thallus-Gabelungen erfolgen bei rezenten dasycladalen Algen und auch bei anderen Kalkalgen (z.B. Udoteaceen, articulate Corallinaceen) innerhalb einer Ebene oder in verschiedenen Ebenen.

Generell führt die Gabelung zu einer Vergrößerung der Oberfläche. Rezent sind unverzweigte Arten bekannt, bei denen als Abnormität eine Gabelung der Axialzelle vorkommt (*Batophora occidentalis*, *Acetabularia mediterranea*). In beiden Fällen führt die Gabelung zur Entstehung von zwei gleichwertigen Ästen. PIA (1920) nimmt an, daß sich die dichotome Gabelung des Thallus bei verschiedenen Gattungen unabhängig voneinander entwickelt hat, zuerst bei der silurischen *Vermiporella*, dann bei der jungpaläozoischen *Anthracoporella* und später bei der tertiären *Cymopolia*.

In der untersuchten Probe sind die in Lebendstellung erhaltenen Thalli hervorragend ausgewittert. Nach unseren Beobachtungen haben sich die Thalli während des Vertikalwachstums bis zu viermal dichotom gegabelt (Taf. 2, Fig. 1, Abb.1). Es ist anzunehmen, daß die unterste, zuerst sichtbare Gabelung bereits nach einem gewissen Höhenwachstum erfolgte, daß also die Gesamtlänge der Alge noch weit größer sein müßte als im Handstück beobachtbar. Die Abstände zwischen den Gabelungsstellen werden mit zunehmendem Wachstum geringer: Auf einer Gesamtlänge von 75 mm sind an einem Exemplar vier Gabelungen festzustellen. Der Abstand zwischen der ersten beobachtbaren Gabelung und der zweiten Gabelung beträgt 27 mm, der zwischen zweiter und dritter Gabelung 13 bzw. 10 mm und der Abstand zur den vierten Gabelungsstellen 8, 10 und 14 mm. An den Gabelungsstellen sind keine Einschnürungen oder Verdickungen zu sehen (Taf. 1, Fig. 1). Der Durchmesser des Thallus weist unter und über der Gabelungsstelle keine signifikanten Unterschiede auf.

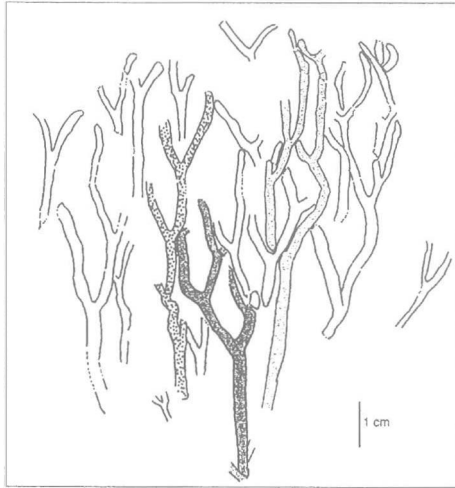


Abb. 1: *Anthracoporella spectabilis* PIA. Oberkarbon des Rudniksattels, Karnische Alpen. Verkleinerte Zeichnung nach einer gescannten Ansicht des untersuchten Handstücks. Drei der deutlichsten Algenthalli sind durch verschiedene Signaturen gekennzeichnet.

Die Gestalt rezenter Dasycladalthalli entspricht zylindrischen Röhren, Kugeln, einfachen und gestielten Keulen, gestielten Scheiben und Strukturen aus übereinandergesetzten Elementen.

*Anthracoporella* hat einen röhrenförmigen zylindrischen Thallus. Eine Segmentierung fehlt.

Dimensionen: Die Länge der reifen Axialzelle erreicht bei rezenten dasycladalen Algen in Abhängigkeit von Umweltbedingungen mehrere Zentimeter und liegt bei den meisten fossilen Dasycladales bei < 1 und etwa 2 cm. Länge und Breite des Thallus sowie die Dimensionen der vom Thallus abzweigenden Äste werden bei fossilen Algen als artspezifische Merkmale betrachtet. Sie sind jedoch von Umweltbedingungen (Durchlichtung, Wassertiefe u.a.) beeinflusst.

Die Länge des Thallus erreicht im untersuchten Material 7,5 cm. Die Reichweite des Gesamtdurchmessers (D) schwankt zwischen 1.000 und 4.500  $\mu\text{m}$ . Häufige Werte liegen zwischen 1.500 und 2.500  $\mu\text{m}$  und entsprechen damit den von PIA (1920) angegebenen Daten. Der Innendurchmesser (d) liegt zwischen 250 und 1.600  $\mu\text{m}$ . Das Verhältnis  $d/D$  schwankt zwischen 18% und 60%, bedingt durch die unterschiedlich starke Verkalkung der Randzone (Taf. 1, Fig. 2). In der von uns untersuchten Probe überwiegen Thalli mit einer breiten



verkalkten Randzone (Wand) im Gegensatz zu den sonst häufig zu beobachtenden Thalli mit einem auffallend großen zentralen Lumen und einer dünnen Wand (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 2, Vergleichsmaterial vom Fundpunkt Krone).

Äste (Poren): Nach einem Höhenwachstum von einigen Millimetern bilden sich bei rezenten Dasycladalen über periphere Protuberanzen an der Spitze der Axialzelle die ersten - zunächst in Wachstumsrichtung und später unter verschiedenen Winkeln - angeordneten Äste (engl. laterals). Diese Äste sind regellos (aspondyl wie bei *Anthracoporella* und vielen paläozoischen dasycladalen Algen) oder in Wirteln (euspondyl, metaspondyl) angeordnet. Die Äste setzen an der Axialzelle an (Äste 1. Ordnung nach PIA bzw. „segments“) und gehen durch einfache Verzweigung in Äste zweiter und höherer Ordnung über. Bei rezenten dasycladalen Algen sind bis zu 7 Ordnungen bekannt. Äste höherer Ordnung können degenerieren und abfallen. Die Äste rezenter und fossiler dasycladaler Algen zeigen mehrere Grundtypen: Phloiophor (gegen die Peripherie zu verbreiterte Äste), vesikular, schirmförmig, acrophor, trichophor und piriform.

Diese Äste haben verschiedene Aufgaben. Sie sind Assimilationsorgane, dienen der Beschaffung von Nährstoffen und sie werden während der fertilen Stadien der Algenentwicklung als Sitz oder zum Schutz der Reproduktionsorgane benützt. Die von PIA und anderen Autoren als für die Taxonomie sehr wichtig erachtete Gestalt der Äste kann in verschiedenen Verzweigungsstadien verschieden sein.

Die Äste von *Anthracoporella* sind stabförmig ausgebildet. Ihr Durchmesser bleibt über ihre gesamte Länge konstant (acrophor). Eine phloiophore Ausbildung der Äste ist in unserem Material nicht festzustellen. Die Äste stehen dicht und sind senkrecht zur Axialzelle angeordnet. Selten ist eine spitzwinkelige Verzweigung der Äste zu beobachten (Taf. 2, Fig. 2 und 4), sodaß Äste 2. und vermutlich auch 3. Ordnung entstehen. Dadurch ergibt sich im Tangentialschliff das charakteristische, bereits von PIA betonte Muster aus dichtstehenden, runden Poren. Diese Verzweigung der Äste erfolgt in verschiedenem Abstand zur Axialzelle. Der Innendurchmesser der Äste liegt zwischen 40  $\mu\text{m}$  und 80  $\mu\text{m}$ , meist bei 60  $\mu\text{m}$ .

Cortex: An der äußeren Peripherie des Thallus liegende Äste können sich distal durch eine Berührung der Verdickungsstellen phloiophorer Äste zu einem, vom übrigen Thallus deutlich abgesetzten „Cortex“ entwickeln wie er bei den rezenten Gattungen *Bornetella* und *Cymopolia* und auch bei einigen Vertretern der fossilen Dasycladales (Seletonellaceae) ausgebildet ist. Der Cortex tritt im fertilen Stadium auf. Er fungiert als Schutz für die darunter liegenden Reproduktionsorgane. Im Laufe der ontogenetischen Entwicklung

wird der Cortex abgeworfen und kann daher fossil isoliert neben den Algen-Thalli auftreten.

Quer- und Längsschnitte von *Anthracoporella* zeigen häufig eine deutlich definierte äußere Randschicht (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 2, Fig. 2-4; Taf. 3, Fig. 1). Diese 20-30  $\mu\text{m}$  dicke Randschicht entsteht aus dem Fortbau der die Äste trennenden Kalkhülle (Taf. 2, Fig. 3-4). Stellenweise erscheint die Schicht infolge einer zu geringen Verkalkung der distalen Enden der Äste als abgesetzte Hülle, die scheinbar nicht mehr im Kontakt mit dem Thallus steht (Taf. 2, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 1). Diese Randschicht tritt sowohl bei dickwandigen als auch bei dünnwandigen Exemplaren (Taf. 1, Fig. 2) von *Anthracoporella* auf. Unsere Beobachtungen unterstützen die von PIA (1920:16) gegebene Deutung, wonach „wenigstens ein Teil dieser Häutchen als verkalkte Cuticula aufzufassen ist“. Hierfür spricht, daß die Kalkhüllen der Äste kontinuierlich in die Randschicht übergehen (Taf. 2, Fig. 3-4). Eine Deutung als biogene Inkrustation (BEBOUT & COOGAN 1964) ist daher nicht möglich. Inkrustierende Organismen (Tubiphyten) finden sich jedoch aufgewachsen sowohl auf der Randschicht (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 2, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 1) als auch in Thallusbereichen ohne Randschicht (Taf. 1, Fig. 3). Bei einem Vergleich mit der rezenten *Bornetella nitida* könnte die Randschicht der noch erhaltenen Basis des Cortex entsprechen (vgl. BERGER & KAEVER 1992, Fig. 3.25).

Reproduktion: Die Entwicklung der Dasycladales ist durch einen Wechsel von vegetativen und fertilen Stadien charakterisiert. Im vegetativen Stadium erfolgt das Wachstum der Axialzelle und die erste Entwicklung der Äste. Im fertilen Stadium entwickeln sich die, die Gametangien tragenden Gametophoren. In den Gametangien erfolgt die Produktion der Gameten, deren Verschmelzung zur Zygotenbildung und damit zur sexuellen Fortpflanzung führt. Die Gametangien (Zysten) können innerhalb der Axialzelle (endospor), innerhalb der Äste (cladospor), in an die Primäräste lateral oder terminal angehefteten Gametophoren (choristospor) oder in strahlenförmig angeordneten Gametophoren (umbrellospor) liegen.

In unserem Material treten sowohl im Sediment, das den zentralen Innenhohlraum des Thallus erfüllt, als auch in dem die Algen umgebenden Sediment kalzitgefüllte Querschnitte von Kügelchen unterschiedlicher Größe auf. Größere Querschnitte zeigen eine etwa 10  $\mu\text{m}$  dicke Wand. Der Durchmesser der Kugeln schwankt zwischen 20  $\mu\text{m}$  und 120  $\mu\text{m}$ . Kleinere Kugeln finden sich auch innerhalb der Äste (Taf. 2, Fig. 2 und 4; Taf. 3, Fig. 1). Diese Position und das Auftreten eines Cortex machen es wahrscheinlich, daß es sich bei den Kügelchen um Gametangien (Zysten) handelt. Nach PIA (1920:15) erfolgte die Sporenbildung bei *Anthracoporella* „höchstwahrscheinlich

in der Stammzelle“. Auffallend breite Axialzellen bei fossilen Dasycladales könnten einen Hinweis auf die Lokation der Gametophoren im Inneren der Pflanze sein (BERGER & KAEVER 1992). Unsere Beobachtungen sprechen dafür, daß *Anthracoporella* zu den cladosporen und nicht zu den endosporen Dasycladales zu stellen ist. Möglicherweise entsprechen die Cortex-tragenden Thalli den fertilen Stadien und die Cortex-freien Thalli den sterilen Stadien der Algenentwicklung.

## Verkalkung, Stabilität und Zerstörbarkeit des Thallus

Die meisten rezenten verkalkten Dasycladalen produzieren feinkörnigen Aragonit als Inkrustation um den Thallus. Die Abscheidung beginnt zwischen den Zweigen und auf dem Stamm. Beim Zerfall der Pflanze bleibt eine aragonitische Röhre mit radialen Poren übrig. Die Verkalkung rezenter dasycladaler Grünalgen erfolgt überwiegend extrazellulär in der Schleimschicht zwischen Ästen und Gametangien (BOROWICZKA et al. 1974, FLAJS 1977, PENTECOST 1991), jedoch sind bei *Acetabularia* und *Bornetella* auch intrazelluläre Karbonatabscheidungen bekannt. Aragonit ist zurück bis in die Trias als Baustoff nachgewiesen. Bei *Cymopolia* erfolgt die Verkalkung in drei Phasen, die sich durch Gestalt und Anordnung der Aragonitkristalle unterscheiden (FLAJS 1977). *Acetabularia* zeigt unterschiedliche Ultrastrukturen (MARSZALEK 1975). Eine primäre Existenz von Kalzit wurde für einige paläozoische dasycladale Algen diskutiert (WOOD 1943, BASSOULLET et al. 1977, WRIGHT 1981). Die hierbei angesprochenen Formen und die von einigen Autoren zu oder in die Nähe der Dasycladales gestellten paläozoischen Gruppen der Beresellaceae und Receptaculitales werden in der meisten neueren systematischen Gliederungen als eigenständige Algengruppen betrachtet.

Intensität und Lokation der Verkalkung rezenter dasycladaler Algen sind unterschiedlich. Das Spektrum reicht vom völligen Fehlen einer Verkalkung (*Chlorocladus*) über eine selektive Verkalkung von einzelnen Abschnitten (Oberfläche der Axialzelle, Teile oder Gesamtheit der Äste, Gametangien oder darin befindliche Zysten; *Dasycladus*, *Batophora*, *Acicularia*, *Halicoryne*) bis zur vollständigen Verkalkung aller Einzelelemente (*Cymopolia*, *Neomeris*, *Acetabularia*). Die Verkalkung kann in einzelnen Abschnitten (Segmenten) der Äste von unterschiedlicher Intensität sein. Dies führt dazu, daß die von einer schmalen Axialzelle abgehenden gering verkalkten Primäräste unter Umständen nicht fossil überliefert sind. In diesem Fall entspricht das Lumen des fossil überlieferten Thallus nicht der Axialzelle.

Bei *Anthracoporella* erfolgt die Verkalkung auf der Oberfläche der sehr dünnen und engstehenden Äste. Hierbei besitzen nebeneinanderliegende Äste eine gemeinsame, diagenetisch bedingte Wand. Die Dicke dieser Wand zwischen zwei Ästen schwankt im Längsschnitt zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 15  $\mu\text{m}$ . In Tangentialschnitten bilden die Querschnitte der Äste ein Maschenwerk aus engstehenden kreisförmigen Poren, von denen jede eine ringförmige Karbonathülle besitzt. Die verbleibenden Zwischenräume sind mit Karbonatzement gefüllt. Die Äste selbst können mit dunklem mikritischem Sediment oder auch mit hellem Kalzit gefüllt (Taf. 2, Fig. 3-4).

Die Verkalkung der Äste kann verschieden weit in Richtung auf die Axialzelle hin reichen (Taf. 1, Fig. 2), so daß „dünnwandige“ und „dickwandige“ Thalli entstehen. In seltenen Fällen reicht die Verkalkung bis zur Axialzelle. In diesen Fällen zeigt die Axialzelle eine dünne Verkalkung auf ihrer Oberfläche (Taf. 2, Fig. 4).

## Sedimentbildungspotential der Alge

Kalkalgen tragen zur Sedimentbildung durch Zerfall in Fragmente und feinste Bestandteile (LOWENSTAM & EPSTEIN 1967, GINSBURG 1972, GINSBURG et al. 1972, BRAGA et al. 1996), durch Sedimentfangen und durch die Bildung von biogenen Gerüsten bei.

Rezente verkalkte dasycladale Algen zerfallen im allgemeinen in Abhängigkeit von der Gestalt und Gliederung des Thallus sowie vom Grad der Verkalkung in Fragmente (*Neomeris annulata*, *Cymopolia barbata*). Im Vergleich mit Udoteaceen sind die ultrastrukturellen Elemente der Dasycladales stärker miteinander verwachsen (BERGER & KAEVER 1992). Trotzdem wurde beobachtet, daß neben dem häufigen Zerfall von Udoteaceen (insbesondere von *Halimeda*; COLLINVEAU-HILLIS 1980) auch der Zerfall von dasycladalen Grünalgen mit zur Bildung von Karbonatschlamm beitragen kann (STIEGLITZ 1972, MARSZALEK 1975).

*Anthracoporella* ist in gesteinsbildender Häufigkeit aus dem Jungpaläozoikum der Südalpen und aus dem Kasimov von Nordspanien bekannt (RODRIGUEZ & MORENI-EIRIS 1986/1987). Lokale gesteinsbildende Vorkommen wurden aus dem obersten Karbon des Velebit, Kroatien (KOCHANSKY-DEVIDÉ 1970) und aus dem Oberperm von Afghanistan beschrieben (VACHARD 1980). Hierbei treten sowohl Anhäufungen von Thalli-Bruchstücken auf als auch dichtstehende in Lebendstellung erhaltene Thalli. Letztere finden sich in Riffen (reef

mounds, KRAINER 1995, SAMANKASSOU 1997), ersterer in verschiedenen Faziestypen von Schelfkarbonaten.

In der untersuchten Probe zeigen die Lebendstellung befindlichen Thalli ein ungestörtes Wachstum bis zur einer Höhe von mindestens 10 cm, wobei es in verschiedener Höhe zu Gabelungen der Axialzelle kommt. Bedingt durch die gleichmäßig dicke Verkalkung der Thallusrandzone war die Alge sowohl im Bereich der Axialzelle als auch an den Gabelungsbereichen stabil. Die Thalli zeigen keine Hinweise auf Verformungen oder auf Kompaktion.

Für die Diskussion der Frage, ob *Anthracoporella spectabilis* als „Baffler“ oder als „Constructor“ (Gerüstbildner) anzusehen ist (FAGERSTROM 1987, 1991) sind die Wuchsform, der Grad der Verkalkung, die Häufigkeit der in Lebendstellung befindlichen Thalli und der Abstand zwischen den Thalli von Bedeutung. Die zylindrischgegabelte Wuchsform tritt sowohl bei Sedimentfängern als auch bei Gerüstbildnern auf. Der hohe Verkalkungsgrad und die damit verbundene geringe Flexibilität der Thalli ist für sessile Organismen, die aus dem Wasserstrom feinkörniges Sediment abseigern, eher abträglich.

Die auffallende Siedlungsdichte und der sehr geringe Abstand zwischen den Thalli (5-7 mm) kann bei „Bafflern“ und bei Gerüstbildnern gegeben sein.

Im Vergleich mit den aus dem Oberjura beschriebenen, durch Dasycladaceen gebildeten biogenen Gerüsten (BODEUR 1995) fehlen bei *Anthracoporella* Hinweise auf die Existenz einer gegenseitigen lateralen Stützung der Thalli. Der bei *Anthracoporella* beobachtbare Aufwuchs (*Tubiphytes* u.a.) ist in unserer Probe auf einzelne Thallusabschnitte beschränkt und hat keine Verbindungsfunktion. Der Bau eines widerstands- und erhaltungsfähigen biogenen Gerüsts ist daher sowohl durch die stabilisierende Funktion der Verkalkung der Alge als auch rasche Lithifizierung des Sedimentes zwischen den Thalli, möglicherweise unter Mitwirkung von Mikroben, möglich. Damit verlagert sich die Interpretation auf die Diskussion der autochthonen oder allochthonen Genese des feinkörnigen Sedimentes um und in den *Anthracoporella*-Thalli und bleibt daher spekulativ.

Das untersuchte Handstück zeigt zwischen den dichtstehenden Algenthalli ein mergeliges Sediment mit fein- bis mittelkörnigem kalkigem Detritus. Vereinzelt sind darin sehr feinkörnige Quarzkörnchen enthalten. An begleitenden Fossilien wurden beobachtet: Ein sehr kleiner Gastropode, Reste einer grobrippigen Muschel, punktate Brachiopoden, Echinodermen, glattschalige und ?bestachelte Ostracoden (vgl.

FOHRER 1997), ?Serpuliden, 2 Arten von Bryozoen (eine davon inkrustierend), Fusuliniden, sessile Kleinforminiferen (*Tetraxis*, *Tuberitina*), *Tubiphytes* und die Alge *Archaeolithophyllum*. Styolithische Säume verlaufen parallel zur Wachstumsrichtung der Algen. Pyrit ist fleckenweise im Sediment, selten in Ästen und im Axialbereich von *Anthracoporella* zu beobachten. Sehr feine Kalzitadern durchsetzen das Handstück schräg zur Wachstumsrichtung der Algen, ausgehend vom grobspätigen Kalzit der Harnischfläche. Diese Kalzitadern verursachen aber keinen bzw. nur einen minimalen postsedimentären Versatz der Algenthalli. Die Mikrofazies und die Fossilführung des feinkörnigen Sedimentes sprechen für einen Import von Sediment in den Lebensbereich der Algen.

## Lebensweise

Rezente dasycladale Grünalgen zeigen eine nur geringe Toleranz gegenüber Salinitätsschwankungen. Ihre bevorzugte Siedlungsareale sind die inneren infralitoralen Zonen sowie offene Lagunenbereiche der Tropen bis Subtropen, wobei die 20° C Isocryme eine limitierende Grenze ist. Die Intensität der Verkalkung im Bereich des Mucus hängt von der Wassertemperatur und von der Durchlichtung ab, ist jedoch nicht direkt mit der Photosyntheseleistung der Alge in Zusammenhang zu bringen. Rezente Arten wurden bis in Wassertiefen von 50 m beobachtet.

Man nimmt an, daß auch *Anthracoporella* unter sehr ähnlichen Lebensbedingungen ein optimales Wachstum erreichen konnte. Hierbei ist zu diskutieren, ob das Massenvorkommen der Algen relativ flache Schelfbereiche kennzeichnet (wie dies bei einem Vergleich mit rezenten Vorkommen im Golf von Florida denkbar wäre, WOELKERLING 1976) oder ob die *Anthracoporella*-Wiesen in relativ tiefen, unterhalb der Wellen- bzw. Sturmwellenbasis liegenden Bereichen lagen, wie dies die Bearbeiter der *Anthracoporella*-Mounds in den Karnischen Alpen aufgrund der Dominanz von Feinschlamm-sedimenten vermuten. Die bisher bekannten Vorkommen von *Anthracoporella spectabilis* (Südalpen, Slowenien, Kroatien, Nordungarn, Baskische Pyrenäen, N-Palencia und Asturien/Spanien, Chios, Nördlicher und Südlicher Ural, Zentral- und Südanatolien Honshu/Japan) haben - bezogen auf die neue Paläokarte für den Zeitabschnitt des Gzhel (vgl. KIESSLING et al. 1996) - eine Verbreitung zwischen etwa 32° nördlicher und 35° südlicher Paläobreite. Hierbei fällt auf, daß gesteinsbildende Massenvorkommen der Algen (Karnische Alpen, Velebit, Nordspanien) nahe am Paläoäquator liegen. In diesen Bereichen ist eine

von Strömungsmustern und Nährstoffzufuhr abhängige erhöhte Bio-  
produktion zu erwarten.

## Dank

Wir widmen diese Arbeit unserem Studienkollegen Walter Gräf, mit dem wir uns durch eine jahrelange Freundschaft verbunden fühlen. Da der Erstautor gemeinsam mit W. Gräf seine ersten Geländearbeiten nach dem Studienabschluß in den Karnischen Alpen durchgeführt hat, erschien es uns sinnvoll, Walter mit der Detailuntersuchung einer Probe aus dieser herrlichen Landschaft ein Erinnerungsstück an die gemeinsame Zeit in Graz und in den Karnischen Alpen zu überreichen.

Univ. Doz. Dr. Karl Krainer (Innsbruck) danken wir für Diskussionen und die Bereitstellung von Fotos. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte die Arbeit im Rahmen des Projektes FI 42/72.

## Literatur

- BASSOULLET, J.P., BERNIER, P., DELOFFRE, R., GENOT, P., JAFFREZO, M., POIGNANT, A.-F. & SEGONZAC, G. (1975): Reflexions sur la systématique des Dasycladales fossiles. Étude critique de la terminologie et importance relative de critères de classification. – *Geobios*, 8, 259-290, Lyon.
- BASSOULLET, J.P., BERNIER, P., DELOFFRE, R., GENOT, P., JAFFREZO, M. & VACHARD, D. (1979): Essai de classification des Dasycladales en tribus. – *Bull. Centre Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 3, 429-442, Pau.
- BEBOUT, D.G. & COOGAN, A.H. (1964): Algal genus *Anthracoporella* Pia. – *J. Paleont.*, 38, 1093-1096, Taf. 169, 1 Tab., Tulsa.
- BERGER, S. & KAEVER, M.J. (1992): Dasycladales. An illustrated monograph of a fascinating algal order. – 247 S., 565 Abb., 23 Tab., Stuttgart (Thieme).
- BIGNOT, G. & GENOT, P. (1998): *Dameryella tuberosa* nov.g., nov. sp., microfossile incertae sedis, débris hypothétiques d'algues dasycladales du Lutétien de Damery (Marne, France). – *Rev. Micropaléont.*, 41, 19-27, 1 Taf., 3 Abb., Paris.
- BODEUR, Y. (1995): Reefal buildups by dasycladacean algae in the Tithonian of Languedoc (France). – *Publ. Serv. Géol. Luxembourg*, 29, Proc. 2nd European Regional Meeting ISRS, 67-72, 1 Taf., 4 Abb., Luxembourg.

- BOROWITZKA, M.A., LARKUM, A.W.D. & NOCKOLDS, C.E. (1974): A scanning microscope study of the structure and organization of the calcium deposits of algae. – *Phycologia*, 13, 195-203.
- BRAGA, J.C., MARTIN, J.M. & RIDING, R. (1996): Internal structure of segment reefs: *Halimeda* algal mounds in the Mediterranean Miocene. – *Geology*, 24, 35-38, Boulder.
- CHAMBERLAIN, Y.M. (1958): *Dasycladus ramosus* - a new species of *Dasycladus* from Inhaca Island and Penisula, Portuguese East Africa. – *J. South Africa Botan.*, 24, 119-121, London.
- DELOFFRE, R. (1988): Nouvelle taxonomie des Algues dasycladales. – *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 12, 165-217, Pau.
- EMBERGER, J. (1976): Les algues (Chlorophyceae, Prasinophyceae, Rhodophyceae) du Carbonifère et du Permien. Essai d'un inventaire bibliographique, géographique, stratigraphique. – *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, Num. Spec., 167 S., Talence.
- FAGERSTROM, J.A. (1987): The evolution of reef communities. - 600 S., New York (Wiley).
- FAGERSTROM, J.A. (1991): Reef-building guilds and a checklist for determining guild membership. – *Coral Reefs*, 10, 47-52, Berlin.
- FLAJS, G. (1977): Skeletal structure of some calcifying algae. – In: FLÜGEL, E.: *Fossil Algae*, 225-231, 2 Taf., Berlin (Springer).
- FLAJS, G. (1977): Die Ultrastrukturen des Kalkalgenskelettes. – *Palaeontographica*, B, 160, 69-128, Stuttgart.
- FLÜGEL, E. (1966): Algen aus dem Perm der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, Sonderheft 25, 1-76, 11 Taf., Klagenfurt.
- FLÜGEL, E. (1977): Environmental models for Upper Paleozoic benthic algal communities. – In: FLÜGEL, E. (ed.): *Fossil algae: Recent results and developments*, 314-343, Berlin (Springer-Verlag).
- FLÜGEL, E. (1987): Reef Mound-Entstehung: Algen-Mounds im Unterperm der Karnischen Alpen. – *Facies*, 17, 73-90, Taf. 7-9, 4 Abb., Erlangen.
- FLÜGEL, E. & FLÜGEL-KAHLER, E. (1980): Algen aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, Sonderheft, 36, 113-182, Klagenfurt.
- FOHRER, B. (1997): *Carnizzia auricula* n.g., n.sp. aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Eine außergewöhnliche Ostracode mit einer außergewöhnlichen Lebensweise. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, 47, 367-380, Taf. 31-33, 1 Abb., Erlangen.
- HILLIS-COLLINVAUX, L. (1980): Ecology and taxonomy of *Halimeda*: Primary producer of coral reefs. – *Advances Marine Biol.*, 12, 1-327, 104 Abb., London (Acad. Press).
- HOMANN, W. (1972): Unter- und tief-mittelpermische Kalkalgen aus den Rattendorfer Schichten, dem Trogkofel-Kalk und dem Treßdorfer Kalk der Karnischen Alpen (Österreich). – *Senckenbergiana lethaea*, 53, 135-313, 10 Tad., 10 Abb., 60 Tab., Frankfurt.



- KAMPTNER, E. (1958): Über das System und die Stammesgeschichte der Dasycladaceen (Siphoneae verticillatae). – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 62, 95-122, 1 Abb., Wien.
- KIESSLING, W., FLÜGEL, E. & GOLONKA, J. (1996): Phanerozoic reef patterns: Data survey, distribution maps and interpretation. - Göttinger Arb. Geol. Palaeont., Sonderband 2, 391-396, 2 Abb., Göttingen.
- KOCHANSKY-DEVIDE, V. (1970): Die Kalkalgen im Karbon im Velebit-Gebirge. -Palaeontologica Jugoslavica, 10, 1-32, Beograd.
- KORDE, K.B. (1950): On the morphology of Dasycladaceae of the northern Ural. - Doklady Akad. Nauk SSSR, 73, 569-571, Moskva.
- KRAINER, K. (1992): Fazies, Sedimentationsprozesse und Paläogeographie im Karbon der Ost- und Südalpen. – Jb. Geol. B.-A., 135, 99-193, Wien.
- KRAINER, K. (1995): *Anthracoporella* mounds in the Late Carboniferous Auernig Group, Carnic Alps (Austria). – Facies, 32, 195-214, Taf. 38-41, 7 Abb., Erlangen.
- KULIK, E. L. (1978): Izvestkovye zelenye (sifonovye) vodorosli asselskogo i sakmarskogo yarusov biogermnogo massiva Shakhtau (Bashkiriya). – Voprosy Mikropaleont., 21, 182-215, 8 Taf., Moskva (Akad. Nauk SSSR).
- LOWENSTAM, H. A. & EPSTEIN, S. (1957): On the origin of sedimentary aragonite needles of the Great Bahama Bank. – J. Geol., 65, 364-375, 6 Figs., Chicago.
- MAMET, B. (1991): Carboniferous calcareous algae. – In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous algae and stromatolites, 370-451, 3 Taf., 3 Abb., Heidelberg (Springer Verlag).
- MAMET, B. L., ROUX, A. & NASSICHUK, W. W. (1987): Algues Carbonifères et Permiennes de l'Arctique Canadien. – Geol. Surv. Canada Bull., 342, 1-143, 30 Taf., Ottawa.
- MARSZALEK, D.S. (1975): Calcisphere ultrastructure and skeletal aragonite from the alga *Acetabularia antillana*. – J. Sed. Petrol., 45, 266-271, 3 Abb., Tulsa.
- NAKAMURA, M. (1994): Algal remains from the Akiyoshi Limestone Group. – Bull. Akiyoshi-dai Mus. Natural History, 29, 1-45, 26 Taf., Shuho-cho, Yamaguchi.
- NAKAMURA, M. & CHISAKA, T. (1984): Fossil algae from the Takagami Conglomerate, Choshi-shi, Chiba Prefecture. – Bull. National Sci. Mus., Ser. C (Geol. Paleont.), 10/3, 87-121, 11 Taf., Tokyo.
- PENTECOST, A. (1991): Calcification processes in algae and cyanobacteria. - In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous algae and stromatolites, 3-20, 4 Abb., Heidelberg (Springer-Verlag).
- PIA, J. (1920): Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. – Abh. zool.-botan. Ges. Wien, 9/2, 1-259, 8 Taf., 27 Abb., Wien.
- PIA, J. (1928): Die Anpassungsformen der Kalkalgen. – Palaeobiologica, 1, 211-224, Taf. 15-22, 8 Abb., Wien.

- PIA, J. (1937): Die wichtigsten Kalkalgen des Jungpaläozoikums und ihre geologische Bedeutung. – C. R. études strat. Carbonifère, Heerlen 1935, 765-856, Taf. 85-97, Amsterdam.
- PONCET, J. & LEMOSQUET, Y. (1984): Les algues calcaires du Carbonifère moyen du Bassin de Bechar (Sahara algérien). – Rev. Micropaleont., 29, 187-197, 3 Taf., Paris.
- RODRIGUEZ, S. & MORENO-EIRIS, E. (1986/1987): Microbiofacies de algas y corales del Kasimoviense del norte de los Picos de Europa, N de España. – Acta Geol. Hispanica, 21-22, 521-527, 1 Taf., 1 Abb., Madrid.
- SALTOVSKAYA, V. D. (1984): Nekotorye izvestkovye vodorosli paleozoya Tadzhikistana. Novye vidy iskopaemoi flory i fauny Tadzhikistana. – 141-160, Dushanbe (Donish).
- SAMANKASSOU, E. (1997): Palaeontological response to sea-level change: Distribution of fauna and flora in cyclothems from the Lower Pseudoschwagerina Limestones (Latest Carboniferous, Carnic Alps, Austria). – Geobios, 30, 785-796, 8 Abb., Villeurbanne.
- SAMANKASSOU, E. (1998): Skeletal framework mounds of dasycladalean alga *Anthracoportella*, Upper Paleozoic, Carnic Alps, Austria. – Palaios, 13, 297-300, 6 Abb., Lawrence.
- SHUISKY, V. P. (1973): Izvestkovye rifoobrazuyushchie vodorosli nizhnego devona Urala. – Akad. Nauk SSSR, Uralskii nauchny tseñtr, 155 S., 34 Taf., Moskva (Nauka).
- STIEGLITZ, R. D. (1972): Scanning electron microscopy of the fine fraction of recent carbonate sediments from Bimini, Bahamas. – J. Sed. Petrol., 42, 211-226, 4 Abb., Tulsa.
- VACHARD, D. (1980): Tethys et Gondwana au Paléozoïque supérieur les données Afghanes. Biostratigraphie, micropaléontologie, paléogéographie. – Inst. Geol. Albert de Lapparent, Documents et Travaux, 2, 463 S., 35 Taf., 75 Abb., Paris.
- WOELKERLING, W. J. (1976): South Florida benthic marine algae. – Sedimenta V, 148 S., 332 Abb., Miami (Comparative Sedimentology Laboratory).
- WOOD, A. (1943): The algal nature of the genus *Koninckopora* Lee: 1st occurrence in Canada and Western Europe. – Quart. J. Geol. Soc. London, 98, 205-222, Taf. 8-10, London.
- WRIGHT, V.P. (1981): Ultrastructure and early diagenesis of a Viséan alga *Koninckopora*. – Palaeontology, 24, 185-194, 5 Abb., London.

Anschrift der Verfasser:



Univ. Prof. Dr. Erik FLÜGEL



Dr. Erentraud FLÜGEL-KAHLER

Institut für Paläontologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Loewenichstraße  
28, D-91054 Erlangen. E-mail [efluegel@pal.pal.uni-erlangen.de](mailto:efluegel@pal.pal.uni-erlangen.de)

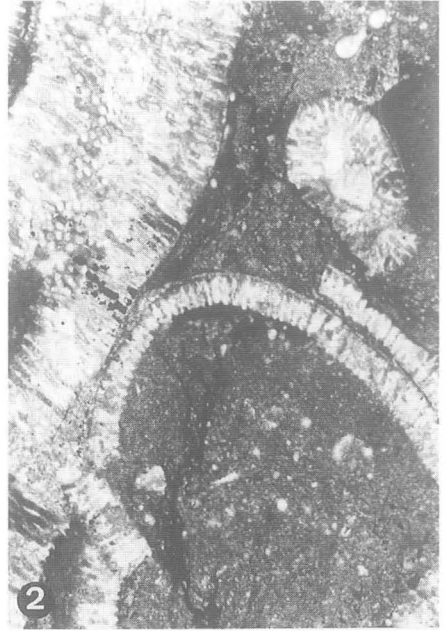
1	2
3	

## Tafel 1

Fig. 1: Dünnschliff von *Anthracoporella spectabilis* mit starker Verkalkung im Bereich der Äste. Deutlich sichtbar ist der nicht gegliederte oder eingeschnürte Bereich der Gabelung. Die weißen Pfeile weisen auf Krusten und Bruchstücke von Bryozoen. x 8

Fig. 2: In diesem Schliffbild ist der unterschiedliche Grad der Verkalkung besonders deutlich im Vergleich zu sehen. Links schräger Längsschnitt, im oberen Teil tangential verlaufend, rechts oben ein kleiner Querschnitt mit radialstrahligen Poren. Unten rechts: Teil eines großen etwas zerbrochenen Querschnitts einer dünnwandigen Alge, die auch den umhüllenden Cortex zeigt. Alle Pflanzen zeigen Bewuchs mit *Tubiphytes*. Im oberen rechten Eck ist eine sessile Foraminifere (*Tuberitina* sp.) zu erkennen. x 16

Fig. 3: Dicht mit *Tubiphytes* (T) bewachsener Querschnitt von *Anthracoporella*. Im Axialraum zahlreiche, lose im Sediment eingebettete, verschieden große Gametangien (Zysten). Auch in den Ästen sind kleine runde Querschnitte von Zysten erkennbar. Im rechten unteren Eck des Bildes ein Schnitt mit schwach verkalktem Cortex, der von *Tubiphytes* besiedelt wird. x 24



1	2
3	4

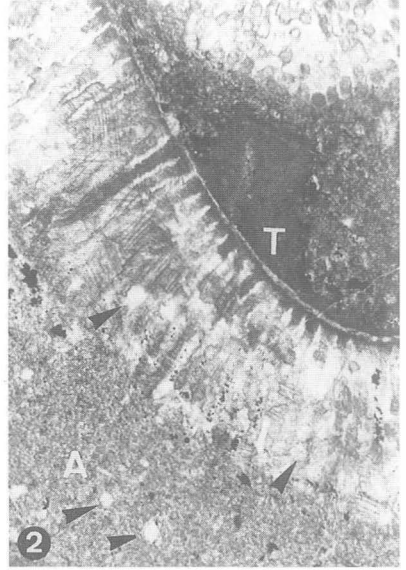
## Tafel 2

Fig. 1: Teilausschnitt der angewitterten Oberseite des untersuchten Handstücks. Zu sehen ist die 2. Gabelungsstelle (etwas durch eine Kalzitader abgesetzt), sowie die dritte und vierte Gabelung - schwarze Pfeile) eines Exemplars. x 1.5

Fig. 2: Schnitt an einer Gabelungsstelle. Der Axialraum (A) ist mit Sediment gefüllt, das wenige Gametangien enthält, aber auch in den Ästen befinden noch Gametangien. Die Verkalkung der Äste nimmt gegen außen so stark ab, daß die Äste den einhüllenden Cortex nicht mehr erreichen. Dieser wird von *Tubiphytes* (T) besiedelt. Die schwach entwickelte Bildung von Zwillingslamellen im Bereich der verkalkten Äste zeigt eine beginnende Sammelkristallisation an. x 32

Fig. 3: Die verschiedenfarbige Füllung der Äste verdeutlicht die zwischen den Ästen liegende Kalklage, die nahtlos in den Cortex übergeht (weißer Pfeil). Das unterschiedlich dick erhaltene Wandfragment umschließt einen Axialraum (A), der Pyritkristalle enthält. Auch zwei der Äste führen Pyrit. x 64

Fig. 4: Längsschnitt mit auffallend engem Axialraum (A), der durch eine schwach sichtbare Begrenzung wohl seine ursprüngliche Größe erkennen läßt (schwarzer Doppelpfeil). Deutlich ist der Übergang der Kalkschicht zwischen den Ästen in den Cortex (weiße Pfeile) erkennbar. Schwarze Pfeile weisen auf Gametangien in den Zweigen. Beachte Gabelungen der Äste. x 64



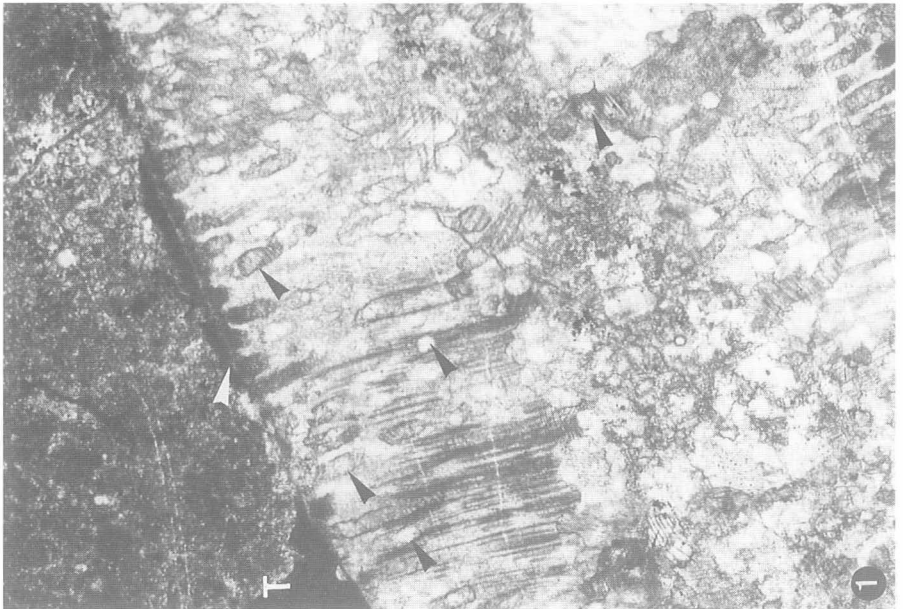
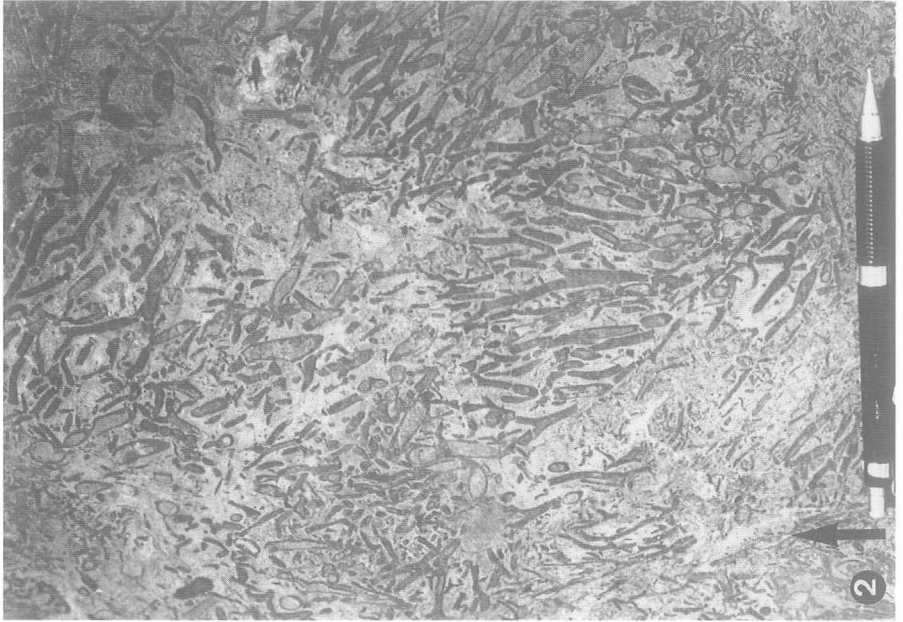


### Tafel 3

Fig. 1: Schräger Schnitt. Am linken Bildrand unterhalb des aufwachsenden *Tubiphytes* ist noch der Übergang der kalkigen Asthüllen in den Cortex erkennbar. Der weiße Pfeil zeigt auf den Teil des Cortex, der nicht mehr mit den Asthüllen verbunden ist; eine schwache distale Vergrößerung der Astquerschnitte läßt sich erahnen. Schwarze Pfeile weisen auf unterschiedlich gut erhaltene rundliche Gametangien in den Zweigen hin. x 50

Fig. 2: Aufschlußbild mit Bruchstücken *Anthracoporella spectabilis*, die meist nur ein bis zwei Gabelungen zeigen. Auffallend ist die, im Vergleich zu der von uns beschriebenen Probe häufige nur geringe Verkalkung der Äste (erkennbar an aufgebrochenen Exemplaren). Material aus der Auernig Formation des Gipfelbereiches der Krone, östlich des Naßfeldpasses. Foto Univ.-Doz. Dr. K. Krainer, Innsbruck.







# Der Braunkohlebergbau von Paldau (Südoststeiermark)

Martin GROSS

Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle

## Zusammenfassung

Im Gebiet südlich von Paldau wurden schon im vorigen Jahrhundert heute wirtschaftlich bedeutungslose Braunkohleflöze abgebaut. Geschichte und geologische Position dieser unterpannonen Kohlevorkommen werden beschrieben.

## Abstract

In the area south of Paldau since the former century today economic insignificant lignit seams were mined. History and geological position of these Lower Pannonian coal deposits are described.

## 1. Einleitung

Die Geschichte des Kohlebergbaues von Paldau („Feldbacher Revier“, UNTERSWEIG 1989) läßt sich bis ins vorige Jahrhundert zurückverfolgen. Der Abbau konzentrierte sich auf zwei, je vier Doppelgrubenmaße umfassende Grubenfelder (vgl. BESITZSTANDBUCH DER BERGHAUPTMANNSCHAFT GRAZ; ein Grubenmaß = 48.000 m<sup>2</sup>; Abb. 1):

- „Carolinen-Grube“ - „Emma-Grube“
- „Hanna-Stollen“

Daneben werden in der Literatur noch einige zum Teil „unbefugt beschürfte“ Kohlevorkommen erwähnt. Weitere Ausbisse sind aus dem Liegenden der „Monscheinkiesgrube“ und der Baugrube eines Biomasseheizwerkes in Paldau bekannt (Abb. 1). Die folgende Darstellung beschränkt sich auf diese im Zuge einer geologischen Neuaufnahme (GROSS 1997) lithostratigraphisch zuordenbaren Kohlebildungen südlich von Paldau.

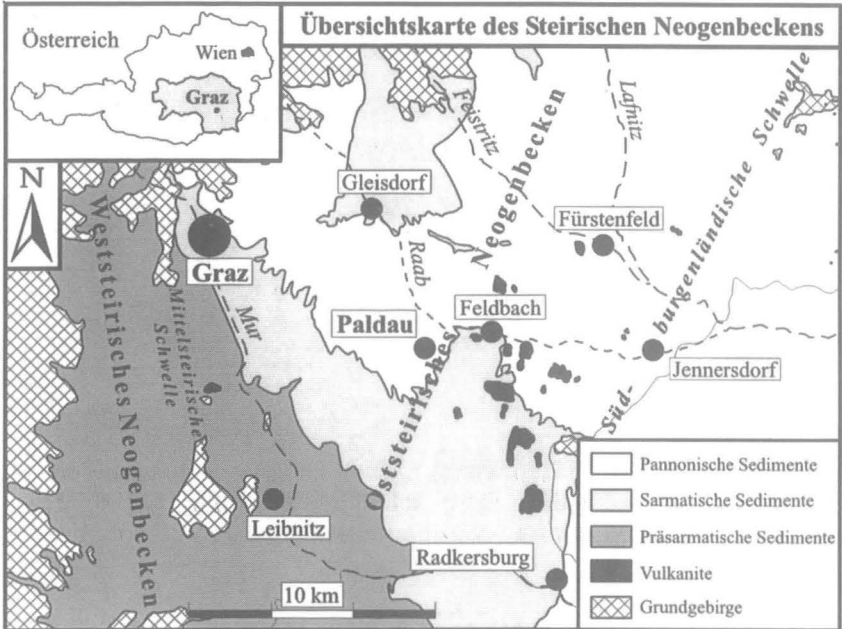


Abb. 1: Lage der Kohlevorkommen im Gebiet südlich von Paldau (BEV, 1:50.000, ÖK 191 Blatt Kirchbach).

## 2. „Carolinen-Grube“ - „Emma-Grube“

Der schlechte Zustand der Fördereinrichtungen (z.B. Verpfählung der Ulme, Bewitterung), die Geringmächtigkeit des Kohlevorkommens und ständige Verstöße gegen die Bergordnung (Fehlen von Kapselzangen, Verbandszeug, Befahrungsbüchern; Nichtbezahlung der Krankenkassenbeiträge) veranlaßten die Berghauptmannschaft Graz bereits im selben Jahr zu folgender Einschätzung (Befahrungsbericht vom 19.5.1903):

„[Die] Irrationelle Betriebsweise der Grube wurde nicht beanstandet, weil ein baldiges Erliegen des hoffnungslosen Betriebes in keiner Beziehung bedauernswert erscheint.“

Ab 1904 förderte nur noch ein Arbeiter (Julius Zrounek) Kohle, die er im Ort Paldau verkaufte. Fünf Jahre später erfolgte die Löschung des Grubenfeldes durch Heimsagung.

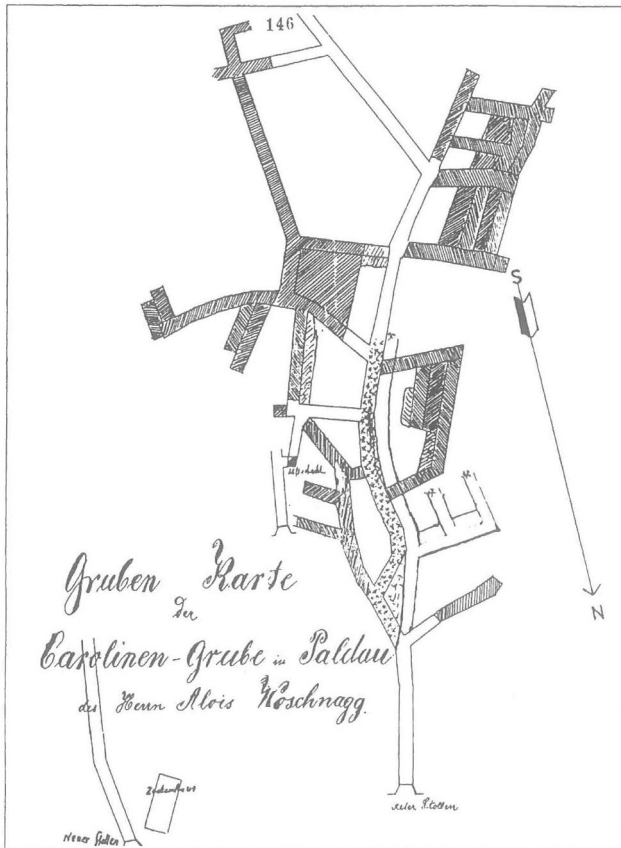


Abb. 2: „Carolinen-Grube“ (aus HUTTER 1989; M. 1:900).

Im Februar 1919 begann die Heeresverwaltung mit dem Bau eines neuen Stollens östlich des alten Wetterschachtes (Abb. 2). Bis April 1919 konnten 80 t Kohle gefördert, aufgrund der schlechten Straßenverhältnisse jedoch nur 30 t abtransportiert werden (vgl. STINY 1918).

1920 betrieb der Leiter des Steueramtes in Feldbach, Hugo Schreithofer, mit vier Arbeitern den Kohlebergbau (6-8 t Kohle/Monat) und erhielt 1921 mit Luis Nadler die Schürfrechte für die Grubenfelder „Emma“ und „Hanna“ (vgl. 3; Entitätenbezeichnung: „Kohlenbergbau Paldau“) verliehen (Abb. 3, 4).

Unzureichende Bewetterung schränkte ab 1922 den Vortrieb in der „Emma-Grube“ (Waldparzelle 7/2, KG Paldau) ein. Im Jahre 1925 wurde der Abbau an beiden Schurfen eingestellt. Diese waren bereits 1929 verbrochen und nicht mehr zugänglich.

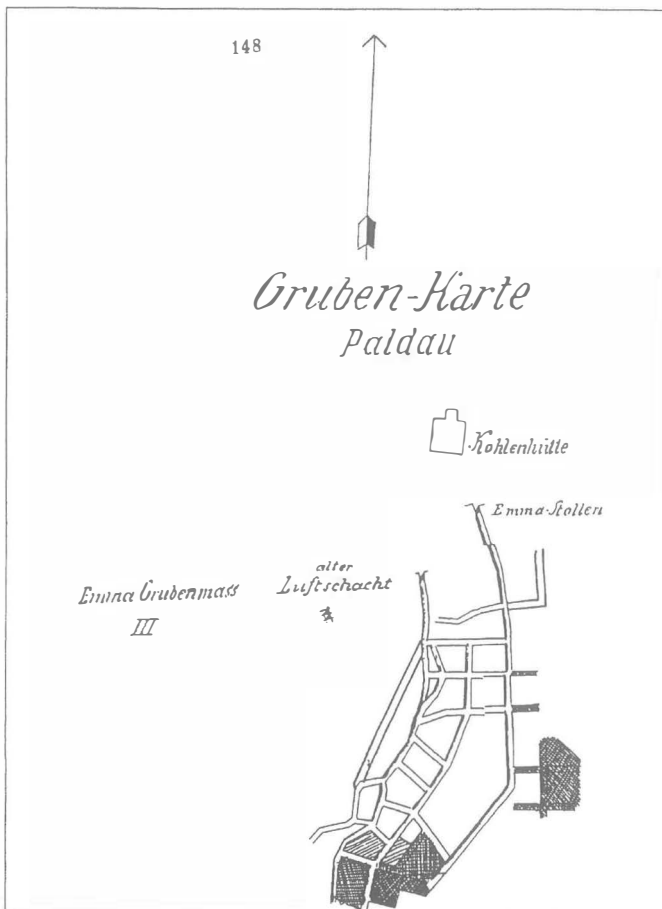


Abb. 3: „Emma-Grube“ (aus HUTTER 1989; M. ca. 1:1.500).

### 3. „Hanna-Stollen“

Unweit des 1922 angelegten Schurfes (Grubenfeld „Hanna“; Waldparzelle 319, KG Paldau; Abb. 4) wurde 1937 vom damaligen Alleineigentümer, dem Schuldirektor Luis Nadler, mit dem Bau eines neuen Stollens in Richtung Süden begonnen (nicht dargestellt). Allerdings „fiel das bis zu 0,6 m mächtige Flöz plötzlich in die Tiefe und im Hangenden trat Schotter auf“ (Befahrungsbericht vom 14.1.1937). Nach 20 m mußte der Vortrieb eingestellt werden. Daraufhin wurde ein zweiter, ausgezimmerter Stollen ungefähr 30 m östlich in südwestlicher Richtung angelegt. Dieser wurde durch eine Verbindung zum 1922 angelegten Schurf bewettert (Abb. 4).

Die Flözmächtigkeit betrug durchschnittlich 0,3-0,4 m. Durch die „Großstückigkeit der Kohle (bis zu 0,7 m dicke Mugel), die leichte Gewinnbarkeit des tauben Materials (Sand) und die Festigkeit des hangenden Schotters“ konnte das geringe Kohlenvermögen teilweise wettgemacht werden (Befahrungsbericht vom 25.11.1937; Abb. 4). Anlässlich eines Besuches des „Hanna-Stollens“ regte Winkler-Hermaden die Verwertung des „in Nebenarbeit gewinnbaren Schotters und Sandes“ an (Befahrungsbericht vom 7.12.1938).

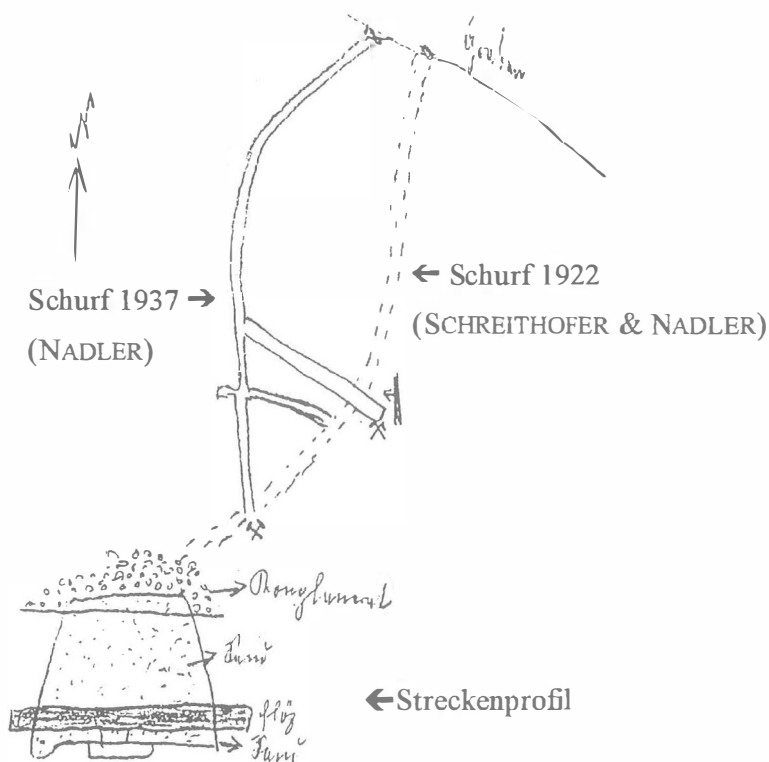


Abb. 4: „Hanna-Stollen“ (aus Befahrungsbericht 25.11.1937; M. ca. 1:1.000).

Die bis nach Feldbach und Fehring verkaufte Kohle transportierte man auf hölzernen Hunten über eine 300 m lange Feldbahn zur Kohlenhütte und von hier über einen Privatweg zur Gemeindestraße.

Am 26. Februar 1938 wurde auch im „Hanna-Stollen“ der Braunkohlebergbau bei einem Vortrieb von 120 m aus finanziellen Gründen eingestellt. Die bergbücherliche Löschung der Grubenfelder „Emma“ und „Hanna“ erfolgte am 20.11.1947 infolge Heimsagung.

#### **4. Zeitweise „unbefugt beschürfte“ Kohlevorkommen, die Kohle im Liegenden der „Monscheinkiesgrube“ und des „Biomasseheizwerkes Paldau“**

Aus den Befahrungsberichten der Berghauptmannschaft Graz und nach STINY (1918) sind drei weitere Lignitvorkommen bekannt, deren Lokalisierung nur beschränkt möglich ist (Abb. 1) und zu denen keine weiteren Informationen bekannt sind.

Befahrungsbericht vom 5.3.1937:

*„Da südlich des Höhenrückens, unter dem die beiden Stollen [Hanna-Stollen] vordringen, an der von Paldau nach Perlsdorf führenden Straße die Kohle ausbeißt [...], wird mit Berechtigung auf ein Anhalten des Flözes in dieser Richtung gerechnet.“*

STINY (1918: 194) verzeichnet:

*„Östlich von Paldau und südlich des „z“ der Bezeichnung Saatzerbach der Spezialkarte stößt man im Walde in einer Quellnische unterhalb des Gehöftes „Grein“ auf folgendes aufgeschlossene Profil:*

*Seehöhe (m)*

*341,50-341,00 rostbraune Sande und Schotter*

*341,00-340,60 ockergelber Lehm*

*340,60-340,30 ockerbrauner Lehm, zum Teil in Mergel übergehend*

*340,30-340,10 Lignit, 20 bis 25 cm mächtig*

*340,10- gelber Tegel*

*Das Absinken beträgt rund 1,5% in nordöstlicher Richtung. Das gleiche Flöz wurde auch im sogenannten Fuchsgraben (falsche Bezeichnung „Pöllau“ der Spezialkarte) in der Nähe des „Sonnleitner“ erschürft.“*

Nach mündlicher Mitteilung von Josef Monschein tritt unmittelbar im Liegenden seiner Kiesgrube (= „Monscheinkiesgrube“, vgl. GROSS 1998b) ein mehrere Zentimeter mächtiges Lignitflöz auf (Abb. 1). Dieses ist zur Zeit nicht aufgeschlossen.



Im Zuge der Bauarbeiten zur Errichtung eines Biomasseheizwerkes in Paldau konnten Stubbenbildungen beobachtet werden (vgl. Abb. 1, 5). Die Untersuchung der phytogenen Reste (oxidierte Blattabdrücke, inkohlte Holzreste) steht noch aus.

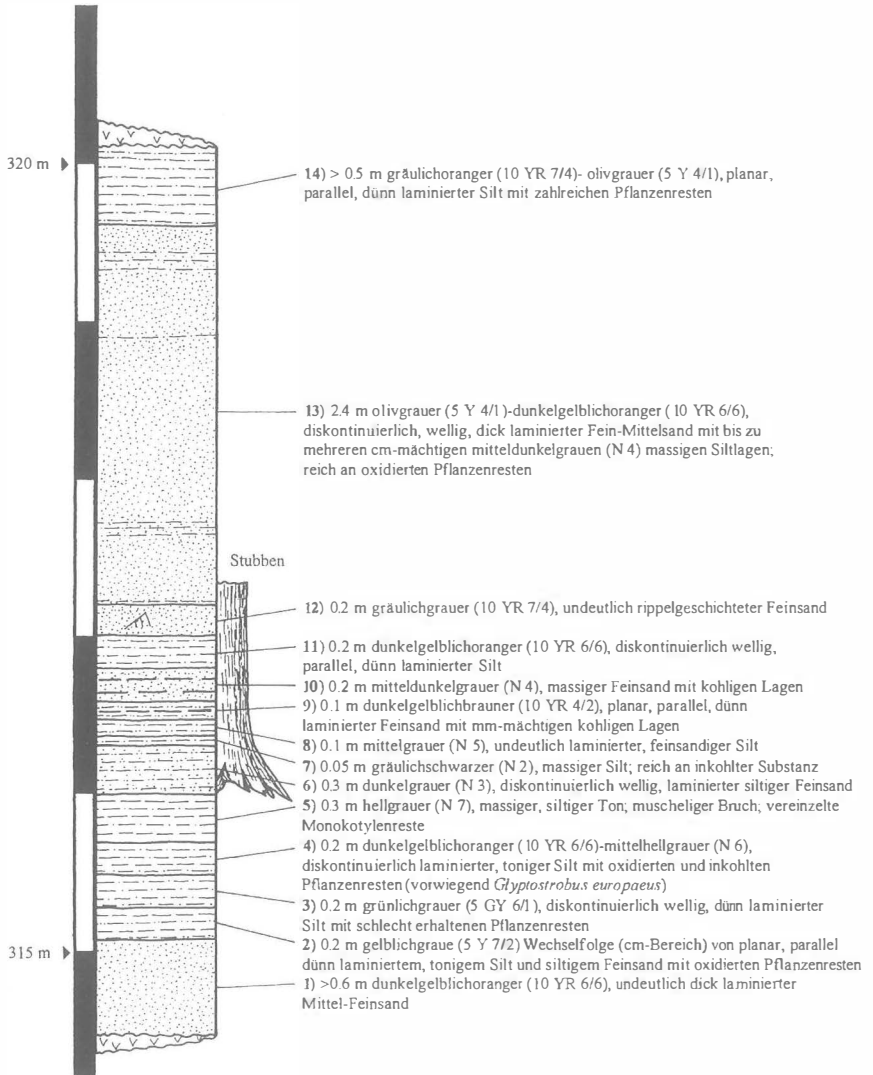


Abb. 5: Profil der Baugrube des „Biomasseheizwerkes Paldau“.

## 5. Kohlenqualität und Abbauwürdigkeit

Über die Qualität der „Paldauer Kohlen“ (Tab. 1) liegen nur die Angaben von STINY (1918:194) vor. Demnach betrug der Heizwert für die Lignite der „Fadenbacher Flöze“ (= „Carolinen-Grube“) 3.000-3.800 Wärmeinheiten (= 12.600-15.900 kJ/kg nach WEBER & WEISS 1983) und soll an „Güte die Ilzer Kohle übertroffen haben“ (vgl. dagegen NEBERT 1983: Heizwert der Ilzer Kohle ca. 18.900 kJ/kg). EBNER & SACHSENHOFER (1991) liefern Daten zum Inkohlungsgrad in diesem Gebiet (vgl. Probenpunkte Pal 1, Pal 01, Pal 02).

Aufgrund der geringen Mächtigkeit und schlechten Qualität ist diesen Kohlebildungen zur Zeit und wohl auch in Zukunft keine wirtschaftliche Bedeutung zuzugestehen (vgl. STINY 1918, WEBER & WEISS 1983, UNTERSWEIG 1989).

Jahr	Fördermenge	Betriebsfläche
1920	271 t	-
1921	268 t	72,70 ha
1922	122 t	72,10 ha
1936	-	72,18 ha
1937	69 t	72,18 ha

Tab. 1: Fördermenge und Betriebsflächen des „Paldauer Kohlebergbaues“ (nach GEUTEBRÜCK 1980)

## 6. Geologische Position der Kohlenvorkommen

Während GRANIGG (1910) die „Kohlen von Paldau“ („Carolinen- bzw. Emma-Grube“) ins Pont stellt, vermutet STINY (1918) obersarmatisches Alter (vgl. PETRASCHKEK 1922/1924). Letztgenannter Autor korreliert diese Lignite mit denen nahe der Gehöfte „Grein“ und „Sonnleitner“.

WINKLER-HERMADEN & RITTLER (1949:70) stufen den „Lignithorizont bei Paldau“ („Hanna-Stollen“) in ein „*höheres Niveau innerhalb der Schichtfolge des Congeria ornithopsis-Horizontes*“ ein (Pannonium „Zone B“; vgl. EBNER 1997). Sie ordnen ihn einem bis in die Region von Weiz reichenden Lignithorizont zu, der aus zahlreichen Einzelbänken bestehen soll.

Geologische Neuaufnahmen dieses Gebietes ergeben für den „Hanna-Stollen“, für die „Lignite an der Straße von Paldau nach Perlsdorf“ und vermutlich für die Vorkommen beim „Grein“ und „Sonnleitner“ eine Position im Liegenden des „Kapfensteiner Schotters“. Auch der Stubbenhorizont des „Biomasseheizwerkes Paldau“ und die Kohle im Liegenden der „Monscheinkiesgrube“ befinden sich in diesem Niveau. GROSS (1997)

interpretiert diese Lignite als Bildungen in einer regressiven Phase, die von limnisch-deltaischem Milieu zu vorwiegend fluviatilem Environment im Grenzbereich Pannonium „Zone B-C“ überleitet.

Die Flöze der „Carolinen- bzw. Emma-Grube“ liegen dagegen in einem höheren Niveau und könnten dem „Lignithorizont von Ilz“ entsprechen (Pannonium „Zone C“; vgl. WINKLER-HERMADEN & RITTLER 1949, KOLLMANN 1965, NEBERT 1988, GROSS 1997). Mit den Aulandschaften kiesreicher bis kies-sandreicher Mäanderflüsse (GROSS 1998 b; Rinnenfüllungen = „Kapfensteiner Schotter“, WINKLER 1927) sind limnische (-?deltaische) Sedimentationsräume verzahnt. In den Übergangsbereichen ermöglicht hoher Grundwasserspiegel die Ablagerung dieser Braunkohleflöze. Inwieweit die folgende Ingression der weitgehend ausgesüßten zentralen Paratethys (vgl. GROSS 1997, 1998 a) die Kohlebildung beeinflusst, ist unklar.

## Dank

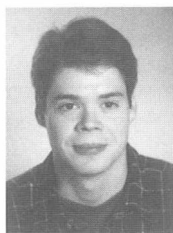
Für historische Unterlagen und Hinweise danke ich Herrn Franz Hutter (Paldau), Herrn Josef Monschein (Paldau) und der Berghauptmannschaft Graz. Die Durchsicht des Manuskriptes übernahmen freundlicherweise Herr Dr. Alois Fenninger (Graz) und Herr Dr. Bernhard Hubmann (Graz).

## 7. Literatur

- BEFAHRUNGSBÜCHER DER BERGHAUPTMANNSCHAFT GRAZ: Braunkohlenbergbau Paldau, 19, 1902-1948, Graz.
- BESITZSTANDBUCH DER BERGHAUPTMANNSCHAFT GRAZ: Braunkohlen Bergbau in Paldau. - Tom. II, Fol. 277, Graz.
- BESITZSTANDBUCH DER BERGHAUPTMANNSCHAFT GRAZ: Kohlenbergbau Paldau. - Tom. III, Fol. 15, Graz.
- EBNER, F. (1997): Braunkohlenbezirk Feldbach (O-Sarmat/U-Pannon). - In: WEISS, L. (Hrsg.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. - Arch. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 19, 256-257, Wien.
- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, 49, 96 S., Graz.
- GEUTEBRÜCK, E. (1980): Übersicht über die kohleführenden und kohlehöffigen Tertiärgebiete der Steiermark. - Unveröff. Ber., Forsch.projekt 2975, Bundesministerium für Wiss. Forsch., 245 S., Leoben.
- GRANIGG, B. (1910): Die Steirischen Kohlevorkommen am Ostfuß der Alpen. - Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen, 58, 1-53, Wien.

- GROSS, M. (1997): Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Obermiozän der Südoststeiermark (Paldau-Perlsdorf). - Diplomarbeit, Inst. Geol. Paläont. Univ. Graz., 228 S., Graz.
- GROSS, M. (1998 a): Floren- und Faziesentwicklung im Unterpannonium (Obermiozän) des Oststeirischen Neogenbeckens (Österreich). - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 23, Innsbruck. (im Druck)
- GROSS, M. (1998 b): Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich). - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, 56, Graz. (im Druck)
- GRUNDBUCH DES BEZIRKSGERICHTES FELDBACH: KG Paldau, Einlagezahl 25, Waldparzelle 7/2; Einlagezahl 111, Grundparzelle 7/4; Einlagezahl 190, Waldparzelle 7/3, Feldbach.
- HUTTER, F. (1989): Die Gemeinde Paldau: Zur Markterhebung 1988. - Gemeinde Paldau, Koralpendruck, 218 S., Deutschlandsberg.
- KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 57(1964), 479-632, Wien.
- NEBERT, K. (1983): Kohlengeologische Erkundung des Ilzer Reviers. - Unveröff.-Ber., Forsch.projekt Ilz, Firma Stahl- und Walzwerk Marienhütte, Graz.
- NEBERT, K. (1988): Kohlengeologische Erkundung des Ilzer Reviers. - Arch. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 9, 73-93, Wien.
- PETRASCHEK, W. (1922/1924): Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten, I. Teil. - 272 S., Verl. Fachliteratur Ges.m.b.H., Wien.
- STINY, J. (1918): Die Lignite in der Umgebung von Feldbach in Steiermark. - Bergbau und Hütte, 10-11, 171-180, 193-196, Wien.
- UNTERSWEG, T. (1989) (Hrsg.): Naturraumpotentialkarten der Steiermark. Bezirk Feldbach. - 67 S., unveröff. Ber., Forsch.ges. Joanneum Ges.m.b.h., Inst. Umweltgeol. Angew. Geogr., Graz.
- WEBER, L. & WEISS, A. (1983): Bergbaugeschichte und Geologie der Österreichischen Braunkohlenvorkommen. - 317 S., Arch. Lagerst.forsch. Geol.B.-A., 4, Wien.
- WINKLER, A. (1927): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich. Blatt Gleichenberg. - 164 S., Geol.B.-A., Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A.V. & RITTLER, W. (1949): Erhebungen über artesische Wasserbohrungen im steirischen Becken, unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die Tertiärgeologie. - Geologie und Bauwesen, 17(2-3), 33-96, Wien.

Anschrift des Verfassers:



Mag. Martin GROSS  
 Institut für Geologie und Paläontologie  
 Universität Graz Heinrichstraße 26, A-8010 Graz  
 e-mail: martin.gross@kfunigraz.ac.at

# **Fischbacher Teufelstein und die siebensteinige Anlage in Alt-Hadersdorf (Kindberg, Steiermark) – Beispiele für die Anwendung der tektonischen Gefügekunde in der Archäometrie**

Johann Georg HADITSCH

Mit 1 Abbildung

Herr Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf hat neben seinem Interesse an der geologischen Erforschung unseres Landes, wohl auch durch das Schicksal seiner Familie bedingt, seit jeher auch ein solches für die Geschichte. Deshalb sei ihm diese kleine Arbeit, die die erfolgreiche Anwendung einer gängigen geowissenschaftlichen Methode bei der Klärung von die Vor- und Frühgeschichte der Steiermark betreffenden Fragen dokumentiert, zur Vollendung seines 65. Lebensjahres zugeeignet.

Bisher bediente sich die archäometrische Forschung bei der Materialanalyse und zur Lösung verarbeitungstechnischer Fragen chemischer, physikalischer, mineralogischer und metallurgischer Methoden. Im Jahre 1987 wurde erstmals die tektonische Gefügeanalyse für den Nachweis einer vor- oder frühgeschichtlichen Gesteinsbearbeitung (des Gipfelfelsens des Teufelsteins in den Fischbacher Alpen) herangezogen (HADITSCH 1987).

Der genannte Felsen (1.498 m SH.) ragt mehrere Meter aus einer flachen Verebnung heraus, liegt in phyllitischen Glimmerschiefern der Grobgnais-Serie und zeigt im Grundriß eine unregelmäßige sechsseitige Form. Nur vom Süden, d.h. von der Schnittlinie zweier Wände, aus betrachtet, weist dieser Felsen eine turmförmige Gestalt auf; sonst hat er einen unregelmäßigen Umriß.

Aus der einen dieser beiden Wände, nämlich aus der auch sehr steilen Ostwand – die Südwestwand steht seiger – ragen in die Schieferung eingelängte Quarzlinsen mit überraschend glatten Endflächen einige Millimeter heraus.

Über diesen sagen- und brauchtumsumrankten Gipfel äußerte H. Stolla mehrfach die Meinung, daß es sich um eine alte Kultstätte oder um einen prähistorischen Kalenderstein handeln könne. Da bisher noch keine Begleitfunde gemacht werden konnten, war es für einen schlüssigen Beweis der Richtigkeit dieser Annahmen nötig, den Nachweis einer vor- oder frühgeschichtlichen Gesteinsbearbeitung zu erbringen. Eine solche konnte

bewiesen werden, sobald es gelang, zumindest für eine der die annähernd dreißig Einzelblöcke umschließenden Flächen eine nicht-natürliche Entstehung nachzuweisen. Als günstigste Möglichkeit für einen derartigen Nachweis bot sich die Anwendung der gefügekundlichen Methode an.

Der Gipfelfelsen des Teufelsteins ist nach der tektonischen Vorzeichnung, d.h. nach den Rupturen, in 26 bis 30 Einzelblöcke gegliedert, die, im Gegensatz zu den Polen der beiden oben genannten Wandflächen (im Südwesten und Osten), eine relativ starke Streuung der s-Flächenpole aufweisen. Besonders die Ostwand zeigt, an einem schmalen Gürtel und an der geringen Streuung der Pole kenntlich, eine genaue Ausformung.

Die Fältelungsachsen, Linearen, haben die größte Häufung ihrer Durchstoßpunkte mit der Lagenkugel im Südwesten und weisen, da sie weder mit den Polen der SW- und E-Wand-Flächen zusammenfallen, noch zu diesen eine auf Grund des Beanspruchungsplanes zu erwartende Lage einnehmen, keinen mittels der Gefügesymmetrie erklärbaren genetischen Zusammenhang mit den beiden genannten Wänden auf. Diese symmetriologisch nicht zuordenbare Lage (hkl) der beiden Wände muß als Beweis für ein hinsichtlich der flächigen und achsialen Gefügeprägung des Teufelsteins postgenetisches Alter der betreffenden Wände angesehen werden.

Ein weiteres, sehr gewichtiges Argument für die anthropogene Ausformung, zumindest der Ostwand, liegt in der schon früher erwähnten Endflächen-Morphologie der schieferungskonkordanten Quarzlinzen dieser Wand. Diese Linzen bestehen, wie der mikroskopische Befund ergab, aus unterschiedlich großen, miteinander verzahnten und nicht streng geregelten Einzelkörnern. Diese Linzen-Endflächen haben nach dem Dünnschliffbefund die allgemeine Lage (hkl) und zeigen nicht den zu erwartenden, für Quarz typischen, splittrig-muscheligen Bruch, sondern sind überraschenderweise glatt, und stehen in keiner nachweisbaren Beziehung zur (nur selten deutlichen) Spaltbarkeit des Quarzes nach (10i1).

Über das absolute Alter der Wandbearbeitung läßt sich leider weder aus den gefügekundlichen Untersuchungen noch aus dem Betrag der Herauswitterung der Quarzlinzen aus dem weniger wetterbeständigen phyllitischen Trägergestein Näheres sagen. Vielleicht können in diesem Falle, wenn einmal die Verwitterungsraten für ein derartiges Gesteinsmaterial bestimmt sein werden, weitere Untersuchungen nähere Angaben über das Alter der Bearbeitung liefern. Man wird aber für dieses Alter sicher mit mehreren tausend Jahren rechnen können.

Schließlich sei als wichtigstes Argument noch die Tatsache betont, daß der Gipfelfelsen des Teufelsteins, wie dies schon eingangs erwähnt wurde, mehrere Meter aus einer flachen Verebnung herausragt. Es gibt keine

geologische Erklärung für eine geogene Ausformung dieses Felsens, vielmehr muß angenommen werden, daß seine Rohform, d.h. die Form ohne die nachträgliche Gesteinsbearbeitung, auf ein Lösen und ein Abgraben der ihn ursprünglich umgebenden Gesteinsmassen zurückgeht. Diese Abgrabung muß logischerweise früher als die Bearbeitung der beiden Wände des Gipfelfelsens erfolgt sein.

Im Jahre 1974 entdeckte H. Stolla auf einem bewaldeten Nordhang des Mürztales in Alt-Hadersdorf (KG. Rumpelmühle) bei Kindberg in etwa 650 m SH., d.h. rund 100 m über der Sohle des Mürztales, eine Anlage aus sieben Steinen, die vom Entdecker als ein wahrscheinlich jungsteinzeitliches Sonnwendheiligtum gedeutet wurde. Das Auffinden dieser Anlage ist dem Umstand zu verdanken, daß eine auffällige Gesteinskante zufällig nicht überwachsen war.

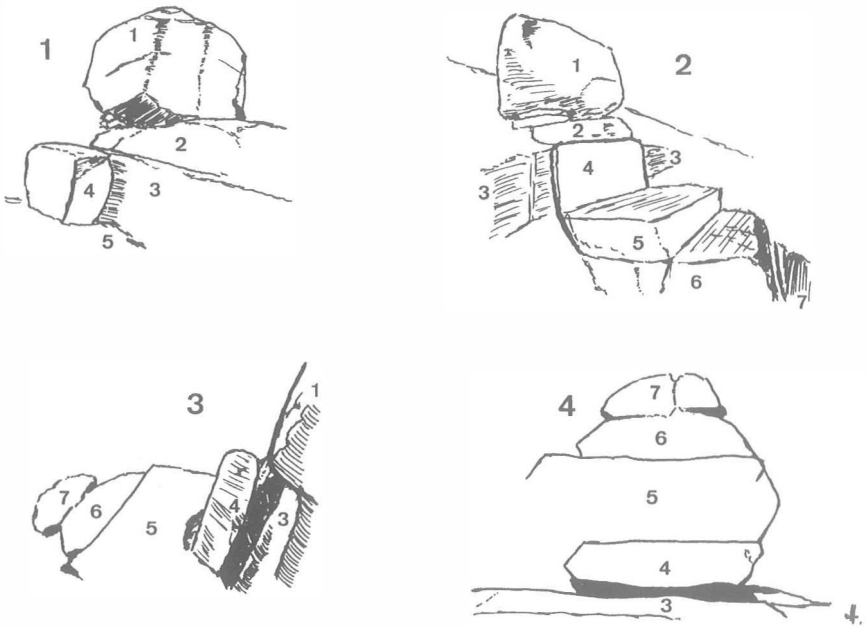


Abb. 1: (Zeichnungen des Verfassers):

- 1 Blick gegen NW.
- 2 Blick gegen NE.
- 3 Schräge Draufsicht auf die Anlage. Blick gegen SW.
- 4 Blick vom Stein 1 nach unten und gegen SE.

Die vermutliche Kultstätte ist etwa 2,5 m hoch und besteht aus Blöcken des auch in unmittelbarer Nähe anstehenden Mürztaler Grobgnaises. Dünnschliffuntersuchungen bewiesen nur den unterschiedlichen Verwitterungsgrad verschiedener Blöcke.

Die Steine 2 – 6 (Bilder 1 – 4) sind in ihrer Form durchwegs durch natürliche Kluftrichtungen bestimmt und bilden mit ihren Dachflächen mehr oder minder ebensöhlige Stufen. Aus dem Gefügediagramm ist klar erkennbar, daß alle aufgeschlossenen, d.h. zutage liegenden, Flächen der Steine 2–6 auf Grund ihrer Gefügesymmetrie als durch eine einzige natürliche Deformation verursacht angesehen werden können.

Der oberste Block (Stein 1 der Bilder 1 und 2) zeigt im Grundriß annähernd eine gleichschenkelig-dreieckige Form und ist gegenüber der unter ihm liegenden Platte (2) etwas gekippt. Ursprünglich, d.h. bei der Entdeckung dieser Anlage, lag der oberste Block tiefer; er hatte, zusammen mit den obersten Horizonten des Waldbodens, die tiefer liegenden Steine z.T. überrollt, wurde aber später in seine derzeitige Lage gebracht.

Die gefügekundliche Untersuchung bestätigte hier, was auch schon mit freiem Auge zu erkennen ist, nämlich eine signifikante Differenz zwischen den Lagen der flächigen Gefügeelemente (Klüfte, s-Flächen) der Anlage und denen der hier flach gegen NNW-NW einfallenden Grobgnaise. Dieser Befund bestätigt zwar die Annahme einer Steinschichtung, kann aber nicht als ein Argument für einen über den Meterbereich hinausgehenden Antransport der Blöcke gelten, wiewohl ein solcher auch nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Form des Blockes 7 (Bild 4) kann nicht einfach durch ein verwitterungsbedingtes Abrufen erklärt werden, vielmehr ist – besonders bei der nach Osten gerichteten Front – möglicherweise versucht worden, diesen Stein zu bearbeiten, zuzurunden, was allerdings wegen der tektonischen Vorzeichnung nur sehr unvollkommen gelang.

Die annähernd gleichschenkelig-dreieckige Form des obersten Steines läßt sich symmetrologisch nicht auf einen einzigen Verformungsakt beziehen. Bei Annahme einer nicht-anthropogenen Ausformung – eine Überarbeitung von Menschenhand läßt sich hier nicht schlüssig beweisen – müssen zumindest zwei gefügeprägende Akte angenommen werden, wobei für den jüngeren am ehesten ein bruchhafter Deformationsakt in Frage kommt. Bisher konnte hier noch kein Hinweis auf das Durchstreichen einer Störung gefunden werden. Deshalb liegt der Schluß nahe, daß man, sofern man eine anthropogene Überarbeitung dieses Steines ausschließen möchte, diesen Block nicht in unmittelbarer Umgebung seiner heutigen Lage fand, daß er vielmehr, wohl wegen seiner auffälligen Form, gegebenenfalls auch aus größerer Entfernung antransportiert wurde, um ihn als Abschluß dieser Anlage zu nutzen.



H. Stolla machte den Verfasser auch auf eine früher auf einem Stein durch einen Flechtenbewuchs klar erkennbare Odal-Rune aufmerksam; diese war leider im Mai 1989 nicht mehr zu sehen.

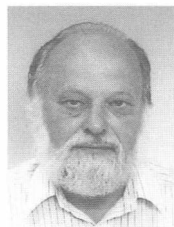
Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, daß das siebensteinige Bauwerk eine signifikant von seiner Umgebung abweichende Orientierung tektonischer Raumdaten aufweist, was am besten mit einer anthropogenen Steinschichtung erklärt werden kann. Eine Gesteinsbearbeitung kann für die Blöcke 1 und 7 zwar nicht mit Sicherheit bewiesen, aber auch nicht ausgeschlossen werden. Auf Grund seiner Morphologie und des Geländebefundes kann für den Stein 1 ein mehr oder minder weiter Antransport angenommen werden.

Der Verfasser ist Herrn Dr. Hubert Stolla (†) für die Anregung zu dieser Arbeit und ihm und Herrn Hofrat Dr. Walter Kucher (Bruck/M.) für die Hilfe bei der Aufnahme im Gelände zu großem Dank verpflichtet.

## Literatur

HADITSCH, J.G. (1987): Ein Beitrag geowissenschaftlicher Methoden, speziell der tektonischen Gefügekunde, zum Nachweis einer vor- oder frühgeschichtlichen Gesteinsbearbeitung. – Mannus-Bibl., XXIII (D.Korell-Fs., III):957-981.

Anschrift des Verfassers:



Univ.-Prof. Dr. Johann Georg HADITSCH  
Mariatroster Straße 193, A-8043 Graz.



# Paläopathologische Befunde an Echinoideen aus dem Mittelmiozän (Badenium) Ost-Österreichs

Hartmut R. HIDEN

Mit 1 Tafel

## Zusammenfassung

Aus mittelmiozänen Sedimenten ("Leithakalke") des Steirischen- sowie des Wiener Beckens (Österreich) werden frakturierte und wieder ausgeheilte Echinoideen-Gehäuse der Gattung *Clypeaster* beschrieben. Anhand des vorliegenden Materials lassen sich drei typische Verletzungsmuster unterscheiden. Diese werden als Bißspuren durophager Fische gedeutet. Als mögliche Verursacher kommen Vertreter der Familien Sparidae, Balistidae sowie Myliobatidae und/oder Rhinopteridae in Frage.

*"Freilich sind wir beim Studium der fossilen Evertebraten noch sehr weit davon entfernt, ähnliche Schlußfolgerungen aus dem Befunde von Verletzungen und Krankheiten bei Vertretern derselben ziehen zu können wie bei den vorzeitlichen Wirbeltieren."*

Othenio ABEL, 1935

Aus dem Badenium des Steirischen Neogenbeckens (Retznei bei Ehrenhausen und Altenberg bei Leibnitz; Weissenegg-Formation sensu FRIEBE, 1990) und des Leitha-Gebirges (Müllendorf; vgl. DULLO, 1983; PILLER & VAVRA, 1991) liegt dem Autor eine reiche Echinoideen-Fauna vor (Sammlung Englmayer, Sammlung Hiden, Sammlung Wanzenböck). Unter etwa 320 Exemplaren der Gattung *Clypeaster* fanden sich 14 Stück, die deutliche pathologische Veränderungen aufweisen.

Pathologische Erscheinungen an fossilen Echinoideen, wie verheilte Frakturen oder abnorme Symmetrieverhältnisse (Tetramerie, Hexamerie), sind seit

langem bekannt (z. B. MICHELIN, 1861). Immer wieder wurden deformierte Exemplare als eigenständige Arten beschrieben (z. B. *Clypeaster herepeyi* KOCH, 1887). Eine Reihe von Autoren (z. B. VADASZ, 1914; 1915; GRIPP, 1929; ABEL, 1935; ROMAN, 1952; TASNARDI-KUBACKA, 1962) befaßten sich mit "abnormen" Echinoideen-Gehäusen, wobei den Verursachern dieser pathologischen Veränderungen eher geringe Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Im Vordergrund standen meist Überlegungen zur Regenerationsfähigkeit des betroffenen Individuums. TASNARDI-KUBACKA (1962) unterscheidet folgende Ursachen für pathologische Erscheinungen an fossilen Seeigeln: Spuren feindlicher Angriffe, Frakturen durch Wellenschlag, Parasitenbefall und irreguläres Wachstum (Tetramerie, Hexamerie, etc.).

Aus den in der Literatur beschriebenen Fällen ergeben sich bei Echinoideen folgende Möglichkeiten für am Exoskelett nachweisbare pathologische Erscheinungen.

a) Traumatische Ereignisse:

Frakturen durch Räuber (VADASZ, 1914; 1915; VIALI, 1936) oder Wellenschlag, vor allem bei epilithischen Formen (ERNST, 1973; der von ABEL 1935 beschriebene Fall dürfte andere Ursachen haben), sowie Kratzspuren von Crustaceen (z.B. GRIPP, 1929) und Bohrspuren von Gastropoden (ERNST, 1973; MÜLLER, 1969).

b) Zystenbildung durch Parasitenbefall:

Befall durch Gastropoden (KOEHLER, 1924; MORTENSEN, 1928) oder durch polychaete Würmer der Gattung *Myzostoma* (ROMAN, 1952; SZÖRENYI, 1955).

c) Symmetrieänderungen durch genetische Defekte (vollständige Tetra- bzw. Hexamerie):

Vollständige Symmetrieänderung (Tetra- bzw. Hexamerie betrifft alle Gehäuse-Elemente) ist eine äußerst seltene Erscheinung bei Echinoideen (z. B. KÖHLER, 1924). Das relativ häufig beobachtbare Fehlen einzelner Pedalodien (teilweise Tetramerie; z. B. COTTREAU, 1913; KOEHLER, 1924; TASNARDI-KUBACSKA, 1962) hat keine genetische Ursache, sondern ist wohl auf verheilte Verletzungen bzw. Erkrankungen zurückzuführen.

Der weit größte Teil der in der Literatur beschriebenen Fälle von pathologischen Veränderungen bei Seeigeln läßt sich auf diverse Verletzungen (Frakturen und Bißspuren) beziehen. Anhand des vorliegenden Materials sowie den in der Literatur abgebildeten pathologischen Exemplaren lassen sich bei der Gattung *Clypeaster* drei typische, häufiger auftretende Verletzungsmuster unterscheiden:

Typ 1) annähernd halbkreisförmige, randlich gelegene Bißspuren mit scharfer Umrandung (Abb. 2, 3):

Als Verursacher für diesen Verletzungstyp sind durophage Fische mit "schneidender" Kieferbezahnung anzunehmen. Derartige

Gebißtypen treten sowohl bei einigen Spariden-Gattungen (z. B. bei *Sargus*; vergl. SCHULTZ, 1998), als auch bei Balistiden auf (beide Familien sind aus dem Badenium der Zentralen Paratethys nachgewiesen). Abbildungen dieses Verletzungstyps finden sich bei MICHELIN (1861), KOCH (1887) und PINAR (1952).

Typ 2) randlich gelegene Bißverletzungen kombiniert mit dellenförmigen Zahneindrücken (Abb. 4, 5):

Das dem Autor vorliegende Material ist leider nicht so spektakulär ausgebildet, wie das von VADASZ (1914; 1915) abgebildete Exemplar, doch lassen sich auch hier die typischen dellenförmigen Zahneindrücke, die einen Durchmesser von ca. 5 mm erreichen können, erkennen. Als Verursacher dieses Verletzungstyps kommen am ehesten Fische aus der Familie Sparidae in Frage (z. B. *Sparus* od. *Pagrus*). Dieser Verletzungstyp wurde bereits von VADASZ (1914; 1915) beschrieben.

Typ 3) Kompressionsfrakturen mit flächigen, meist vom Apex ausgehenden, mehr oder weniger regenerierten "Bruchfeldern" (Abb. 6):

Dieses Verletzungsmuster läßt sich am besten als Bißverletzung durch einen Räuber mit "grinding-type" Gebiß (sensu CAPPETTA, 1987) erklären. Bei diesem Gebißtyp wird die Beute wie bei einem Backenbrecher zwischen den konvergierenden Kauplatten des Ober- und Unterkiefers zermalmt. Als Verursacher könnten Rochen der Familie Myliobatidae und/oder Rhinopteridae in Frage kommen (beide Familien sind aus dem Miozän des Steirischen sowie des Wiener Beckens nachgewiesen; HIDEN, 1996; SCHULTZ, 1971).

Die Erklärung von ABEL (1935), diese Kompressionsfrakturen auf durch die Brandung losgerissene und auf den Seeigel gefallene Steine zurückzuführen, ist nicht auszuschließen, scheint dem Autor auf Grund der Lebensweise von *Clypeaster* (Weichsubstratbewohner mit epi- bzw. flach-endobiontischer Lebensweise; vergl. GHIOLO, 1984) aber eher unwahrscheinlich.

Das vorliegende pathologische Material macht es wahrscheinlich, daß als hauptsächliche Freßfeinde von *Clypeaster* größere durophage Fische wie Zahnbrassen (Sparidae), Drückerfische (Balistidae), sowie Rochen (Myliobatidae und/oder Rhinopteridae) anzunehmen sind. Der Nachweis einer Verletzung durch Crustaceen gelang nur in einem Fall (Fig. 1).

## Dank

Bedanken möchte ich mich bei meinen lieben Sammlerkollegen Dr. Peter Englmayer (Wien) und Gerhard Wanzenböck (Gainfarn, NÖ), die mir einen Teil des in dieser Arbeit beschriebenen Materials zur Verfügung stellten.

## Literatur

- ABEL, O. (1935): Vorzeitliche Lebensspuren. - 644 S., Jena (Gustav Fischer).
- CAPPETTA, H. (1987): Chondrichthyes II (Mesozoic and Caenozoic Elasmobranchii). - 193 S., in: SCHULTZE, H. P. (Hrsg.): Handbook of Paleichthyology, vol. 3B, Stuttgart & New York (G. Fischer Verlag).
- COTTREAU, J. (1913) Les échinides néogènes du Bassin Méditerranéen. - Ann. Inst. Oceanogr., 6 (3), 193 S., 15 Pl., Paris.
- DULLO, W. C. (1983): Fossildiagenese im miozänen Leitha-Kalk der Paratethys von Österreich: Ein Beispiel für Faunenverschiebungen durch Diageneseunterschiede. - Facies, 8, 1-112, Erlangen.
- ERNST, G. (1973): Aktuopaläontologie und Merkmalsvariabilität bei mediterranen Echiniden und Rückschlüsse auf die Ökologie und Artumgrenzung fossiler Formen. - Paläont. Z., 47, 188-216, 2 Taf., Stuttgart.
- FRIEBE, J. G. (1990): Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badenium (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich). - Jb. Geol. B.-A., 133, 223-257, Wien.
- GHIOLD, J. (1984): Adaptive shifts in clypeasteroid evolution - feeding strategies in soft-bottom realm. - N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 169, 41-73, Stuttgart.
- GRIPP, K. (1929): Über die Verletzungen an Seeigeln aus der Kreide Norddeutschlands. - Paläont. Z., 9, 238-245, Stuttgart.
- HIDEN, H. R. (1996): Elasmobranchier (Pisces, Chondrichthyes) aus dem Badenium (Mittleres Miozän) des Steirischen Neogenbeckens, Österreich. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, 52/53, 41-109, 10 Taf., Graz.
- KOCH, A. (1887): Die Echiniden der obertertiären Ablagerungen Siebenbürgens. - Orvos-Termeszettudományi Értesítő, 1887, 18 S., 1 Taf., Klausenburg.
- KOEHLER, R. (1924): Anomalies, irregularities et déformations du test chez les échinides. - Ann. Inst. Oceanogr., 1, S., 32 Taf., Paris.
- MICHELIN, H. (1861): Monographie des clypeastres fossiles. - Mem. Soc. Geol. France, 2. Ser. 7, 101-147, Taf. 9-36, Paris.
- MORTENSEN, T. (1928): A monograph of the Echinoidea. I. Cidaroidea. - 551 S., 88 Taf., London.

- MORTENSEN, T. (1948): A monograph of the Echinoidea. 4.2, Clypeasteroidea, Clypeastridae, Archnoididae, Fibulariida, Lagenidae and Scutelidae. - 446 S., 77 Taf., Copenhagen.
- MÜLLER, A. H. (1969): Zur Ökologie und Biostratonomie eines *Echinocoris* (Echinoidea) mit eigentümlichen Naticiden-Befall aus der Oberkreide. - Mber. Dt. Akad. Wiss. Berlin, 11, 672-684, 2 Taf., Berlin.
- PINAR, N. (1952): Sur une metode de determination de Clypeaster d'Anatolie. - Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul, 17, 31 S., 3 Taf., Istanbul.
- PILLER, W.E. & VAVRA, N. (1991): Das Tertiär im Wiener und Eisenstädter Becken. - In: ROETZEL, R. & NAGEL, D. (Hrsg.): Exkursion im Tertiär Österreichs, 169-216, Wien
- ROMAN, J. (1952): Quelques anomalies chez *Clypeaster melitensis* Michelin. - Bull. Soc. Geol. France, 6. Ser. 2, 3-11, Paris.
- SCHULTZ, O. (1971): Die Selachier Fauna (Pisces, Elasmobranchii) des Wiener Beckens und seiner Randgebiete im Badenien (Miozän). - Ann. Naturhist. Mus. Wien, 75, 311-341, Wien.
- SCHULTZ, O. (1998): Die Knorpel- und Knochenfischfauna (excl. Otolithen) aus dem Karpat des Korneuburger Beckens (Niederösterreich). - Beitr. Paläont., 295-323, 4 Taf., Wien.
- SZÖRENYI, E. (1936) Cas tetralogique d'une *Clypeaster* miocene de Matraszöllös. - Földtani Közlöny, 66, 300-302, Budapest.
- SZÖRENYI, E. (1955): Echinides cretaces de la Bakony. - Geol. Hungarica, Ser. Palaeontologica 26, 1-132, 22 Taf., Budapest.
- TASNARDI-KUBACSKA, A. (1962): Paläopathologie. Pathologie der vorzeitlichen Tiere. - 269 S., Jena (Gustav Fischer).
- VADASZ, E. (1914): Regenerationserscheinungen an fossilen Echinoiden. - Centralbl. Min. Geol. etc., 1914, 283-288, Stuttgart.
- VADASZ, E. (1915): Die mediterranen Echinodermen Ungarns. - Geol. Hungarica, (2), 1, 79-253, 6 Taf., Budapest.
- VIALLI, V. (1936): Un caso di regenerazione in un echinide. - Riv. Italiana Paleont., 42, 19-23, Milano.

Anschrift des Verfassers:



Hartmut R. HIDEN  
 Institut für Geologie und Paläontologie  
 Universität Graz  
 Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

1	2
3	4
5	6

## Tafel 1

- Fig. 1: *Clypeaster* sp. mit verheilten, vermutlich von Crustaceen erzeugten Verletzungen (Mittelmiozän, Badenium von Retznei; Sammlung Wanzenböck).
- Fig. 2: *Clypeaster* sp. mit Bißverletzung vom Typ 1: Die Verletzung erfolgte im Bereich des Periprokts, das dadurch auf die Aboralseite verlagert wurde (Mittelmiozän, Badenium von Retznei; Sammlung Hiden).
- Fig. 3: *Clypeaster* sp. mit Bißverletzung vom Typ 1 (Mittelmiozän, Badenium von Müllendorf; Sammlung Wanzenböck).
- Fig. 4: *Clypeaster* sp. mit Bißverletzung vom Typ 2: Neben einer verheilten Bißverletzung am hinteren Gehäuserand finden sich mehrere dellenförmige Eindrücke auf der Aboralseite des Gehäuses verteilt (Mittelmiozän, Badenium von Retznei; Sammlung Hiden).
- Fig. 5: *Clypeaster* sp. mit Bißverletzung vom Typ 2: ähnlich wie Abb. 6 (Mittelmiozän, Badenium von Retznei; Sammlung Wanzenböck).
- Fig. 6: *Clypeaster* sp. mit Bißverletzung vom Typ 3 (Kompressionsfraktur): Durch Verletzungen im Bereich des Apex wurde ein Pedalodium so stark in Mitleidenschaft gezogen, daß Tetramerie vorgetäuscht wird. Erst ganz am Rand teilt sich das verletzte Pedalodium in zwei Äste auf, womit eine Rückkehr zur pentameren Symmetrie erreicht wird (Mittelmiozän, Badenium von Altenberg; Sammlung Hiden).



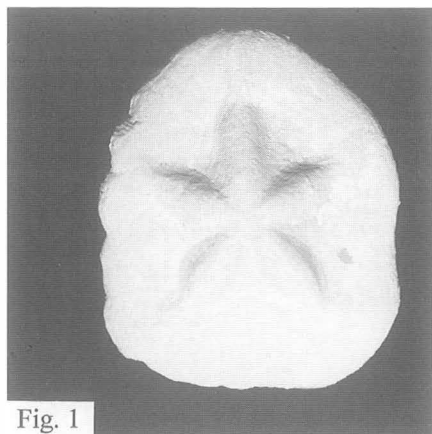


Fig. 1

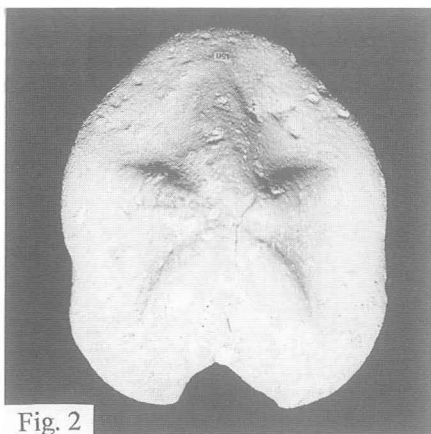


Fig. 2

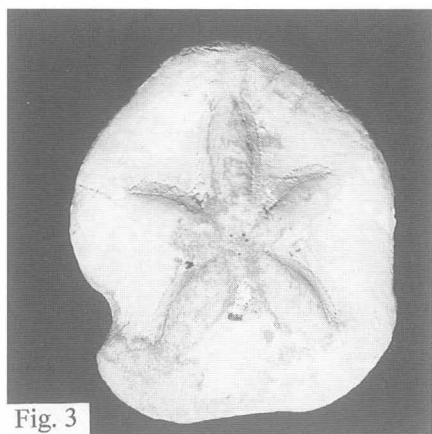


Fig. 3

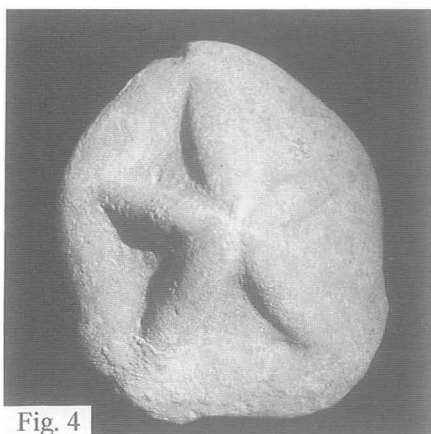


Fig. 4

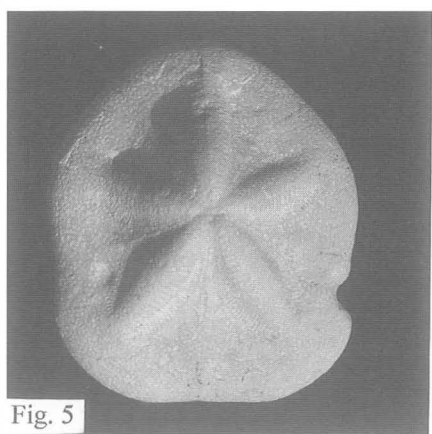


Fig. 5

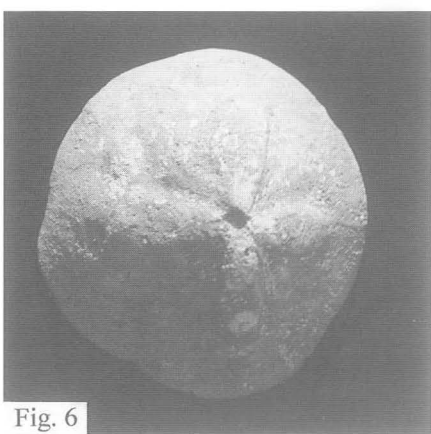


Fig. 6



# Zur Genese des Gagats von Gams bei Hieflau (Oberkreide, Steiermark)

Heinz A. KOLLMANN und Reinhard F. SACHSENHOFER

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

## Summary

The jet-bearing series of Gams (Schoenleiten Formation) was deposited in a marine environment. The basal parts were deposited under lagoonal conditions. Fossil assemblages of the upper part indicate open marine conditions. The sediments have been deposited under transitional conditions between the inner and the outer shelf. Lumachelles and sandstone layers with flaser bedding and lamination are interpreted as storm events.

Field observations let us conclude that jet occurs in certain levels of the sequence. The transformation of driftwood into jet is not yet understood completely. The bituminous matter characteristic for jet may be derived from external sources (surrounding rocks) or internal sources (resins). An assimilation of bituminous matter of microbial origin is also possible.

## Einleitung

Der Abbau von Gagat in der Gosau-Gruppe von Gams bei Hieflau ist im 15. und 16. Jahrhundert belegt (FREH, 1956). Weiters wurden um die Mitte des 19. Jahrhunderts, zur Zeit der ersten Energiekrise, mehrere Probeschürfe nach Kohle angelegt (PETERS, 1852; STUR, 1871). Berichte über eine Kohleproduktion in dieser Zeit liegen nicht vor. Das gleiche gilt für die nach dem 2. Weltkrieg angelegten Kohleschürfe im Pitzengraben, westlich der Nothklamm.

Bergbau nach Gagat ging in zwei Bereichen um: Auf der Schönleiten, nördlich von Gams und dem Haspelgraben, östlich des Ortszentrums. Die vorliegende Arbeit behandelt den Gagat von Gams und dessen Bildungsbedingungen.



Abb.1: Lage der angeführten Probenpunkte im Becken von Gams

## 1. Geologischer Überblick

Das Gosaubecken von Gams liegt im steirischen Anteil der Nördlichen Kalkalpen, ca. 10 km NE Hieflau. Es erstreckt sich ca. 15 km in E-W Richtung und wird durch eine "Aufbruchszone" triadischer und jurassischer Gesteine in einen West- und Ostteil gegliedert.

Die basalen Abschnitte des Gamser Beckens sind in das obere Turon einzustufen (SUMMESBERGER in SCHULTZ & PAUNOVIC, 1996). Aufgrund feldgeologischer Untersuchungen tritt in den Gosauschichten des Westteils des Gamser Beckens folgende Schichtfolge auf (von unten nach oben):

- a. Konglomerat
- b. Kohle- und gagatführende Mergelserie (sie stellt den unteren Abschnitt der Noth Formation nach SIEGL-FARKAS & WAGREICH, 1996, dar. Wegen der unterschiedlichen Lithologien wird sie als Schönleiten Formation davon abgetrennt).

- c. Sandsteinserie mit "Exotischen Geröllen"; Noth Formation (höherer Teil der Noth Formation nach SIEGL-FARKAS & WAGREICH, 1996). Kohlevorkommen wurde innerhalb dieser Serie durch zwei Stollen im Pitzengraben, westlich der Noth-Klamm aufgeschlossen.
- d. Dunkelgrauer Tonmergel mit stärker sandigen Zonen (Grabenbach Formation nach SIEGL-FARKAS & WAGREICH, 1996). Diese Formation ist an der Radstatt-Straße und in den westlich und östlich davon gelegenen Gräben aufgeschlossen.
- e. Konglomerat am Südrand des Beckens.

## 2. Beschreibung der Schönleiten-Formation

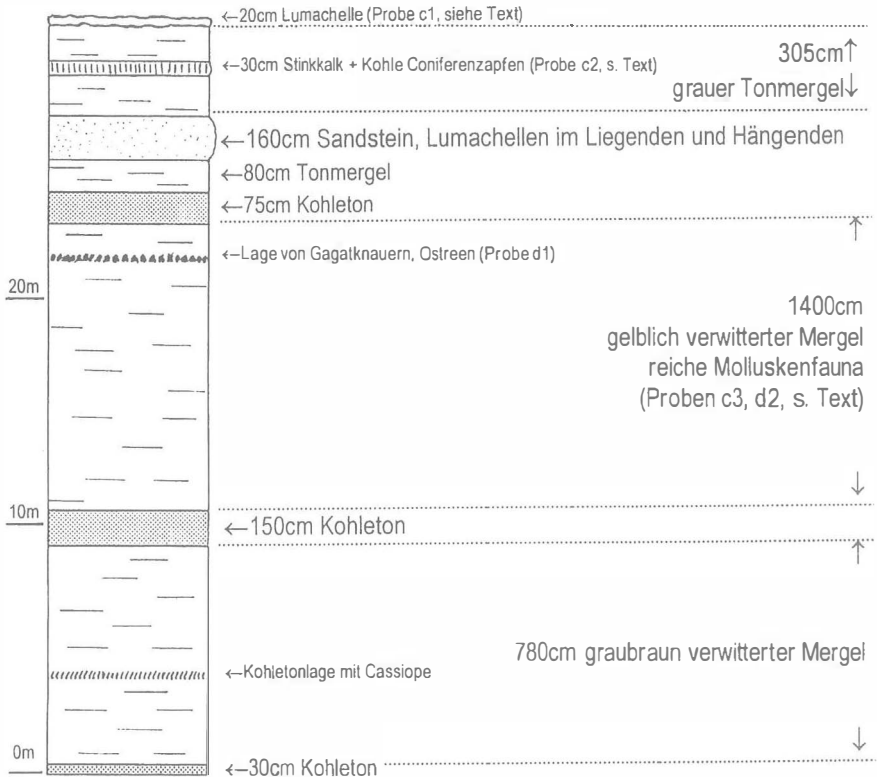


Abb.2.: Lithologisches Profil des im Aushub auf der Schönleiten aufgeschlossene Anteils der Schönleiten Formation. Profilaufnahme: R.Sachsenhofer, H.Summesberger, 1994. Die verkehrte Lagerung im Profil wurde korrigiert. In das Profil wurden Faunen des Parallelaushubs projiziert.

## 2.1. Lithologie

Die geologische Kartierung (KOLLMANN, 1964 und neue Begehungen) und geophysikalische Untersuchungen (MAURITSCH et al., 1992) grenzen das Vorkommen des Gagats auf die Schönleitenformation (b in der Schichtfolge) ein. Diese tritt fast nur in Gelegenheitsaufschlüssen zu Tag. Aushübe auf der Schönleiten, nördlich von Gams durch die Gemeinde Gams in den Jahren 1994 und 1997 schlossen die Serie über eine Profillänge von 30 m auf (Profil 1). Die Serie umfaßt dunkel- bis hellgraue, graugelb verwitternde Mergel. Untergeordnet treten folgende Lithologien auf:

Kohletone. In diesen wechseln kohlige Lagen mit dunklem Ton ab. Die Dicke der Kohlelagen bewegt sich im Millimeter- bis Zentimeterbereich. Breit linsenförmige Querschnitte weisen auf verholzte Pflanzenreste hin.

Dunkle Lagen mit unregelmäßig verstreuten Pflanzenresten. Nach einer ersten Begutachtung durch Eder-Kovar (mündliche Mitteilung) handelt es sich um Reste von Landpflanzen, wahrscheinlich Koniferen.

Dichter Sandsteinen mit Flaserschichtung und Lamination. Er verwittert dünnplattig und unterscheidet sich im Gelände durch die Dichte und das feine Korn von der überlagernden Sandsteinserie.

Der 1994 im Aushub gefundene Gagat (siehe Profil) wurde im gleichen Horizont in einem 1997 angelegten, ca. 10 m östlich gelegenen Aushub abermals angetroffen. Dies läßt eine Horizontbeständigkeit des Gagats vermuten. Zu Gagat umgewandelt sind dickere Stämme und Äste. Im umgebenden Mergel kommen auch kleinere Pflanzenreste vor. Die Kompaktion der ursprünglichen Hölzer beträgt ca. 50 %. Austern im Bereich des Gagats lassen auf einen Aufwuchs auf Holz schließen.

## 2.2. Mächtigkeit

Die geologische Kartierung ergab, daß die Folge zwischen Grundgebirge und der Oberkante der Schönleiten Formation im Bereich der Schönleiten 230 m mächtig ist. Tektonisch bedingte Wiederholungen sind mangels Aufschlüssen nicht auszuschließen. Die Mächtigkeit der basalen Serie ist an der Oberfläche nicht feststellbar. Auf der Schönleiten sind nur einige wenige Meter an der Kehre der Akoglstraße oberhalb des Bades aufgeschlossen. Wegen der tektonischen Situation (Harnisch gegenüber dem Grundgebirge) ist die tatsächliche Mächtigkeit nicht feststellbar.

PETERS (1852) erwähnt in der geologischen Beschreibung eines Stollenprofils ca. 40 m Sandstein an der Basis. Dieser konnte an der Oberfläche

nicht nachgewiesen werden. Die Angabe läßt die Schönleiten Formation der Schönleiten auf eine Mächtigkeit von knapp 200 Metern einengen.

Am Nordabhang des Haspelgrabens beim Haspelbauern beträgt die Mächtigkeit der Formation ungefähr 120 m. Zwischen den Verbreitungsgebieten des Gagats im Bereich der Schönleiten und des Haspelgrabens ist die Serie nicht aufgeschlossen.

### 2.3. Fossilbelege

PETERS (1852) und REUSS (1854) geben im Prinzip gleiche Fossilisten (Bestimmung: REUSS) von der Halde eines Kohlebergbaus auf der Schönleiten, nahe des Gallerbauern, wieder. Weiters werden Faunen von KOLLMANN (1964) angeführt und der Fisch *Coelodus plethodon* ARAMBOURG & JOLEAUD von PAUNOVIC & SCHULTZ (1998) beschrieben. Ergänzend seien die folgenden Fossilfunde (a-e) angeführt. Bemerkungen zu den Taxa sind unter der bei dem Namen angeführten Nummer am Schluß des Kapitels zu finden:

- a) Kehre Akoglstraße, oberhalb Schwimmbad. Dunkelgraue Tonmergel mit Kohlelage (Fundort von *Coelodus plethodon* nach SCHULTZ & PAUNOVIC, 1998)

*Pseudamaura brevissima* (REUSS)<sup>1</sup>, selten  
*Cassiope suffarcinata* (MUNSTER)  
*Turritella rigida* SOWERBY, selten

- b) Akoglstraße, oberhalb Abzweigung zur Villa Luisenheim. Grauer Mergel

Flabelliforme, solitäre Korallen  
1 flache solitäre Koralle  
Ostreen  
*Otostoma* sp.<sup>2</sup>  
*Cassiope suffarcinata* (MUNSTER)  
*Pseudamaura brevissima* (REUSS)  
Mitride<sup>3</sup>  
Fasciolariide

- c) Schönleiten, Aushub Dezember 1994 (siehe Abb.2)

Probe1  
1 Lumachelle und Pflanzenreste  
Ostreen, mit Spuren von Bohrschwämmen  
*Brachidontes* sp.  
*Cardium* sp.  
Die Muschelklappen sind durchwegs desartikuliert.

Probe 2

Koniferen-Zapfen und unbestimmbare Pflanzenreste

Probe 3

Heller, grauer Mergel

Milioliden (häufig) und andere Sandschaler

Globotruncanen (vereinzelt)

Glattschalige Ostracoden (häufig)

*Neritoptyx goldfussi* (MUENSTER)

*Turritella rigida* SOWERBY

*Amauropsis bevissima* (REUSS)

*Pictavia acuminata* (REUSS)<sup>4</sup>

*Pirenella muensteri* (KEFERSTEIN)

*Echinobathra* cf. *debile* (ZEKELI)

*Echinobathra gosauense* (STOLICZKA)

*Potamides* sp.<sup>5</sup>

d) Parallelaushub, Schönleiten

Probe 1

Bereich der Gagatlage

Ostreen. Diese sind zumindest teilweise an inkohltem Holz angeheftet

Probe 2

Gelbgrauer Mergel

*Pheloptera* sp. (häufig)

*Pseudamussium exilis* (REUSS)

*Neritoptyx goldfussi* (MUENSTER)

*Turritella rigida* SOWERBY

e) Wiesenanriß oberhalb Haspelbauer. Grauer Mergel mit kleinen Gagatstücken. Fauna im Mikrobereich

Globotruncanidae

Miliolidae

Ostracoda

"Astarte"<sup>6</sup>

*Turritella rigida* SOWERBY

*Echinobathra* sp.



## Anmerkungen

<sup>1</sup> Die durch REUSS (1854) von der Schönleiten beschriebene Art wurde vom selben Autor 1853, in einer trotz des Erscheinungsjahrs offensichtlich später verfaßten Arbeit zugunsten von *A. bulbiformis* wieder eingezogen. Der letzte Umgang ist jedoch immer niedriger. Es handelt sich daher um eine gesonderte Art.

<sup>2</sup> Es ist dies das einzige Vorkommen von *Otostoma* in der Serie. Die Skulptur ist ähnlich *O.ourneli* (BAYLE) und *O. grossouvrei* Cossmann (nach COSSMANN, 1903). Diese Formen haben basal mehr Knotenreihen.

<sup>3</sup> Die Skulptur stimmt weitgehend mit der Abbildung von *Voluta cristata* ZEKELI (1852) überein. Es treten jedoch zwei kräftige Spindelfalten anstatt drei auf. Bei den an der Geologischen Bundesanstalt aufbewahrten Originale von *V. cristata* ist die Skulptur nur sehr fragmentär erhalten. Sie sind, wie bereits STOLICZKA (1865, 78) feststellte, schlecht erhaltene Exemplare von *Mesorhytis cancellata* (SOWERBY).

<sup>4</sup> Der Name wurde von PETERS (1852) erstmals angeführt, wurde ihm aber von REUSS genannt. Dieser stellte selbst 1854 die Form zu *Natica pungens*, führt aber nicht die ursprüngliche Beschreibung durch SOWERBY (1837) sondern die Nennung durch D'ORBIGNY (1842-43) an. STOLICZKA (1865, 44) betont zurecht die Eigenständigkeit der Art und bildet ein Exemplar aus Gams ab (pl.1, fig. 2,3).

<sup>5</sup> Die Form ist bisher aus der Gosau-Gruppe nicht bekannt. Sie ist verhältnismäßig groß und besitzt flache Umgänge. Die Skulptur besteht aus etwas schiefen, kräftigen Kollabralrippen und engen Spiralfurchen. Die Peripherie ist kantig, abapikal tritt eine zweite Kante auf.

<sup>6</sup> Kleine, dreieckige Klappen mit wenigen lateralen Rippen.

## 3. Gagat

### 3.1. Probenmaterial und Untersuchungsmethoden

Untersucht wurden 10 Gagat-, Kohle- und Nebengesteinsproben aus dem Haspelgraben und der Schönleiten sowie dem ehemaligen Kohleschurf am Eingang der Nothklamm. Für Vergleichszwecke wurden zusätzlich 17 Gagat- und Kohleproben von verschiedenen Gosaubecken untersucht.

Die petrographische Untersuchung der organischen Substanz und die Bestimmung der mittleren Vitrinitreflexion (Rr) wurden mit einem Auflichtmikroskop MPV-2 der Fa. Leitz nach den gängigen Methoden (STACH et al., 1982) durchgeführt. Beim Studium bituminöser Stoffe bewährte sich der Einsatz einer Fluoreszenzeinrichtung.

Je zwei Analysen des organischen Kohlenstoffgehaltes (TOC) und des Gesamtschwefelgehaltes wurden pro Probe mit einem LECO CS 300 Gerät durchgeführt.

Ein Rock-Eval 2+ Gerät wurde für Pyrolyse-Untersuchungen verwendet (ESPITALIÉ et al., 1977). Wiederum wurde jede Probe doppelt gemessen. Wichtige Parameter zur Charakterisierung des im Sediment enthaltenen organischen Materials sind:

- S1: Menge an freien Kohlenwasserstoffen (mg KW/g Gestein), die im Sediment enthalten ist.
- S2: Menge an Kohlenwasserstoffen (mg KW/g Gestein), die während der Pyrolyse aus dem Kerogen neu gebildet wird.
- S3: Menge an CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub>/g Gestein), die während der Pyrolyse aus dem Kerogen neu gebildet wird.
- PI: Produktions-Index ( $S1/(S2+S1)$ ).
- HI: Wasserstoff-Index ( $S2/TOC$ )x100.
- OI: Sauerstoff-Index ( $S3/TOC$ )x100.
- Tmax: Temperatur (°C), bei der ein Maximum an S2 Kohlenwasserstoffen generiert wird.

### 3.2. Organische Petrologie

Gagat ist ein bitumenreiches Treibholz, das sich durch homogene physikalische Eigenschaften auszeichnet, die ihm einen eigentümlichen tiefen Farbton, matten Glanz und ausgezeichnete Schleif- und Polierfähigkeit verleihen. Im Vergleich zu "normaler" Kohle ist er im allgemeinen wenig kompaktiert. Nahe der Bodenschicht gelegener Gagat ist durch Oberflächeneinflüsse stark brüchig.

Organisch-petrologisch ist er nach der neuen Vitrinit-Klassifikation gemäß des ICCP Systems 1994 (INTERNATIONAL COMMITTEE FOR COAL AND ORGANIC PETROLOGY, 1994) als Collotelinit anzusprechen. Er weist eine deutlich erkennbare Fluoreszenz auf. Oftmals werden unter dem Mikroskop hohe Harz(Resinit)-Gehalte beobachtet. Mitunter füllt Bitumen (Exsudatinit) Risse in der Kohle, die in Harzzellen ihren Ausgang nehmen. Dies zeigt, daß die Harze temperaturbedingt (> 50°C) mobil geworden sind. Im Vergleich zur "normalen" Kohle ist die Vitrinitreflexion des Gagats signifikant reduziert

(vgl. Tab. 1). Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß bituminöse Substanzen nicht nur Risse füllen, sondern die gesamte holzige Grundmasse des Gagats imprägniert haben.

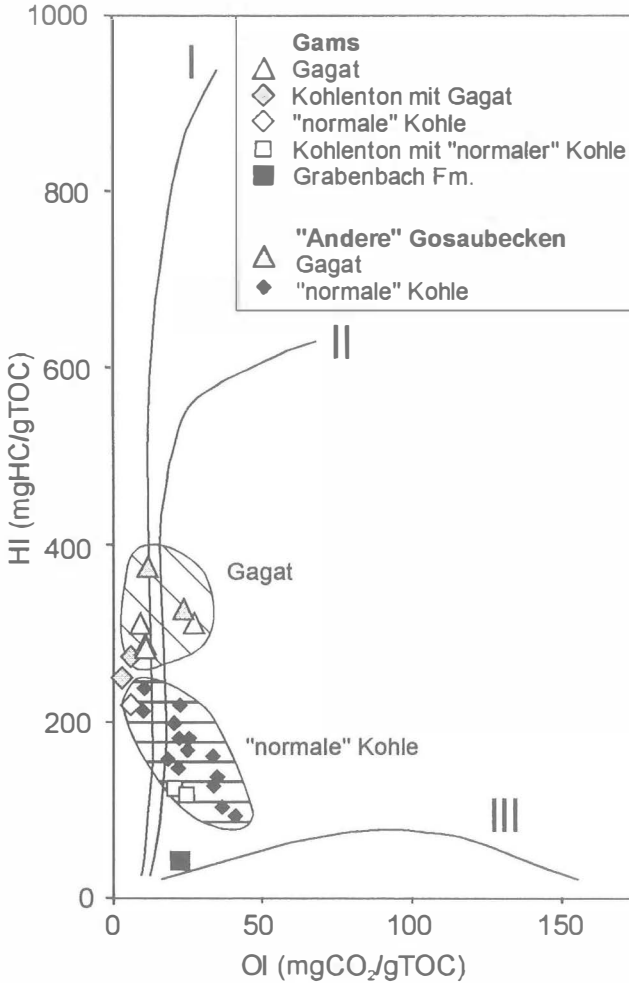


Abb.3: HI/OI Diagramm für Proben aus Gams und anderen Gosaubecken. Beachte die hohen Wasserstoffindexwerte (HI) der Gagatproben.

### 3.3. Rock Eval Pyrolyse

Die gemessenen Daten sind in Tabelle 1 aufgelistet. Der Wasserstoffindex (HI) von Gagat reicht von 280 mg bis 375 mg HC/g TOC und entspricht jenem malmischen Gagats in Spanien (vgl. SUÁREZ-RUIZ et al., 1994a). Der HI-Wert von Gagat ist deutlich höher als jener "normaler" Kohle (Abb. 3).

Probe	TOC (%)	S (%)	Rock Eval Pyrolyse							Vitrinitreflexion			Bemerkungen
			SI	S2	S3	PI	HI	OI	T <sub>max</sub> (°C)	Rr (%)	Stand.-abw.	Anzahl	
<b>GAMS</b>													
<b>Haspelgraben</b>													
1	62.80	2.18	3.33	177.48	6.79	0.02	283	11	415	0.28	0.01	16	Gagat
2	1.43	1.74	0.11	1.68	0.35	0.06	117	24	432				Mergel
3	28.60	3.16	1.89	71.16	0.74	0.03	249	3	416	0.58	0.06	49	Kohleton
4	6.65	3.35	0.96	18.27	0.37	0.05	275	6	415	0.55	0.05	50	Kohlef. Muschelschill
5	72.85	2.26	3.79	203.75	7.51	0.02	280	10	413				Gagat
6	0.99	1.38	0.08	0.41	0.22	0.16	41	22	426				Grabenbach-Mergel
<b>Sonnleiten</b>													
gaga5/95	73.95	1.87	5.71	228.70	6.58	0.02	309	9	414	0.35	0.02	17	Gagat
gaga6/95	23.20	0.99	0.48	28.31	4.71	0.02	122	20	436	0.66	0.06	50	Kohleton
Gos74	67.78	2.53	6.34	208.47	18.12	0.03	308	27	416	0.30			Gagat
<b>Gams/Pitzengr.</b>													
7	15.55	8.47	1.80	34.29	0.87	0.05	221	6	422	0.57	0.03	16	Kohleton
<b>SONSTIGE GAGATVORKOMMEN</b>													
Bad Ischl	55.83	3.40	1.67	180.93	12.82	0.01	324	23	394				Gagat
Unterlaussa	74.12		4.99	277.57	8.53	0.02	374	12	412	0.20/0.53			Gagat
<b>SONSTIGE GOSAU KOHLEN</b>													
Piesting	62.46	4.73	3.32	84.74	21.61	0.04	136	35	433	0.56	0.05	60	"normale" Kohle
Muthmannsdorf	57.83	4.07	4.29	96.73	14.25	0.04	167	25	427	0.61	0.04	100	"normale" Kohle
Magdalenstollen	52.22	6.42	1.77	76.12	11.14	0.02	146	21	428	0.58	0.05	78	"normale" Kohle
Magdalenstollen	63.76	1.76	2.73	116.07	13.81	0.02	182	22	429	0.56	0.03	75	"normale" Kohle
Magdalenstollen	56.33	5.13	4.13	110.93	11.39	0.04	197	20	424	0.58	0.06	100	"normale" Kohle
Magdalenstollen	63.12	4.83	3.94	114.74	15.90	0.03	182	25	426	0.58	0.05	52	"normale" Kohle
Grünbach	62.08	0.86	4.25	131.00	6.10	0.03	211	10	430	0.60	0.04	61	"normale" Kohle
Grünbach	69.46	1.19	8.41	165.29	7.09	0.05	238	10	429	0.58	0.04	56	"normale" Kohle
Reitzenberg	63.77	0.78	2.80	80.28	21.30	0.03	126	33	431	0.60	0.04	100	"normale" Kohle
Lanzing	57.87	3.23	3.27	93.13	19.22	0.03	161	33	431	0.45	0.04	50	"normale" Kohle
Frohnberg	60.38	1.94	4.34	131.95	13.40	0.03	219	22	402	0.31/0.42			Treibholz
St. Gallen	64.58	2.61	2.61	102.03	11.66	0.02	158	18	435	0.55	0.03	50	"normale" Kohle
Roßleithen			2.67	105.57	20.13	0.02			427	0.49	0.05	50	"normale" Kohle
Eisenbachtal	56.00	1.78	5.03	57.36	20.34	0.08	102	36	415	0.49	0.03	50	"normale" Kohle
Rainberg	56.94	3.01	3.79	52.61	23.12	0.07	92	41	407	0.29			Treibholz

Tabelle 1: Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC), Schwefelgehalt (S), Vitrinitreflexion von Proben aus Gams. Daten von Kohlen anderer Gosaubecken der Nördlichen Kalkalpen werden zum Vergleich mitgeteilt. Siehe Text für Erklärungen der Maßgrößen der Rock-Eval Pyrolyse und ihre Einheiten.

Dies gilt sowohl im Vergleich mit Oberkreide-Kohlen anderer Gosaubecken, als auch im Vergleich zu "normaler" Kohle im Bereich Gams (z.B. Kohleschurf im Pitzengraben). Bezüglich des Sauerstoffindex (OI) bestehen dagegen kaum Unterschiede. Im Fall von Kohlen trägt auch extrahierbares Bitumen zum S2-Peak bei (z.B. VERHEYEN et al., 1984). Die hohen HI-Werte sind daher auf den hohen Gehalt der Kohle an bituminösen Substanzen zurückzuführen.

Die HI-Werte des Gagats korrelieren mit hohen Gehalten an flüchtigen Bestandteilen (z.B. Gos74: 58% wasser- und aschefrei; waf), die jene "normaler" Oberkreide-Kohlen (43–49% waf) deutlich übertreffen (SACHSENHOFER, 1987).

Offensichtlich werden die bituminösen Stoffe während der Pyrolyse bei relativ geringeren Temperaturen frei. Der Tmax-Wert von Gagat ist daher bei ähnlichem Inkohlungsgrad stets geringer als der "normaler" Kohle (vgl. Tab. 1).

Kohleton (z.T. mit Muschelschill) weist teils relativ hohe, teils niedrige HI-Werte auf. Eine Mergel Probe aus dem gagatführenden Horizont im Haspelgraben (Probe 2) weist einen geringen HI-Wert auf. Ein noch geringerer HI-Wert kennzeichnet eine Mergel-Probe aus der Grabenbach-Fm. Sedimente mit HI-Werten deutlich über 300 mg HC/g TOC, wie sie in Begleitung des Gagats des Posidonienschiefers in Deutschland und England auftreten (z.B. LITKE, 1993), konnten nicht nachgewiesen werden.

### **3.4. Thermische Reife**

Zur Bestimmung des Inkohlungsgrades wurde die mittlere Vitrinitreflexion (%Rr) "normaler" Kohlen bestimmt. Diese schwankt für Proben aus Gams zwischen 0,53 und 0,66%Rr und weist damit auf den Grenzbereich zwischen Braun- und Steinkohle hin. Die Sedimente befinden sich damit am Beginn des "Öfensters". Diese Bestimmung stimmt mit der Beobachtung von migriertem Bitumen in Rissen überein.

Der Tmax-Wert "normaler" Kohle bestätigt den Inkohlungsgrad. Jener von Gagat ist aufgrund der Bituminierung reduziert.

### **3.5. Schwefel**

Der Gesamtschwefelgehalt der untersuchten Kohlen- und Gagat-Proben ist hoch (bis 8,47 Gew.%; Tabelle 1). Dies bestätigt das marine Ablagerungsmilieu.

### **3.6. Herkunft der bituminösen Substanz**

Die Herkunft der bituminösen Substanzen, die die Treibhölzer imprägnieren, ist noch ungeklärt. In der Folge werden drei Möglichkeiten diskutiert:

Externe Bitumenquelle: Im Fall des liassischen Gagats NW-Europas wird angenommen, daß die Treibhölzer während der Diagenese mit Bitumen aus dem umgebenden Posidonienschiefer imprägniert wurden (STACH et al., 1982). Für den malmischen Gagat Spaniens wird gleichfalls eine externe Bitumenquelle angenommen (SUÁREZ-RUIZ et al., 1994a). In der Gamser Gosau konnten bisher (abgesehen vom Gagat) keine Bituminen-reichen Sedimente nachgewiesen werden. Die untersuchten Mergel und Kohletone weisen zudem nur geringe Mengen an Liptiniten (z.B. Sporinit, Alginit, Liptodetrinit) auf.

Interne Bitumenquelle: In harzreichen Gagat-Varietäten könnte das Bitumen von den Harzen abgeleitet werden. SUÁREZ-RUIZ et al. (1994b) betonen, daß die "Resinitisierung" von Zellgeweben vor ihrer Einbettung im Sediment dem fossilen Holz chemische Eigenschaften verleihen können, die jenen von Gagat ähnlich sind.

Mikrobielle Aktivität: Wasserstoff-reicher Vitrinit kann auch durch den Einbau mikrobieller Kohlenwasserstoffe entstehen (SCHNITZLER & NEYROUD, 1975; MASTALERZ et al., 1993). Marines Milieu stimuliert aufgrund der hohen pH-Werte die mikrobielle Aktivität. Möglicherweise setzte eine mikrobielle "Attacke" bereits vor der Einbettung der Treibhölzer ein. Der Austern-Aufwuchs zeigt, daß die Treibhölzer längere Zeit dem Meerwasser ausgesetzt waren. Detailliertere organisch-geochemische Untersuchungen sind nötig, um diese Hypothese zu überprüfen.

#### 4. Zur Palökologie des Ablagerungsraums

Die in den stratigraphisch tiefsten fossilführenden Gesteinen der Schönleiten Formation an der Straßenkehre oberhalb des Schwimmbads vorkommende reiche Molluskenfauna ist individuenreich. Sie besteht aus *Neritoptyx*, *Cassiope*, *Pirenella*, *Echinobathra*, *Potamides* und *Naticidae*. Das Vorkommen der Naticidae weist auf voll marines Milieu hin. Der Kiefer des Fisches *Coelodus plethodon* ARAMBOURG & JOLEAUD, beschrieben von SCHULTZ & PAUNOVIC (1996) bestätigt dies. Die unregelmäßige Anordnung der Mollusken zeigt zumindest zeitweise stärkere Wasserbewegung an. Das Assemblage entspricht weitgehend der Cassiope-Pirenella-Vergesellschaftung von KOWALKE & BANDEL (1996) aus der Gosau-Gruppe von Brandenburg. Wegen des Fehlens voll mariner Elemente wird dort als Ablagerungsraum brackisch-lagunäres Milieu mit Verbindung zum offenen Meer angenommen.

Im Aushub auf der Schönleiten sind Turritletten häufig. Weiters treten *Gymnentome* und dünnschalige Muscheln wie *Pseudamussium* und *Phelopteria* hinzu. In verschiedenen Proben kommen planktonische Foraminiferen vor (siehe auch KOLLMANN, 1964). *Cassiope* und *Pirenella* treten weiterhin auf. *Pirenella* ist jedoch viel seltener als im vorher beschriebenen Assemblage.

Das Assemblage deutet auf eine Ablagerung in Wassertiefen unterhalb der Schönwetter-Wellenbasis hin. Die planktonischen Foraminiferen weisen auf den Übergang zu einem Äußeren Schelfbereich hin (SANDERS, KOLLMANN, WAGREICH, 1997). Auffallend ist, daß *Cassiope* auch in diesem faziellen Bereich auftritt und somit große ökologische Toleranz aufweist.

Bei den Austern und Cardien des Muschelschills im stratigraphisch Hangenden sind die Klappen desartikuliert. Die Dislokation durch kurzfristige höhere Wasserenergie durch ein Sturmereignis scheint am wahrscheinlichsten. Dies trifft auch auf die im gleichen Profil vorkommende Sandsteinlagen zu, bei denen Flaser bedding und Lamination auftritt.

Die dünnen Kohlelagen in den Kohletonen sind durch Inkohlung kleiner Pflanzenbruchstücke entstanden. Reste in Pflanzenanhäufungen dunkelgrauer Mergel sind nur wenige Zentimeter groß. Vorläufige Untersuchungen durch J. Kovar-Eder und die Funde von Zapfen weisen Koniferen nach.

Zu Gagat umgewandelt sind dagegen größere Hölzer, die vom Festland als Treibhölzer eingeschwemmt wurden. Zusammen mit dem Gagat vorkommende Austernschalen waren auf dem Treibholz aufgewachsen. Sie weisen auf ein längeres Treiben des Holzes hin, bevor dieses auf den Meeresboden sank. Möglicherweise wurden die Treibhölzer bereits während dieser Phase von Mikroben zersetzt. Die nachgewiesene Ausdehnung des Vorkommens läßt das Vorhandensein von Gagathorizonten durch den zeitweisen Eintrag größerer Mengen von Baumstämmen vermuten.

## 5. Rekonstruktion des Ablagerungsraumes

Die in der Schönleiten Formation von Gams vorkommenden Molluskenarten treten auch in anderen Gosaubecken auf. Große Artenübereinstimmung besteht mit dem Becken von Brandenberg (SCHENK, 1969; KOWALKE & BANDEL, 1996). Dies zeigt eine offene Zirkulation an. Auf der anderen Seite läßt die lagenweise Ansammlung von inkohltem Holz auf Mechanismen schließen, die das durch Flüsse vom Festland eingebrachte, mengenmäßig nicht unbeträchtliche Pflanzenmaterial so lange zurückhielt, bis es mit Wasser getränkt auf den Meeresboden sank.

Zur Zeit der Ablagerung war das Becken daher breiter als heute. Zur Lage des nächstgelegenen Festlands gibt es keine direkten Anhaltspunkte. Die von Sturmlagen unterbrochenen feinkörnigen Ablagerungen weisen auf eine distale Sedimentation hin. Das Auftreten von Geröllen im Süden des Beckens könnte auf Festland in dieser Richtung hinweisen, wobei allerdings die Alterseinstufung der Konglomerate nicht sicher ist. Die tektonische Einengung von Süden hat wohl zu einer Hebung und damit zur Bildung einer Steilküste in diesem Bereich geführt.

## 6. Zusammenfassung

Die gagatführende Serie von Gams (Schönleiten Formation) wurde im vollmarinen Bereich abgelagert. Die Liegendabschnitte entstanden unter lagunären Bedingungen. Die Fauna des Hangendbereichs zeigt dagegen offen marine Bedingungen im Übergangsbereich zum Äußeren Schelf an. Lumachellen und Sandsteinlagen mit Flaser bedding und Lamination sind auf Sturmereignisse zurückzuführen.

Die Anordnung im Aufschluß läßt auf Gagathorizonte innerhalb der Schichtfolge schließen. Der Mechanismus, der aus den Treibhölzern Gagat entstehen ließ, ist noch nicht restlos geklärt. Die für Gagat charakteristischen bituminösen Substanzen können externen (Umgebungsgestein) oder internen Quellen (Harze) entstammen. Möglich erscheint auch ein Einbau bituminöser Stoffe aufgrund mikrobieller Aktivität.

## Dank

Diese Studie wurde im Auftrag der Gemeinde Gams durchgeführt. Die Verfasser danken dem Bürgermeister von Gams, Herrn NR.Abg.i.R. Hermann LUSSMANN für diesen Forschungsauftrag und die Genehmigung zur Publikation der Ergebnisse. Besonders hervorgehoben sei sein ständiges Interesse an dieser Arbeit. Unser Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. H.J.MAURITSCH, Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben, für die zur Verfügung gestellten Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung. Herrn Dr. Herbert SUMMESBERGER, Naturhistorisches Museum Wien, sei für die wertvolle Hilfe bei der Vermessung des Profils sehr herzlich gedankt.

## 7. Literatur

- CLEEVELY, R.J & N.J.MORRIS (1988): Taxonomy and ecology of Cretaceous Cassiopidae (Mesogastropoda). - Bull.Br.Mus.nat.Hist.(Geol.), 44: 233-291, 19 Textfig., London.
- COSSMANN, M. (1903): Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. - Ass.Fr., Compte rendu, 32 (Angers): 626-639, 2 pl., Paris.
- ESPITALIÉ, J., LAPORTE, J.L., MADEC, M., MARQUIS, F., LEPLAT, P., PAULET, J. & BOUTEFEU, A. (1977): Méthode rapide de caractérisation des roches mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. - Rev. Inst. Fr. Pet., 32, 23-43, Paris.
- FREH, W. (1956): Alte Gagatbergbaue in den Ostalpen. - Min. Mitt. Joanneum, 1956, 1-14., 4 Abb. Graz.



- INTERNATIONAL COMMITTEE FOR COAL AND ORGANIC PETROLOGY (1995): Vitrinite Classification. ICCP System 1994, 24pp., Aachen.
- KOLLMANN, H.A. (1964): Stratigraphie und Tektonik des Gosaubeckens von Gams (Steiermark, Österreich). - *Jb.Geol.B.-A.*, 107, 71-159, Wien.
- KOWALKE, TH. & BANDEL, K. (1996): Systematik und Paläoökologie der Küstenschnecken der nordalpinen Brandenberg-Gosau (Oberconiac/Untersanton) mit einem Vergleich zur Gastropodenfauna des Maastrichts des Treppebeckens (Südpyrenäen, Spanien). - *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.*, 36, 15-71. München.
- LITKE, R. (1993): Deposition, diagenesis and weathering of organic matter-rich sediments. - *Lect. Notes in Earth Sciences*, 47, 216 S, Berlin.
- MASTALERZ, M., WILKS, R. & BUSTIN, R.M. (1993): Variation in vitrinite chemistry as a function of associated liptinite content; a microprobe and FT-IR investigation. - *Org. Geochem.*, 20, 555-562, Oxford.
- MAURITSCH, H.J., HOLUB, B.B., BERNHARD, M. & SACHSENHOFER, R.F. (1992): Geophysikalische Gagarprospektion, Gams/Hieflau. - *Leobener Hefte zur Angewandten Geophysik*, 4, 96-110, Leoben.
- D'ORBIGNY, A. (1842-43): *Paléontologie Francaise*, Band *Gastéropodes crétaées*. - Paris
- PETERS, C. (1852): Beiträge zur Kenntnis der Lagerungsverhältnisse der oberen Kreideschichten in den Alpen. - *Abh. Geol. R.-A.*, 1/2, 1-20, Wien.
- PETROVA, R., MINCEV, D. & NIKOLOV, Z. (1985): Comparative investigations on gagate and vitrain from the Balkan coal basin. - *Int. J. Coal Geol.*, 5, 275-280, Amsterdam.
- REINECK, H.-E. & I.B.SINGH (1973): *Depositional Sedimentary Environments*. - XVI und 439 Seiten, 579 Textfig. Springer-Verlag, Heidelberg.
- REUSS, A.E. (1853): Kritische Bemerkungen über die von Herrn Zekeli beschriebenen Gastropoden der Gosaugebilde in den Ostalpen. - *Sitzungsber.kais.Akad.Wiss., mathem.-naturw.Kl.*, 11: 882-923, 1 pl., Wien.
- REUSS, A.E. (1854): Beiträge zur Charakteristik der Kreideschichten in den Ostalpen, besonders im Gosauthale und am Wolfgangsee. - *Denkschr. Akad.Wiss.*, 7, 1-148, 31 pl., Wien.
- SACHSENHOFER, R.F. (1987): Fazies und Inkohlung mesozoischer Kohlen der Alpen Ostösterreichs. - *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 80, 1-45, Wien.
- SANDERS, D., KOLLMANN, H.A., WAGREICH, M. (1997): Sequence development and biotic assemblages on an active continental margin: the Turonian-Campanian of the Northern Calcareous Alps, Austria. - *Bull.Soc.géol. France*, 168: 351-372, 9 Textfig., 2 Taf., Paris.
- SCHENK, V. (1969): Zur Gastropodenfauna und Biofazies der mittleren Gosau (O.Kreide) von Brandenberg in Tirol. - *Diss. Univ. München*, 197 pp., 3 pl., München.
- SCHNITZLER, M. & NEYROUD, J.A. (1975): Alkanes and fatty acids in humic substances. - *Fuel*, 54, 17-19, London.

- SCHULTZ, O. & PAUNOVIC, M. (1997): Der Nachweis von *Coelodus* (Osteichthyes, Pycnodontidae) im Turonien (Oberkreide) von Gams bei Hieflau, Steiermark, Österreich, und aus der Oberkreide von Kroatien und Istrien. - *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*, 98A, 73-141, Wien.
- SIEGL-FARKÁS, A. & WAGREICH, M. (1996): Correlation of palyno-(spores, pollen, dinoflagellates) and calcareous nannofossil zones in the Late Cretaceous of the Northern Calcareous Alps (Austria) and the Transdanubian Central Range (Hungary). - *Advances in Austrian-Hungarian Joint Geol.Res.*, 127-135, 3 Textfig., Budapest.
- STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R. (1982): *Stach's Textbook of Coal Petrology*, 535 S., Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- STOLICZKA, F. (1965): Eine Revision der Gastropoden der Gosauschichten in den Ostalpen. - *Sitzungsber.kais.Akad.Wiss.*, 120 pp., 1 pl., Wien.
- STUR, D. (1871): *Geologie der Steiermark*. XXXI und 654 Seiten. Graz
- SUÁREZ-RUIZ, I., IGLESIAS, M.J., JIMÉNEZ, A., LAGGOUN-DÉFARGE, F. & PRADO, J.G. (1994a): Petrographic and geochemical anomalies detected in Spanish Jurassic Jet. - In: P.K. MUKHOPAHYAY & W.G. DOW (Hrsg.) *Vitrinite Reflectance as a Maturity Parameter. Applications and Limitations*, ACS Symposium Series 570: 76-92, Washington DC.
- SUÁREZ-RUIZ, I., JIMÉNEZ, A., IGLESIAS, M.J., LAGGOUN-DÉFARGE, F. & PRADO, J.G. (1994b): Influence of resinite on huminite properties. - *Energy & Fuels*, 8, 1417-1424, Washington.
- SUMMESBERGER, H. (1997): Siehe SCHULTZ, O. & PAUNOVIC, M.
- VERHEYEN, T.V., JOHNS, R.B. & ESPITALIÉ, J. (1984): An evaluation of Rock-Eval pyrolysis for the study of Australian coals including their kerogen and humic acid fractions. - *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 63-70, London.

#### Anschrift des Verfassers:



Dr. Heinz A. KOLLMANN  
 Naturhistorisches Museum  
 Geologisch-Paläontologische Abteilung  
 Burgring 7, A-1014 Wien



Dr. Reinhard F. SACHSENHOFER  
 Montanuniversität Leoben  
 Institut für Geowissenschaften  
 Franz-Josef-Str.18, A-8700 Leoben

# ***Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN in der kohleführenden Abfolge von Oberdorf N Voitsberg, Steiermark.**

Johanna KOVAR-EDER, Barbara MELLER und Reinhard ZETTER

Mit 2 Abbildungen, 4 Tabellen und 3 Tafeln

## **Zusammenfassung**

Das reiche Vorkommen von *Cercidiphyllum* - Blätter, Fruktifikationen, Pollen, Zweige mit Kurztrieben - in der kohleführenden Abfolge von Oberdorf N Voitsberg (Steiermark; Unter-Miozän, Ottnangium), stellt eine bemerkenswerte Ausnahme unter den europäischen tertiären Pflanzenfundstellen dar. Blätter und Früchte können der Art *Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W. BROWN, Lang- und Kurztriebe sowie Pollen der Gattung *Cercidiphyllum* zugeordnet werden. Die Kurztriebanordnung an den Langtrieben variiert von gegenständig, annähernd gegenständig bis alternierend. Diese ungewöhnlich große Variation ist auch bei den rezenten Arten der Gattung anzutreffen. Im Gebiet von Oberdorf wird *Cercidiphyllum* vor allem als wesentliche Komponente der häufig überschwemmten Niederungsflußwälder zur Zeit der Ablagerung der Beckenfüllung interpretiert. Die *Cercidiphyllum* führenden Vergesellschaftungen von Oberdorf werden mit jenen bekannter europäischer Lokalitäten verglichen.

## **Abstract**

In the coal-bearing sediments of Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria (Early Miocene, Ottnangium - Central Paratethys stage) *Cercidiphyllum* is exceptionally well documented by leaves, fructifications, pollen, long and short shoots. Leaves and fruits are assigned to the species *Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN, pollen, long and shortshoots to the generic level of *Cercidiphyllum* only. The short shoot arrangement on the long shoots varies between opposite, subopposite and alternate. This exceptionally wide range corresponds with that found in the extant species of the genus. In Oberdorf, *Cercidiphyllum* is regarded an important component of fluvialite, often inundated lowland forests. The floristic compositions of the *Cercidiphyllum* bearing plant assemblages of Oberdorf are compared with well known ones from Central Europe.

## Einleitung

Die paläobotanischen Untersuchungen der untermiozänen Beckenfüllung der Oberdorfer Mulde im Köflach-Voitsberg Braunkohlerevier haben die Rekonstruktion der damaligen Vegetationsverhältnisse zum Ziel. Die Schichtabfolge ist in weiten Abschnitten reich an Pflanzenfossilien: Blätter, Früchte, Hölzer und Pollen. Mit Ausnahme der zumeist stark komprimierten Hölzer gestattet der Erhaltungs-zustand der anderen Pflanzenorgane in den überwiegenden Fällen eine botanische Bestimmung. Im Bereich des Möglichen wird versucht, alle pflanzlichen Organe (Blätter, Früchte und Pollen) einer Schicht zu untersuchen. Dadurch entsteht ein vollständigeres Bild der Flora als durch die Untersuchung nur einer Organgruppe (z.B. Blätter), denn die Faktoren, die zur Fossilisation von Blättern, Früchten oder Pollen führen, unterscheiden sich vielfach voneinander. Der Nachweis einzelner taxonomischer Gruppen unterschiedlichen Ranges (wie Familien, Gattungen und Arten) kann auf mehreren Organen beruhen: *Trigonobalanopsis* ist durch *T. exacantha* (MAI) KVACEK & WALTHER (Früchte) / *T. rhamnoides* (ROSSMÄSSLER) KVACEK & WALTHER (Blätter) und *T. schmidtii* WALTHER & ZETTER (Pollen) dokumentiert. Die Familie der Lauraceen hingegen ist in Oberdorf mit nunmehr 6 Arten durch Blätter belegt, durch Früchte mit zwei Taxa, ist aber niemals im Pollenspektrum nachweisbar. Andererseits sind zahlreiche Familien nur aus den Pollenspektren bekannt. Ihre Nachweise fehlen bei Blättern und Früchten (z.B. Sapotaceae, Buxaceae).

Die Gattung *Cercidiphyllum* ist in Oberdorf mit Blättern, Fruktifikationen, Pollen und Zweigen - Langtrieben mit Kurztrieben - und isolierten Kurztrieben überliefert. ETTINGSHAUSEN (1858) lagen bereits mehrere Blätter mit der Fundortbezeichnung "Köflach" vor, die er als *Dombeyopsis helicteroides*, *Ceanothus macrophyllus*, *Zizyphus daphnogenes* und *Dombeyopsis grandidentata* beschrieb. In den einzelnen Profilabschnitten des Tagebaus Oberdorf sind die Reste von *C. crenatum* in wechselnder Häufigkeit und in Vergesellschaftungen unterschiedlicher Zusammensetzung vertreten. Die Besonderheiten des Vorkommens sind Gegenstand dieses Beitrages.

Folgende Abkürzungen werden wiederholt angeführt:

W - Herbar der Botanischen Abteilung, Naturhistorisches Museum Wien

NHMW - Naturhistorisches Museum Wien

## Geographischer, geologischer und stratigraphischer Rahmen

Ca. 25 km westlich von Graz (ÖK-Blatt 1:50.000 Nr. 163) befindet sich der Braunkohletagebau Oberdorf in Bärnbach, N Voitsberg. Er ist Bestandteil des Köflach-Voitsberger Kohlereviere (Abb. 1 oben), das in der nordwestlichsten Bucht des Steirischen Beckens liegt (Abb. 2). Die sedimentäre

Beckenfüllung der Oberdorfer Mulde wird der Köflach-Voitsberg Formation zugerechnet. Die Mächtigkeit der Beckenfüllung erreicht mehr als 300 m. In Oberdorf ist ein bauwürdiges Flöz in der westlichen und östlichen Teilmulde entwickelt. Im Westen der westlichen Teilmulde und im Osten der östlichen spaltet dieses in ein liegendes und hangendes Flöz auf (Abb.1 unten).

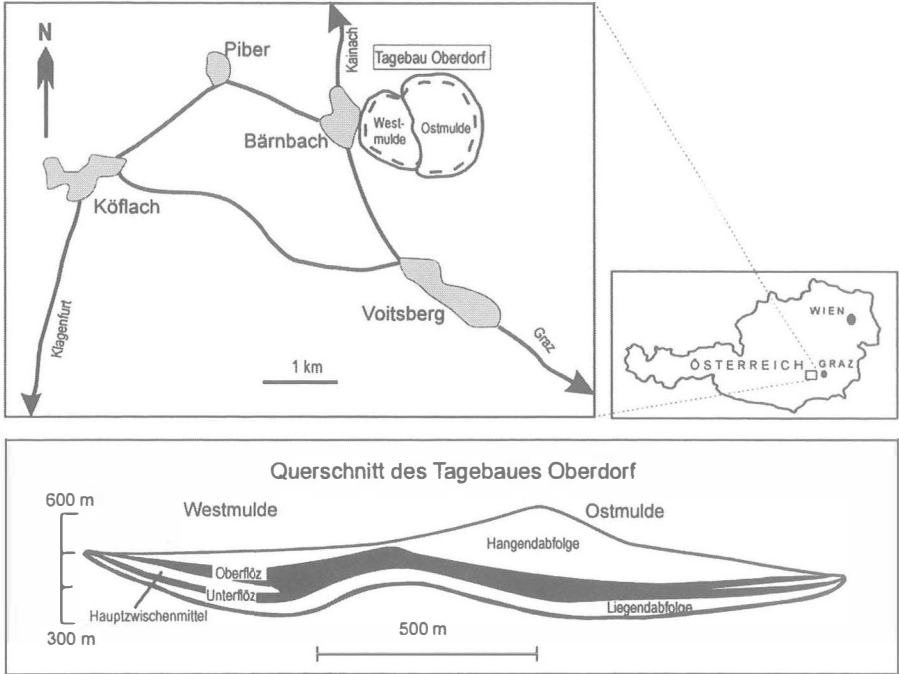


Abb.1: oben: Geographische Lage des Köflach-Voitsberger Braunkohlereviere. unten: Schematischer Querschnitt (Ost / West) durch die Lagerstätte Oberdorf. Das in beiden Teilmulden entwickelte Flöz spaltet im Osten der Ostmulde und im Westen der Westmulde auf.

Reiche Vertebratenfaunen aus den hangenden Teilen der Köflach-Voitsberg Formation im Tagebau Oberdorf führten zur Einstufung dieses Abschnittes in die neogene Säugerzone MN 4, die mit dem Ottnangium/tiefsten Karpatium (Unter-Miozän) korreliert wird (DAXNER-HÖCK et al. 1998; STEININGER et al. 1998). Durch die paläomagnetischen und magnetostratigraphischen Untersuchungen in Oberdorf (MAURITSCH & SCHOLGER 1998) wird die Korrelation der positiv magnetisierten Teile der Hangendschichtfolge mit dem Chron C5Dn der GPTS und die Einengung dieses Abschnittes auf das jüngere Ottnangium vorgenommen (Tab.1).

# ZEITTADEL DES UNTER-MITTEL-MIOZÄNS

ZEIT (Ma)	CHRON	POL.	EPOCHE	ALTER	STUFEN DER ZENTRALEN PARATETHYS	EUROPÄISCHE SÄUGETIER ZONEN	LOKALITÄTEN IN ÖSTERREICH	LOKALITÄTEN IN DEUTSCHLAND *REFERENZFAUNEN	EUROPÄISCHE FAUNEN-EINHEITEN							
12	C5An		MIOZÄN	MITTEL	Serravallium	MN - 7/8		* La Grive M	ASTARACIUM							
13	C5Ar					BADENIUM	MN - 6			* Sansan						
14	C5ACn C5ADn						Langhium	KARPATIUM		Teiritzberg, Obergänsemdorf	* Pont-Levoy-Thenay Puttenhausen Langenmoosen Engelswies					
15	C5ADn										Burdigallium	OTTNANGIUM	Oberdorf	* La Romieu, Rauscherod		
16	C5Br													EGGENBURGIUM	MN - 3	Maigen
17	C5Cn			EGGERIUM	MN - 2			* Wintershof-West								
18	C5Cr					Aquitanium										
19	C5Dr															
20	C5En															
21	C5Er															
22	C6n															
	C6r															
	C6An															
	C6Ar															
	C6AAr															

Tab. 1: Stratigraphische Tabelle, Unter- und Mittel-Miozän und Stellung der Vertebratenfauna von Oberdorf (nach STEININGER et al. 1996, modifiziert DAXNER-HÖCK et al. 1998).

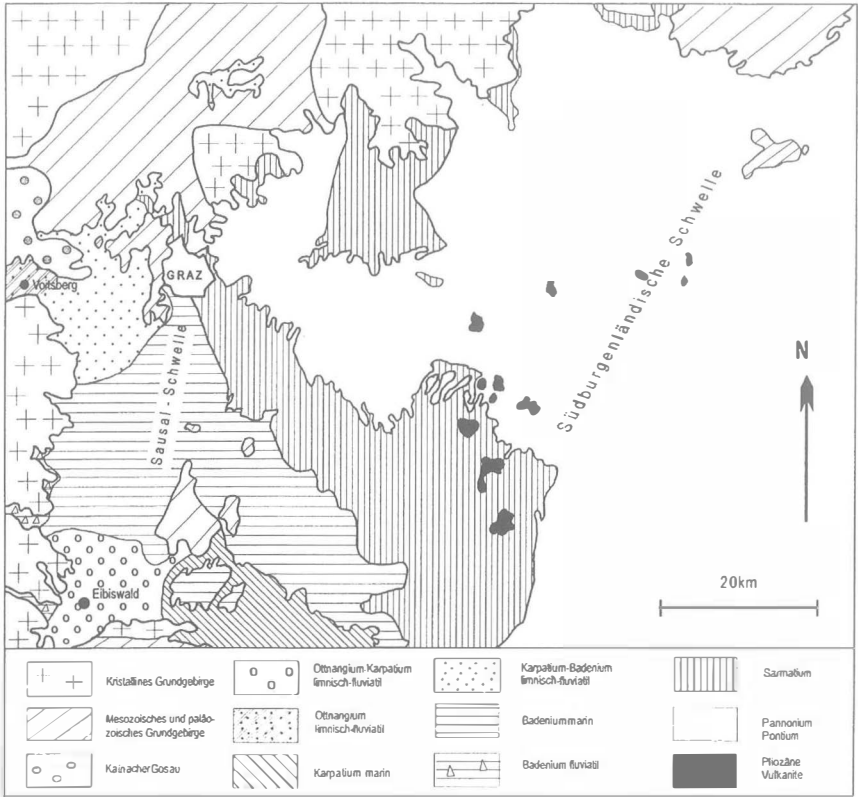


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte des steirischen Tertiärbeckens (nach OBERHAUSER 1980: Abb.133).

Eine detaillierte Darstellung der geologischen, sedimentären und paläo-ökologischen Verhältnisse geben HAAS (1998) und HAAS et al. (1998).

***Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN**

Taf.1 Fig.3-6, Taf.2, Taf.3 Fig.1

Die Synonymie beschränkt sich auf Nachweise aus dem Köflach-Voitsberg Braunkohlerevier

- 1858 *Dombeyopsis helicteroides* ETTINGSH. - ETTINGSHAUSEN: 750, Taf.3 Fig.2
- 1858 *Ceanothus macrophyllus* ETTINGSH. - ETTINGSHAUSEN: 754, Taf.3 Fig.3
- 1858 *Zizyphus daphnogenes* ETTINGSH. - ETTINGSHAUSEN: 753, Taf.3 Fig.7
- 1858 *Dombeyopsis grandidentata* ETTINGSH. - ETTINGSHAUSEN: 750, Taf.3 Fig.9
- 1995 *Cercidiphyllum helveticum* (HEER 1855) JÄHNICHEN, MAI & WALTHER-MELLER: 46, Taf.7 Fig.1-4
- 1996 *Cercidiphyllum helveticum* - MELLER: Tab.1-2

- 1996 *Cercidiphyllum helveticum* - KOVAR-EDER: Tab.1  
 1998 *Cercidiphyllum helveticum* - KOVAR-EDER et al.: tab.5  
 1998a *Cercidiphyllum helveticum* (HEER 1855) JÄHNICHEN, MAI & WALTHER-MELLER: Taf.7 Fig.1-4  
 1998b *Cercidiphyllum helveticum* - MELLER: Tab.1,3-5  
 1998 *Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN - KOVAR-EDER: Pl.1, Figs. 23, 24  
 in Druck *Cercidiphyllum crenatum* - MELLER et al.: tab.4  
 in Druck *Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN - KOVAR-EDER & MELLER: pl.1 figs.13,14

Das Typusmaterial ETTINGSHAUSENS (1858) gilt als verschollen. Die hier angeführten Binomina wurden in dieser Publikation erstmals beschrieben. Als jüngere Synonyme von *C. crenatum* wurden sie bereits von JÄHNICHEN et al. (1980: 358) erkannt. Es handelt sich daher um inkorrekte Binomina.

### **Blätter** (Taf.1 Fig.3-6)

(Die Nomenklatur der Blattgrößormorphologie folgt HICKEY (1973).

Lamina orbiculate, sehr variabel in der Größe bis mindestens 90 mm Breite und 60 mm Länge, Basis meistens cordate bis schwach lobate, Petiolus gerade, bis mindestens 27 mm lang; Blattspitze nur ausnahmsweise erhalten, obtuse; Blattrand deutlich crenate, drüsige Zahnsippen vereinzelt beobachtet. Nervatur actinodromous, häufig 7 Nerven (seltener 5, manchmal 9?) basal entspringend; mit Ausnahme des mittleren, der in die Blattspitze führt, bogig verlaufend, sich gabelnd und basal weitere Nerven gegen den Blattrand entsendend; vor dem Blattrand verbinden sich die Nerven schlingenförmig, feine Nervillen münden in die Zähne; Tertiärnervatur forked percurrent; Nervatur höherer Ordnungen random reticulate.

Die Kutikula (Taf.1 Fig.3) ist äußerst dünn und gestattet nur ausnahmsweise diagnostisch ausreichende Präparation. An der Blattunterseite sind die Umriss der Zellen kaum erkennbar, Antiklinen gerade bis leicht bogig verlaufend, Zellen ? domförmig gewölbt; Stomata ausnahmsweise erhalten, die Umriss der schmal spindelförmigen Aperturen erkennbar, (Stomatalänge ca. 18 and 19 µm), papillenartige Überlappung der Stomata durch die umlagernden Zellen.

### **Polykarprien-Balgfrüchte** (Taf.1 Fig.6, Taf.2, Taf.3 Fig.1)

Vollständige Fruchtstände (Polykarprien) von bis zu vier Balgfrüchten und isolierte Balgfrüchte; Stiele der Polykarprien ca. 10 mm lang, Balgfrüchte länglich-schmal; Länge der Balgfrüchte 5 - 18 mm, Breite 2,5 - 5 mm; Basis häufig keilförmig verschmälert, in ein 1 - 2,5 mm langes Stielchen übergehend; proximales Ende des Stielchens (Ansatz von Braktee am Polykarpiumstiel) wulstig verbreitert; Apex deutlich zugespitzt mit Griffelresten, die kurz und breit oder dünn, lang und gerade bis haken-(bogen-)förmig gekrümmt sein können; bei geöffneten Früchten kann der



Griffel gespalten sein; dorsaler Rand meist gerade, selten apikal konkav oder konvex gekrümmt, kürzer als ventrale Naht; ventrale Naht konvex, apikal stärker zugerundet; dorsale und ventrale Leitbündel verlaufen über die gesamte Länge; Exokarp mit sehr fein punktater Oberflächen-Struktur, die von dickwandigen nur über den Leitbündeln in unregelmäßigen Längsreihen liegenden Zellen verursacht wird; unter dieser Zellschicht sind meist große, rechteckige, parenchymatische Zellen erkennbar; Oberfläche der Innenseite der Früchte mit transversal verlaufenden Fasern; selten haften stellenweise zarte, häutige Reste an der Fruchttinnenseite.

Schwarze Flecken oder Pilzsklerotien von ca. 1 mm Durchmesser bedecken die Exokarp-Oberfläche einzelner Balgfrüchte (Taf.2 Fig.9).

### **Samen**

Weder in den Balgfrüchten noch isoliert im Sediment wurden Samen gefunden.

### ***Cercidiphyllum* sp.**

Mit hoher Wahrscheinlichkeit gehören Zweige und Pollen, die mit Fruktifikationen und Blattresten vergesellschaftet gefunden wurden, zur gleichen Art wie diese. Da sie jedoch nicht mit diesen im Verband vorliegen, dürfen sie *C. crenatum* nicht eindeutig zugeordnet werden:

### **Zweige mit Kurztrieben (Brachyblasten) (Taf.3 Fig.3-6)**

1998 *Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN - KOVAR-EDER: Pl. 1 Fig.25

Isolierte Kurztriebe sowie Aststücke mit Kurztrieben; Länge der Kurztriebe bis 9 mm mit bis zu 10 Nodien und 11 Internodien. Stellung der Kurztriebe an den Langtrieben deutlich gegenständig, annähernd gegenständig bis alternierend.

### **Pollen (Taf.3 Fig.8,9)**

1998 *Cercidiphyllum* - KOVAR-EDER et al.: Tab.4

in Druck *Cercidiphyllum* - MELLER et al.: Tab.3

Pollenkörner sphaeroidal-subprolat, Größe: Polachse 28-30  $\mu\text{m}$ , Äquatordurchmesser 24-27  $\mu\text{m}$ ; tricolpat, Kolpen sehr breit mit fragiler Keimstellenmembran, die leicht aufreißt, oder gänzlich fehlt; Pollenkornwand dünn, Nexine etwa gleich dick wie Sexine, semitectat, mikroreticulat.

## Diskussion

### Morphologisch-anatomische Besonderheiten Blätter

Es wurden zwei Belege von *C. japonicum* SIEBOLD & ZUCCARINI und einer von *C. magnificum* NAKAI kutikularanalytisch untersucht. Damit werden die Angaben von JÄHNICHEN et al. (1980: 370) ergänzt:

*Cercidiphyllum japonicum* SIEBOLD & ZUCCARINI, Yumoto, Japan, 23.6.24, Herbar W: Kutikula der Blattunter- und Blattoberseite dünn; Epidermiszellen an der Blattunterseite papillös, mit undeutlichen geraden bis bogigen Antiklinen; Stomata unregelmäßig in weiten Abständen verstreut, sehr variabel in der Größe (Tab.2). Epidermiszellen an der Blattoberseite nicht papillat mit weit undulierten Antiklinen.

*Cercidiphyllum japonicum* SIEBOLD & ZUCCARINI, männliches Exemplar, Türkenschanzpark, Wien, beschattetes Blatt, 30.5.1998: Kutikula der Blattunter- und Blattoberseite dünn, jene der Unterseite dünner als die der Oberseite; Umrise der Epidermiszellen an der Blattunterseite oft nur undeutlich zu verfolgen, bogig bis schwach weit unduliert, nicht bis wenig papillös, über den Nerven manchmal feine Striation sichtbar; Stomata sehr unregelmäßig und weit verstreut, von sehr unterschiedlicher Größe (Tab.2); Papillen der umliegenden Epidermiszellen überragen die Stomata lateral. Antiklinen der Epidermiszellen an der Blattoberseite weit unduliert, an anderen Stellen weitgehend geradewandig-polygonat, Epidermiszellen nicht papillat.

*Cercidiphyllum magnificum* NAKAI, Flora of Japan, Hondo: Shirouma-jiri in Shinano; Coll. Jisaburo Ohwi, Aug.15, 1951, Herbar W: Kutikula von Blattober- und -unterseite sehr dünn, jene der Unterseite dünner als die der Oberseite; Epidermiszellen der Blattunterseite deutlich papillat, Antiklinen, gerade bis bogig, Stomata unregelmäßig und weit verstreut, sehr variabel in der Größe, von benachbarten Zellen häufig überragt (Taf.1 Fig.2). Epidermiszellen der Blattoberseite nicht papillat, weit undulat, an anderen Stellen auch geradewandig-polygonat.

Die gewonnene fossile Kutikula aus Oberdorf besitzt gute Merkmalsübereinstimmung mit der Beschreibung von JÄHNICHEN et al. (1980: 361). Die bei den rezenten Vertretern beobachtete papillöse Ausbildung (dornförmige Wölbung) der Epidermiszellen an der Blattunterseite ist nicht immer deutlich.

### Polykarprien-Balgfrüchte

Die emendierte Diagnose von *C. crenatum* (in KVACEK & KONZALOVA 1996: 150) nennt 2 - 6 Balgfrüchte pro Polykarpium, jene aus Oberdorf besitzen maximal 4 (? 5). Polykarprien von *C. japonicum* aus den Botanischen Gärten in Wien und Graz, allerdings vom Boden aufgesammelt, bestehen meist aus 3 - 5 Balgfrüchten. Transport- und Einbettungsprozesse tragen zum Zerfall der Polykarprien bei, so daß fossil isolierte Balgfrüchte häufiger auftreten.

Tab. 2: Größenvergleich epidermaler Zellstrukturen der rezenten Arten *C. japonicum* und *C. magnificum*. Die Angaben beruhen auf Messungen von je 10 Zellen jedes Typs der im Text angeführten Belege.

	Blattunterseite				
		Zellgröße	Stomatalänge	Stomatabreite	Aperturlänge
<b><i>C. japonicum</i></b> Wien, Türkenschanzpark	min.-max.	24-58 µm	(18)23-30(37) µm	(13)15-24 µm	(11)12-22 µm
	durchschnitt.	38 µm	26 µm	19 µm	17 µm
<b><i>C. japonicum</i></b> Yumoto, 23.6.24 Herb.Bot.Abt.NHMW	min.-max.	(18)20-30(31) µm	(18)22-32(34) µm	(12)18-24(27) µm	(12)15-18(20)µm
	durchschnitt.	25 µm	27 µm	21 µm	18 µm
<b><i>C. magnificum</i></b>	min.-max.	(12)13-20(21) µm	(19)26-29(37) µm	(17)18-22(30) µm	(11)13-20(26) µm
	durchschnitt.	17 µm	28 µm	22 µm	17 µm
	Blattoberseite				
<b><i>C. japonicum</i></b> Wien, Türkenschanzpark	min.-max.	(32)43-54(58) µm			
	durchschnitt.	47 µm			
<b><i>C. japonicum</i></b> Yumoto, 23.6.24 Herb.Bot.Abt.NHMW	min.-max.	(24)26-37(38) µm			
	durchschnitt.	29 µm			
<b><i>C. magnificum</i></b>	min.-max.	(24)26-37(40) µm			
	durchschnitt.	31 µm			

Länge und Form der Griffel sowie Gestalt des Apex der Balgfrüchte sind nach LINDQUIST (1954:218, Fig.4) artspezifische Merkmale von *C. japonicum* und *C. magnificum* (längerer und apikal stärker gebogener Griffel bei letzterer). Die weite Variabilität der Fruchtgröße und der Griffelreste eines Baumes von *C. japonicum* entspricht jener der fossilen Exemplare (Taf.2 Fig.1-4, Taf.1 Fig.6).

Im Inneren mancher Früchte wurden *Pinus*-Pollenkörner beobachtet, die sogar trotz der Probenaufbereitung mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> erhalten geblieben sind. Kompaktion und Inkohlung verband die Pollen fest mit der Endokarp-Innenseite. Auch in rezenten geöffneten Früchten von *C. japonicum* wurden diverse Pollen beobachtet. Die rauhe, faserige Struktur der Endokarp-Innenseite scheint geeignet, Pollen festzuhalten.

### **Samen**

Das Fehlen der zarten, geflügelten Samen selbst in den noch geschlossenen Früchten kann durch deren geringe Erhaltungsfähigkeit bedingt sein. Aber auch bereits geöffnete Früchte können durch die Einbettung zusammengedrückt worden sein und mögen dadurch geschlossen erscheinen. Solche Balgfrüchte enthalten manchmal Pyrit.

### **Pollen**

Die *Cercidiphyllum* Pollenkörner aus einer Probe von der Basis des Flözes in der Ostmulde zeigen gute Übereinstimmung mit jenen von KVACEK & KONZALOVA (1996: 151) in situ beschriebenen. Doch nur SEM Untersuchungen dieser könnten über die Konspezifität mit jenen aus Oberdorf Auskunft geben.

### **Zweige mit Kurztrieben (Brachyblasten)**

Bei *Cercidiphyllum japonicum* SIEBOLD & ZUCCARINI tritt die polymorphe Kurztriebanordnung deutlich hervor: gegenständig, dekussat, annähernd gegenständig bis alternierend und spiralig, wie diese von SOLEREDER (1899: 392) und SPONGBERG (1979: 368) für die Blätter der einjährigen Langtriebe angegeben wird. Die Kurztriebe entwickeln sich in den nächsten Jahren aus den Achselknospen dieser Blätter, wodurch die Kurztriebposition bereits durch die Stellung der Blätter an den Langtrieben vorgegeben ist. Bei rezenten Individuen wurde die gegenständige Kurztriebposition an einzelnen Ästen vorherrschend beobachtet (z.B. das weibliche Exemplar von *Cercidiphyllum japonicum* im Botanischen Garten der Universität Graz), bei anderen variiert sie an einem Zweig deutlich (z.B. die männlichen Exemplare von *C. japonicum* im Türkenschanzpark in Wien, Taf.3 Fig.2). SOLEREDER (1899: 392) beschreibt den Aufbau der sympodial gebauten Kurztriebe, wobei jeweils ein kurzes Achsenstück als Jahresabschnitt gedeutet wird. Tatsächlich nimmt die Länge der Kurztriebe (die Zahl der Nodien und Internodien) mit dem Alter der Zweige zu.

Die erhaltenen fossilen Aststücke (Langtriebe mit Kurztrieben) ermöglichen die Feststellung von gegenständiger, annähernd gegenständiger und alternierender Kurztriebpositionierung an den Langtrieben (Taf.3 Fig.3-6). Durch vorsichtiges Schlämmen eines großen Blockes wurden zwar zahlreiche längere Zweigstücke gewonnen, die Kurztriebe selbst fehlen jedoch oder sind derart beschädigt, daß die Zugehörigkeit dieser Aststücke zu *Cercidiphyllum* nicht gesichert ist. Die zweifelsfreie Aussage über das Vorhandensein von dekussater sowie spiraliger Stellung der Kurztriebe (wie bei den rezenten Vertretern) ist daher nicht möglich. Die Kurztriebe umfassen bis zu 10 Nodien und 11 Internodien. Sie stammen daher von mehrere Jahre alten Zweigen.

Der Zweigrest aus Bechlejovice (KVACEK & KONZALOVA 1996: Taf.1 Fig.4) zeigt nur alternierende Position von Kurztrieben. Dies steht jedoch wegen der sehr heterogenen Verhältnisse bei den rezenten Arten in keinerlei Widerspruch zu den neuen vorliegenden Befunden aus Oberdorf.

### **Die Verteilung und Vergesellschaftungen von *Cercidiphyllum* in der Beckenfüllung von Oberdorf**

In der untermiozänen Schichtabfolge von Oberdorf unterliegen Auftreten und Häufigkeit der isolierten Organe von *Cercidiphyllum crenatum* großen Schwankungen:

In den Schichten an der Basis des Flözes, wo Arten der mesophytischen Vegetation des Hinterlandes am reichsten repräsentiert sind (Blätter-, Früchte- und Pollen), wurden Blätter von *Cercidiphyllum* bisher nicht entdeckt. Isolierte Balgfrüchte und Kurztriebe treten hier nur ausnahmsweise auf. Für das Fehlen der Blätter sind taphonomische Ursachen zu diskutieren: Die Nachweise von Blatt-Taxa beruhen in diesem Profilabschnitt auf Fragmenten von meist derben Blättern (häufig  $< 1\text{ cm}^2$ ), deren botanisch-systematische Zuordnung mittels kutikularanalytischer Untersuchung erfolgte. Die zarten Blätter von *Cercidiphyllum* könnten dem Transport vor der Einbettung völlig zum Opfer gefallen sein. *Cercidiphyllum* Früchte sind wenig verholzt, ihre Fruchtwand ist dünn. Daher zählen diese Fruktifikationen nicht zu den gegen Transportschäden widerstandsfähigsten. Trotzdem deutet das weitgehende Fehlen von *Cercidiphyllum* im Früchtespektrum des basalen Profilabschnittes eher auf eine geringe Bedeutung dieser Art in den mesophytischen Wäldern hin. Reich an immergrünen, subtropischen Arten (Lauraceae, Fagaceae, Mastixiaceae, Symplocaceae, Rutaceae, Theaceae, Hamamelidaceae u.a.) wurden sie an anderer Stelle bereits als "Jüngere Mastixioideenfloren" (sensu MAI) charakterisiert (KOVAR-EDER et al. 1998, MELLER et al. in Druck). Neue Funde (Blätter, Fruktifikationen) aus einem Tuffit von der Basis der Kohle in der Ostmulde, der erstmals 1997 aufgeschlossen war, und dessen Auswertung sich unter Bearbeitung befindet, unterstützen diese Interpretation.

	HZM Westmulde	Hang. Ostmulde	Hang. Ostmulde	Hang. Ostmulde	Hang. Ostmulde
Inv.Nr.	1983/0047 <sup>y)</sup>	1993/0029	1996B0044 1995/0044	1991/0162	1998B0007 <sup>x)y)</sup>
Probennr.	Kov-Ob 1983/25	E-Ob 93/4	OENW-Pb- M1-16.5.95	22.10.91	ME-Ob 90/5
Taxa	sandig, siltige Konkretionen	mergeliger feiner Silt	toniger Silt	toniger Silt	mergeliger Silt
<i>Sequoia abietina</i>	X (B)	X (B,Z)	X (Z)	X (B,Z)	X (B)
<i>Sequoia abietina</i> vel/et <i>Glyptostrobos</i> <i>europaeus</i>		X (B)	X (B)		
<i>Magnolia liblarensis</i>		X			
<i>Laurophyllum</i> <i>abchasiacum</i>		X			
<i>Cercidiphyllum</i> <i>crenatum</i>	X (B,F)	X (B,F)	X (B,F)	X (B,F)	x (B,F)
<i>Myrica joannis</i>	X				
? <i>Gordonia</i> sp.	X				X
<i>Salix</i> sp.			X		
<i>Viscum morlotii</i>			X		
<i>Fraxinus</i> sp.		X	X		
<i>Acer tricuspidatum</i>				X	X

Tab.3: Floristische Vergesellschaftung von *C. crenatum* führenden Blatt-horizonten.

HZM=Hauptzwischenmittel, Hang.=Hangendabfolge, OF=Oberflöz <sup>x)</sup> Probe befindet sich noch in der Bearbeitung; <sup>y)</sup> vgl. Tab.4 für das Spektrum der Früchte. B - Blätter, F - Balgfrüchte, Polykarprien, Z - Zapfen.



Tab.4: Typische floristische Vergesellschaftungen (Fruktifikationen) mit *C. crenatum* aus kohlig-tonigen und siltigen Sedimenten aus dem Hauptzwischenmittel und dem mittleren Teil der Hangendabfolge der Ostmulde sowie dem Übergangsbereich Oberflöz-Hangendabfolge in der Westmulde.

Regelmäßig mit *C. crenatum* vergesellschaftet sind *Sequoia abietina*, *Glyptostrobos europaeus*, *Prunus* sp., *Magnolia burseracea*, *Rubus* spp., *Meliosma wetteraviensis*, *Nyssa ornithobroma* und *Sparganium* spp., überwiegend Elemente von Feuchtstandorten. *Myrica* spp., *Viscum* sp., ? *Cleyera boveyana* und *Carex* spp. kommen ebenfalls häufig vor. x = <1%, xx = 1-9.9%, xxx = 10-49.9%, XXXX = >50%, HZM = Hauptzwischenmittel, Hang. = Hangendabfolge, OF= Oberflöz; <sup>x)</sup> vgl.Tab.3 für das Spektrum der Blatt-Taxa.

	HZM Westmulde	OF/Hang. Westmulde	HZM Ostmulde	Hang. Ostmulde	Hang. Ostmulde
Inv.Nr.	1992/0259 <sup>y)</sup>	1992/0253	1995/0042	1996B0065	1992/0331 <sup>y)</sup>
Probennr.	KOV-Ob 1983/25	Kov-Ob 82/5	OEE-ZWIM/ A/Pb-E5-95	OE-Profil II-5	ME-Ob 90/5
Taxa	sandige, siltige Konkretionen	Kohlenton	Silt	kohliger Ton	?mergeliger Silt
<i>Cephalotaxus miocenica</i>	-	-	-	-	X
<i>Sequoia abietina</i> (Zapfen)	XX	-	XX	XX	XX
<i>Sequoia abietina</i> (Samen)	-	-	XXX	XXX	XX
<i>Glyptostrobus europaeus</i> (Zapfen)	-	X	-	-	-
<i>Glyptostrobus europaeus</i> (Samen)	-	XXXX	XX	XXX	-
<i>Magnolia burseracea</i>	-	X	X	X	X
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>	XX	XXX	XX	XXX	X
<i>Myrica boveyana et/ vel ceriferiformoides</i>	XXXX	X	-	-	XXXX
<i>Ranunculus</i> sp.	-	-	X	-	-
<i>Eurya stigmosa</i>	-	-	-	-	X
? <i>Cleyera boveyana</i>	-	-	X	-	XX
? <i>Actinidia</i> sp.	-	-	-	-	X
<i>Actinidia</i> sp. (cf. <i>polygama fossilis</i> )	-	-	X	-	-
Moraceae gen. et sp. indet.	-	-	X	-	-
<i>Rubus</i> sp.	-	-	XX	X	XX
<i>Prunus</i> sp.	-	-	? X	XX	X
<i>Decodon gibbosus</i>	-	-	-	-	XXX
<i>Nyssa ornithobroma</i>	-	XX	XX	XX	-
Cornaceae gen. et sp. indet.	-	-	X	-	X
<i>Viscum</i> sp.	-	-	X	XX	-
<i>Meliosma wetteraviensis</i>	-	X	X	XXX	-
<i>Carya ventricosa</i>	-	-	-	-	X
<i>Pterocarya</i> / <i>Cyclocarya</i> spp.	-	-	X	-	-
<i>Fraxinus</i> sp.	-	-	-	XX	-
<i>Potamogeton</i> sp.	-	-	-	-	X
<i>Carex</i> sp.	-	-	X	XX	-
<i>Sparganium</i> spp.	X	-	XXX	X	XX
<i>Urospathites</i> sp.	-	-	XX	-	-

Auch in diesem an laurophyllen Arten reichen Tuffit wurde nur ein Polykarpium jedoch kein Blatt gefunden. Die gegen mechanische Beanspruchung wenig widerstandsfähigen Pollenkörner von *Cercidiphyllum* sind in Oberdorf selten nachzuweisen. Sie wurden bisher nur aus dem basalen Profilabschnitt nachgewiesen, in einer Probe (hier in geringer Häufigkeit) mit ausnahmsweise gutem Erhaltungszustand und in einer *Alnus*-dominierten Probe aus dem Flözzwischenmittel (pers. Mitt. C.-C. Hofmann). Dies steht dennoch nicht in Widerspruch mit den Ergebnissen der Blätter- und Früchtevergesellschaftungen, denn das Pollenbild spiegelt höheren allochthonen Einfluß (stärkere Mischung unterschiedlicher Faziesbereiche innerhalb eines Vegetationsgebietes) wider als dies für Blätter und Früchte gilt.

In Kohletonen und Tonen im Bereich des bauwürdigen Flözes sind in Oberdorf bisher keine Blattreste von *C. crenatum* entdeckt worden. Jedoch treten Fruchtreste in Kohletonen regelmäßig und häufig auf (MELLER 1996: Tab.1, MELLER in Druck: Tab.2). In reinen Tonen hingegen, die als Ergebnis von Überflutungsereignissen gedeutet werden, sind die Balgfrüchte seltener. Welche Rolle *C. crenatum* in den *Glyptostrobus europaeus* (BRONGNIART) UNGER - *Quercus rhenana* (KRÄUSEL & WEYLAND) KNOBLOCH & KVACEK - *Nyssa ornithobroma* UNGER - *Myrica* dominierten Sumpfwädem spielte, bleibt zu diskutieren.

In den Hauptzwischenmitteln von West- und Ostmulde ist *C. crenatum* ebenfalls nachgewiesen. Die Balgfrüchte kommen nahezu ausschließlich in den feinkörnigeren Sedimenten vor. Nur in einem sandigen, konkretionär verfestigten Abschnitt des Hauptzwischenmittels der Westmulde fanden sich Blätter und vollständige Polykarpium (Taf.1 Fig.6). (Verzweigte) Zweige und Zapfen von *Sequoia abietina* (BRONGNIART) KNOBLOCH sowie *Myrica boveyana* (HEER) CHANDLER et/vel *M. ceriferiformoides* BUZEK & HOLY sind in diesem Abschnitt häufig. Die bisher einzigen Blätter, die große morphologische Ähnlichkeiten zu *Gordonia* (Theaceae) aufweisen (KOVAR-EDER & MELLER in Druck) stammen aus diesen Lagen. Die sandige Abfolge des Hauptzwischenmittels der Westmulde wird auf deutlichen fluviatilen Einfluß zurückgeführt, der die Entwicklung der Sumpfstadien unterbrach.

Aus dem zentralen Teil der hangenden Schichtfolge der Ostmulde liegen die zahlreichsten und am besten erhaltenen Funde von *C. crenatum* vor. In tonig-kohligen, siltigen und mergeligen Schichten sind Blätter und Früchte vergesellschaftet, in manchen auch die hier beschriebenen Zweige mit Kurztrieben und deren Abdrücke sowie isolierte Kurztriebe. Im Artenspektrum der Blätter sind *Sequoia abietina*, *Alnus*, *Acer tricuspidatum* BRONN, *Fraxinus* und (*Salix*) regelmäßige Begleiter. *Glyptostrobus europaeus* (eher in kohlig-tonigen Sedimenten), *Sequoia abietina* (eher in siltig-mergeligen Sedimenten), *Magnolia bursifera* (MENZEL) MAI, *Nyssa ornithobroma* UNGER, *Myrica*



div. sp., *Meliosma wetteraviensis* (LUDWIG) MAI und *Prunus* sp. treten meist mit den Balgfrüchten von *C. crenatum* gemeinsam auf. Entsprechend den sedimentologischen Untersuchungen (HAAS 1998) und in Einklang mit den paläobotanischen Befunden repräsentiert dieser Profilabschnitt von hohem Grundwasserspiegel gekennzeichnete Flußniederungen mit Hinterwässern (back-swamp), Überschwemmungsgebieten (flood plain) und Flußuferdämmen (natural levees). Letztere sind im Spektrum der Fruktifikationen zwar besser repräsentiert als durch Blattreste, doch auch unter den Früchten dominieren die Arten von häufig überschwemmten Standorten.

## Vergleich mit mitteleuropäischen Vorkommen

JÄHNICHEN et al. (1980) widmeten sich ausführlich den tertiären europäischen Vorkommen von *Cercidiphyllum* Früchten und Blättern. *C. crenatum* wird dort als Akzessorium mesophytischer Wälder sowohl vom Typus der Mixed Mesophytic Forests als auch von warm temperaten Sommerlaubwäldern interpretiert. Gegenüber nahezu allen bisher bekannten Fundgebieten unterscheidet sich Oberdorf durch das massenhafte Auftreten von *C. crenatum* Blättern in zahlreichen Horizonten im Hangenden des bauwürdigen Flözes. Nur von Hohen Rhonen (Kanton Zug, Schweiz, unteres Miozän) ist *C. crenatum* als häufigste Art angeführt (HEER 1859: 42, *Grewia* div.sp.-Blätter, siehe Synonymie bei JÄHNICHEN et al.1980:358). Über diese Fundstelle liegen jedoch keine neuen Daten vor (pers. Komm. J.-P. Berger).

Auch aus den nahegelegenen untermiozänen Braunkohlerevieren der Steiermark (Parschlug, Schönegg/Eibiswald, Moskenberg-Münzenberg bei Leoben und Fohnsdorf) sind vergleichbare Vergesellschaftungen nicht bekannt.

In der untermiozänen Abfolge der Most Formation im Nordböhmisches Becken werden *Cercidiphyllum* Blätter aus dem "Clayey Superseam Horizon", der im Hangenden des Hauptflözes entwickelt ist, und dem "Delta Sandy Horizon" fluviatilen Ursprungs angegeben. *Cercidiphyllum* Früchte sind dort selten und stammen ausschließlich aus dem hangenden Abschnitt des Hauptflözes (BUZEK et al.1992: Tab.1, 3). Traditionelle und statistische Auswertungsmethoden (BOULTER et al. 1993: Tab.6, Fig.5) räumen *C. crenatum* in dieser Braunkohlelagerstätte eine Position als begleitende Art einer *Engelhardia/Taxodium* Gesellschaft ein, die als Relikt mesophytischer Wälder auf kristallinem Untergrund gedeutet wird. Es besteht nur auffallend geringe Übereinstimmung des begleitenden Artenspektrums dieser zonalen Gesellschaft im Nordböhmisches Becken und jenem von Oberdorf: *Taxodium dubium* (STERNBERG) HEER, *Pinus engelhardtii* MENZEL, *Engelhardia orsbergensis* (WESSEL & WEBER) JÄHNICHEN, MAI & WALTHER, *Laurophyllum pseudoprinceps* WEYLAND & KILPPER, *Comptonia acutiloba* BRONGNIART, *Sabal major* (UNGER) HEER und *Myrica lignitum* (UNGER) SAPORTA, die dort als charakteristische Arten angeführt sind, fehlen in den *Cercidiphyllum*-

reichen Schichten der Hangendschichtfolge in Oberdorf. Nur *Laurophyllum pseudoprinceps* und *Daphnogene polymorpha* sind aus den Schichten an der Flözbasis in Oberdorf nachgewiesen. *Glyptostrobus europaeus*, *Nyssa* und *Fraxinus*, Repräsentanten von Feuchtwäldern, und *D. polymorpha* sind in den *Cercidiphyllum*-reichen Schichten von Oberdorf und dem nord-böhmischen Vorkommen vertreten.

Aus dem "Clayey Superseam Horizon" von Bilina im Most-Teil des Nord-böhmischen Beckens charakterisieren KVACEK & KONZALOVA (1996:152 f.) eine Gesellschaft, die als Relikt sumpfiger Tieflandswälder aufgefaßt wird. Die Übereinstimmungen zu den *Cercidiphyllum*-reichen Schichten der Hangendabfolge in Oberdorf sind mit *Glyptostrobus europaeus*, *Alnus*, *Acer tricuspidatum*, *Fraxinus*, *Nyssa* und *Cercidiphyllum crenatum* wesentlich größer.

Massenhafte Vorkommen von *Cercidiphyllum* Früchten sind bisher nur von zwei weiteren Lokalitäten bekannt, dem Tagebau Hambach in der Niederrheinischen Bucht (PINGEN 1994) und Chyzne im Orawa-Becken in Polen (LANCUCKA-SRODONIOWA 1979:44). In den obermiozänen kohlig-tonigen Sedimenten des Tagebaues Hambach wurden zusammen mit einem Massenvorkommen von *Athrotaxis couttsiae* (HEER) GARDNER zahlreiche Früchte von *C. crenatum* und Endokarprien von *Nyssa ornithobroma* gefunden. Im artenreicheren Gesamtspektrum sind die Elemente der Sumpfvegetation dominant. Die Arten unterscheiden sich aber größtenteils von jenen in Oberdorf nachgewiesenen. Z.B. sind *Cladium*, *Cladiocarya*, *Microdiptera*, *Salvinia*, *Itea europaea* MAI oder *Leitneria flexuosa* (GEISSERT), GREGOR & MAI aus Oberdorf oder dem Köflach-Voitsberg Revier nicht bekannt.

Über die floristische Vergesellschaftung der Lokalität Chyzne liegen erst vorläufige Daten vor (Mitt. M. Lesiak, Krakau): Neben zahlreichen Elementen, die sowohl in Oberdorf als auch Chyzne vorkommen - z.B. *Sequoia abietina*, *Glyptostrobus europaeus*, *Magnolia burseracea*, *Prunus* sp., *Acer* sp., *Ranunculus* sp., *Decodon* sp. oder *Carex* spp. - scheinen andere wie z.B. *Nyssa ornithobroma*, *Myrica boveyana* et/vel *M. ceriferiformoides*, *Viscum* sp. oder *Meliosma wetteraviensis* in Chyzne zu fehlen.

*C. crenatum* konnte nach den reichen Befunden aus Oberdorf in von hohem Grundwasserspiegel betroffenen Flußniederungen mit Hinterwässern, Überschwemmungsgebieten, Altarmen und Flußuferdämmen zumindest lokal größere Bedeutung als Gehölzart der Wälder dort erlangen. Doch in den zeitlich äquivalenten, überwiegend laurophyllen, mesophytischen Wäldern (Typus "Jüngere Mastixioideenflora" sensu MAI) des Hinterlandes und ähnlichen Standorten auf Dämmen des Feuchtgebietes ist die Rolle von *C. crenatum* in Oberdorf selbst als Akzessorium nicht vollkommen gesichert.

In tertiären mesophytischen Wäldern unterschiedlicher Zusammensetzung (Mixed Mesophytic Forests, Deciduous Broad-leaved Forests) war *C. crenatum* eine interessante vor allem akzessorische Komponente (JÄHNICHEN et al. 1980: 374 ff.), aber regional auch in Tieflandsfeuchtwäldern vertreten wie in Bilina (KVACEK & KONZALOVA 1996: 152) oder in diesen sogar bedeutend wie in Oberdorf. Weitere detaillierte Auswertungen von Vorkommen bleiben abzuwarten, um den Zusammenhang zwischen der Veränderung der mesophytischen Wälder im Lauf des Tertiärs und dem Auftreten und der Häufigkeit von *C. crenatum* in zonalen und azonalen Wäldern zu klären.

## Schlußfolgerungen

Reste von *Cercidiphyllum* (Blätter, Früchte, Langtriebe mit Kurztrieben, isolierte Kurztriebe und Pollen) sind in nahezu der gesamten kohleführenden Beckenfüllung von Oberdorf in unterschiedlicher Häufigkeit dokumentiert. Blätter und Früchte werden *C. crenatum* zugeordnet. Die Position der Kurztriebe an den Langtrieben variiert zwischen gegenständig, annähernd gegenständig und wechselständig. Spiralige und dekussate Anordnung können nicht ausgeschlossen werden, lassen sich aber fossil nicht eindeutig dokumentieren. Basierend auf dem Auftreten, der Häufigkeit und Vergesellschaftung in den einzelnen Horizonten und Abschnitten der Schichtfolge, ist *C. crenatum* vor allem als wesentlicher Bestandteil der Niederungsflußwälder mit Hinterwässern und Altarmen in diesem Gebiet zu betrachten.

## Dank

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Projektes P 10337-GEO des Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung gewonnen.

Rezentes Vergleichsmaterial wurde uns von der Botanischen Abteilung des NHMW, dem Institut für Botanik der Universität Graz und dem Institut für Botanik der Universität Wien zur Verfügung gestellt. Wertvolle Anregungen erhielten wir durch Diskussion mit Prof. Dr. Z. Kvacek (Universität Prag) und Dr. A. Drescher (Institut für Botanik, Universität Graz). Bei den Grabungen wirkten W. Prenner, F. Topka und A. Englert (Technischen Mitarbeiter der Geologisch-Paläontologischen Abteilung des NHMW) mit. Das Fotomaterial wurde in bewährter Weise von A. Schumacher (NHMW) angefertigt. Allen genannten Einrichtungen und Personen gilt unser Dank für die Mitwirkung am Zustandekommen dieser Untersuchungen.

## Literatur

- BOULTER, M. C., HUBBARD, R. N. L. B. & KVACEK, Z. (1993): A comparison of intuitive and objective interpretations of Miocene plant assemblages from North Bohemia. - *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, 101: 81-96, Utrecht.
- BUZEK, C., DVORAK, Z., KVACEK, Z. & PROKS, M. (1992): Tertiary vegetation and depositional environments of the "Bilina delta" in the North-Bohemian brown-coal basin. - *Casop. mineral. geol.*, 37/2: 117-134, Praha.
- DAXNER-HÖCK, G., HAAS, M., MELLER, B. & STEININGER, F. F. (1998): Wirbeltiere aus dem Unter-Miozän des Lignit-Tagebaues Oberdorf (Weststeirisches Becken, Österreich). - 10. Palökologie, Sedimentologie und Stratigraphie. *Ann. Naturhist. Mus.*, 99 A: 195-224, Wien.
- ETTINGSHAUSEN, C. v. (1858): Die fossile Flora von Köflach in Steiermark. - *Jb. kaiserl. königl. Geol. Reichsanst.*, 8: 738-756, Wien.
- HAAS, M. (1998): Sedimentological Investigations of the Early Miocene Lignite Deposit of the Opencast Mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - In STEININGER, F. F. (Ed.): *The Early Miocene Lignite Deposit of Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria*. *Jb. Geol. Bundesanst.*, 140, Wien.
- HAAS, M., DAXNER-HÖCK, G., DECKER, K., KOLCON, I., KOVAR-EDER, J., MELLER, B. & SACHSENHOFER, M. R. F. (1998): Palaeoenvironmental Studies of the Early Miocene Lignite Deposits of the Opencast Mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - In STEININGER, F. F. (Ed.): *The Early Miocene Lignite Deposit of Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria*. - *Jb. Geol. Bundesanst.*, 140, 4: 483-490, Wien.
- HEER, O. (1859): *Flora tertiaria Helvetiae*. - 3. Bd., 377 S. Winterthur.
- HICKEY, L. J. (1973): Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. - *Amer. J. Bot.*, 60/1: 17-33, Washington.
- JÄHNICHEN, H., MAI, D. H. & WALTHER, H. (1980): Blätter und Früchte von *Cercidiphyllum* SIEBOLD & ZUCCARINI im mitteleuropäischen Tertiär. - *Schriftenreihe geol. Wiss.*, 16: 357-399, Berlin.
- KOVAR-EDER, J. (1996): Eine bemerkenswerte Blätter-Vergesellschaftung aus dem Tagebau Oberdorf bei Köflach, Steiermark (Unter-Miozän). - *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum*, 54: 147-171, Graz.
- KOVAR-EDER, J. (1998): The Leaf Assemblages from the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - In STEININGER, F. F. (Ed.): *The Early Miocene Lignite Deposit of Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria*. - *Jb. Geol. Bundesanst.*, 140, 4: 447-452, Wien.
- KOVAR-EDER, J. & MELLER, B. (in Druck): The plant assemblages from the main seam parting of the western sub-basin of Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria (Early Miocene). - *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg.*, Frankfurt.
- KOVAR-EDER, J., MELLER, B. & ZETTER, R. (1998): Comparative investigations on the basal fossiliferous layers at the opencast mine Oberdorf (Köflach-Voitsberg lignite deposit, Styria, Austria; Lower Miocene). - *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Utrecht 1998.

- KVACEK, Z & KONZALOVA, M. (1996): Emended characteristics of *Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R. W. BROWN based on reproductive structures and pollen in situ. - *Palaeontogr. B*, 239: 147-155, Stuttgart.
- LANCUCKA-SRODONIOWA, M. (1979): Macroscopic plant remains from the freshwater Miocene of the Nowy Sacz Basin (West Carpathians, Poland). - *Acta Palaeobot.*, 20/1: 3-117, Krakow.
- LINDQUIST, B. (1954): Notes on *Cercidiphyllum magnificum* NAKAI. - *Bot. Tidskrift*, 51:212-219, Kopenhagen.
- MAURITSCH, H. & SCHOLGER, R. M. (1998): Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy from the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - In STEININGER, F. F. (Ed.): The Early Miocene Lignite Deposit of Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. *Jb. Geol. Bundesanst.*, 140, 4: 429-432, Wien.
- MELLER, B. (1995): Früchte und Samen aus dem Köflach-Voitsberger Braunkohlenrevier (Miozän; Steiermark, Österreich). - Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, D 28789/1,2:1-191, Wien.
- MELLER, B. (1996): Charakteristische Karpo-Taphocoenosen aus den untermiozänen Sedimenten des Köflach-Voitsberger Braunkohlenreviers (Steiermark, Österreich) im Vergleich. - *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum*, 54: 215-229, Graz.
- MELLER, B. (1998a): Systematisch-taxonomische Untersuchungen von Karpo-Taphocoenosen des Köflach-Voitsberger Braunkohlenrevieres (Steiermark, Österreich; Untermiozän) und ihre paläoökologische Bedeutung. - *Jb. Geol. Bundesanst.*, 140/4, Wien.
- MELLER, B. (1998b): Diaspore Assemblages from the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - in STEININGER, F. F. (Ed.). The Early Miocene Lignite Deposit of Oberdorf, N Voitsberg (Styria, Austria). *Jb. Geol. Bundesanst.*, Wien.
- MELLER, B., KOVAR-EDER, J. & ZETTER, R.: Lower Miocene diaspore-, leaf-, and palynomorph - assemblages from the base of the lignite-bearing sequence in the opencast mine Oberdorf N Voitsberg (Styria, Austria) as indication of a "Younger Mastixioid" vegetation. - *Palaeontogr. B*, Stuttgart, in Druck.
- OBERHAUSER, R. (Hrsg.) (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. - 699 S., Springer Verlag, Wien.
- PINGEN, M. (1994): *Athrotaxis couttsiae* (HEER) GARDNER - ein reiches Vorkommen in obermiozänen Kohlen des Tagebaues Hambach b. Düren (Rheinland). - *Doc. Naturae*, 84: 24-30, München.
- SOLEREDER, H. (1899): Zur Morphologie und Systematik der Gattung *Cercidiphyllum* SIEB. & ZUCC. mit Berücksichtigung der Gattung *Eucommia* OLIV. - *Ber. Deut. Bot. Ges.*, 17: 387-406, Berlin.
- SPONGBERG, S. A. (1979): Cercidiphyllaceae hardy in temperate North America. - *J. Arnold Arbor. Harvard Univ.*, 60: 367-376, Harvard.

STEININGER, F. F., BERGGREN, W. B., KENT, D. V., BERNOR, R. L., SEN, S. & AGUSTI, J. (1996): Circum Mediterranean Neogene (Miocene and Pliocene) marine - continental chronologic correlations of European mammal units and zones. - In: BERNOR, R. L., FAHLBUSCH, V. & MITTMANN, H.-W. (eds.): The Evolution of the Western Eurasian Neogene Mammal Faunas: 7-46, New York.

STEININGER, F. F. DAXNER-HÖCK, G., HAAS, M., KOVAR-EDER, J., MAURITSCH, H., MELLER, B. & SCHOLGER, R. (1998): Stratigraphy of the "Basin Fill" in the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - in STEININGER, F. F. (Ed.). The Early Miocene Lignite Deposit of Oberdorf, N Voitsberg (Styria, Austria). Jb. Geol. Bundesanst., 140, Wien.

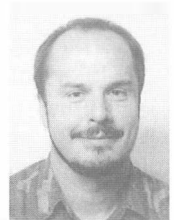
Anschrift der Autoren:



Univ.-Doz. Dr. Johanna KOVAR-EDER  
Naturhistorisches Museum  
Geologisch-Paläontologische Abteilung  
Burgring 7, A-1014 Wien.



Dr. Barbara MELLER Dr. Reinhard ZETTER  
Universität Wien, Institut für Paläontologie,  
GEO-Zentrum  
Althanstraße 14, A-1090 Wien.



## Tafel 1

*Cercidiphyllum japonicum* SIEBOLD & ZUCCARINI

Yumoto, Japan, 23.6.24, Herbar: W

Fig.1: Kutikula der Blattunterseite, 400 x

*Cercidiphyllum magnificum* NAKAI

Flora of Japan, Hondo: Shirouma-jiri in Shinano; Coll. Jisaburo Ohwi,  
Aug.15, 1951, Herbar: W

Fig.2: Kutikula der Blattunterseite, 400 x

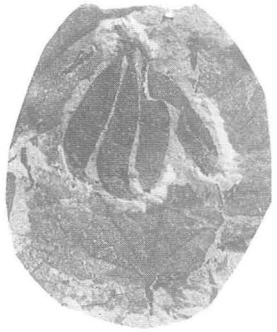
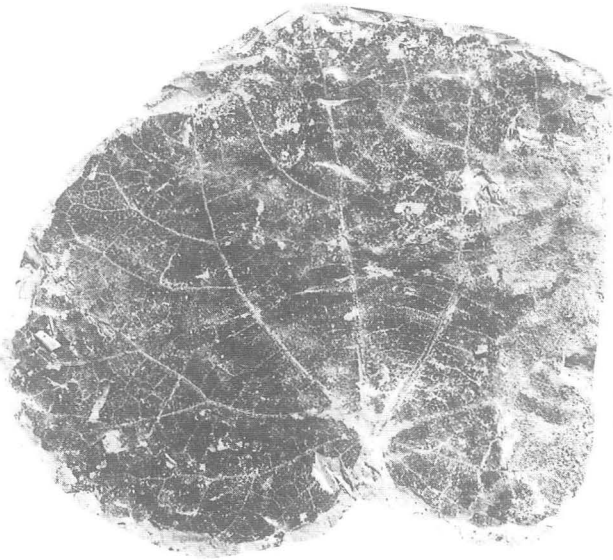
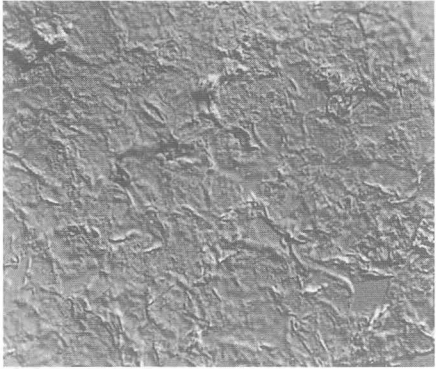
*Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN

Fig.3: Kutikula der Blattunterseite, Inv.Nr. 1991/0162/0001D/2, 400 x

Fig.4,5: Blätter, Inv.Nr. 1993/0029/0025 und 0016, 1 x

Fig.6: auf einem Blatt liegendes Polykarpium, Inv.Nr.1987/0047/0007

1	2
3	4
5	6



1,2,3, 4	5
6	7
8	9

## Tafel 2

*Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN

Fig.1: Polykarpium mit zwei Balgfrüchten, die linke mit gespaltenem Griffel,  
Inv.Nr.1991/0160/0079, 2 x

Fig.2,3: Isolierte Balgfrüchte, Variabilität der Größe,  
Inv.Nr.1996B0066/0001, 1996B0054/0001, 2 x

Fig.4: Apikales Balgfruchtfragment mit stark gekrümmtem, langem Griffel,  
Inv.Nr.1992/0253/0002, 3 x

Fig.5: Exokarp-Oberfläche außen mit in unregelmäßigen Längsreihen  
liegenden dickwandigen Zellen über einem Leitbündel;  
Inv.Nr.1992/0253/0002, 160 x

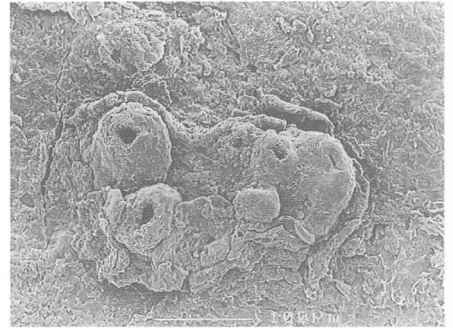
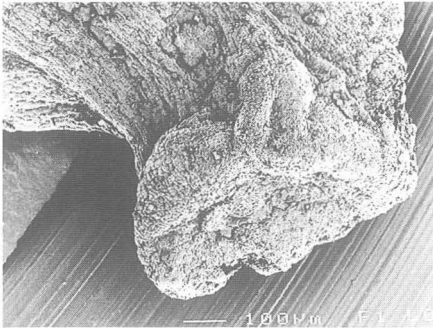
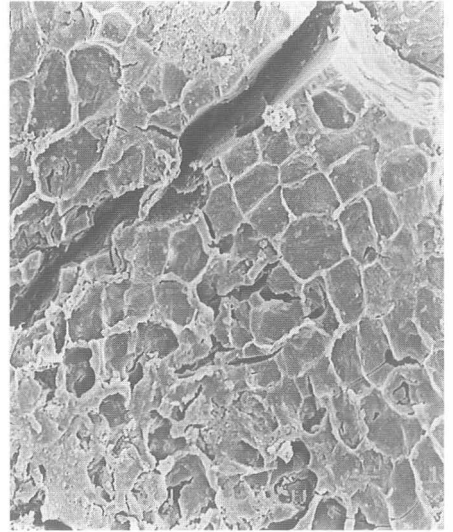
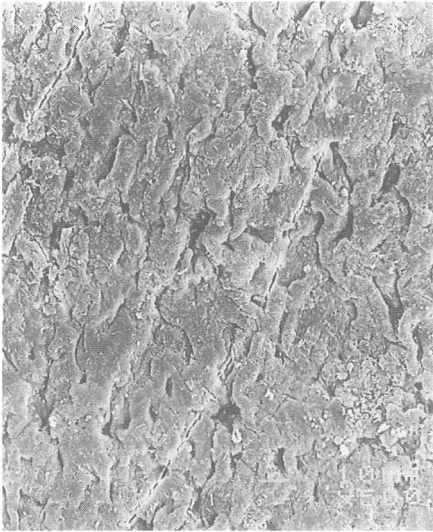
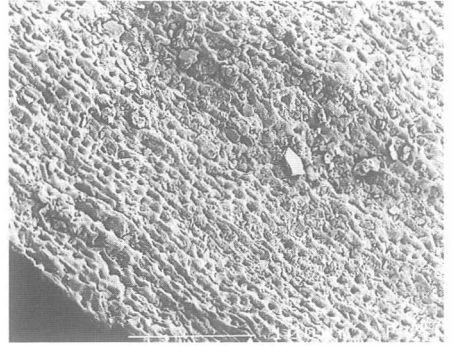
Fig.6: Exokarp-Oberfläche außen mit unregelmäßiger Zellstruktur;  
Inv.Nr. 1996B0062/0001, 400 x

Fig.7: Parenchymatische Zellen unter der epidermalen Zellschicht des  
Exokarps;  
Inv.Nr.1996B0053/0001, 400 x

Fig.8: Proximales Stielende einer Balgfrucht wulstig verdickt (Ansatz von  
Braktee am Polykarpiumstiel),  
Inv.Nr.1992/0253/0002, 55 x

Fig.9: Pilzsklerotien auf der Exokarp Oberfläche,  
Inv.Nr.1996B0062/0001, 130 x





1	5 2
3 4	6
7	8

### Tafel 3

*Cercidiphyllum crenatum* (UNGER) R.W.BROWN

Fig.1: Massenvorkommen isolierter Balgfrüchte,  
Inv.Nr.1992/0397/0002, 1 x

*Cercidiphyllum japonicum* SIEBOLD & ZUCCARINI

Türkenschanzpark, Wien

Fig.2: Stellung der Kurztriebe an einem Langtrieb gegenständig, wechselständig und annähernd gegenständig, 1 x

*Cercidiphyllum* sp.

Fig.3-6: Langtriebe mit Kurztrieben

Fig.3: Kurztriebe wechselständig,  
Inv.Nr.1996B0053/0002, 3 x

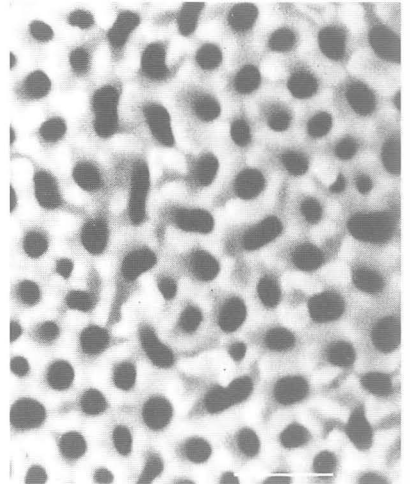
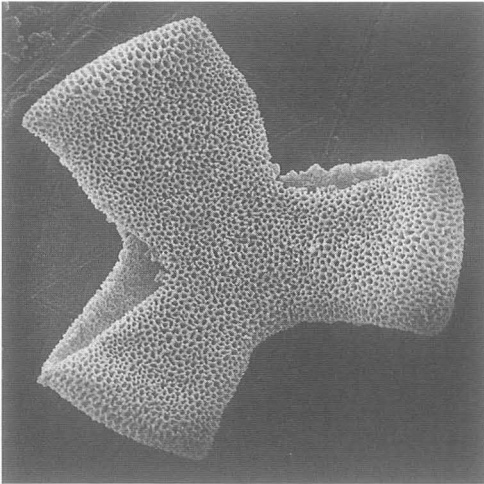
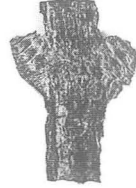
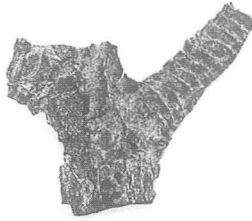
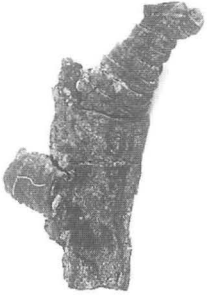
Fig.4: Kurztriebe annähernd gegenständig, rechter Brachyblast aus 10 Internodien und 11 Nodien,  
Inv.Nr. 1996B0054/0002, 3 x

Fig.5,6: Kurztriebe gegenständig,  
Inv.Nr.1996B0054/0003 und 1996B0054/0004, 3 x

*Cercidiphyllum* sp.

Fig.7: Pollenkorn, 2000 x

Fig.8: Detail der Pollenkornoberfläche, 15000 x





# Über Mühl-, Schleif- und Pflastersteinmaterialien aus dem Kainachtal, Weststeiermark, in der „vaterländischen technischen Mineraliensammlung“ von Mathias Josef Anker am Joanneum in Graz

Bernd MOSER

Mit 2 Abbildungen

## Einleitung

Im Jahre 1818 wurde Friederich Mohs, der erste Kustos und Professor für Mineralogie am Grazer Joanneum, an die Bergakademie Freiberg berufen. Zum vorerst provisorischen Nachfolger wurde damals Mathias Josef Anker bestellt, der Mohs bereits vorher von Erzherzog Johann zur Unterstützung zur Seite gestellt worden war. Anker war 1793 nach seinem Studium in Wien als Magister der Chirurgie nach Stainz in der Weststeiermark zurückgekehrt und bekleidete ab 1807 die Stelle eines k.k. Kreiswundarztes in Graz. Hier war es ihm möglich, seinem Hang zu den Naturwissenschaften zu frönen. Er ordnete u.a. die Mineraliensammlung des k.k. Lyceums nach dem Mohs'schen System und veröffentlichte 1809 und 1810 die erste Landesmineralogie der Steiermark in 2 Bänden (ANKER, 1809, 1810).

In einer biographischen Skizze von C.G.Ritter von LEITNER (1853) findet man einen ausführlichen Lebenslauf (privat und wissenschaftlich) sowie ein vollständiges Literaturverzeichnis M. J. Ankers. Darin wird Anker als sehr umsichtiger und bemühter Mensch beschrieben, dem es am Herzen lag, auch hochwissenschaftliche Themen für die Hörer seiner Vorlesungen und für den Mann von der Straße verständlich darzustellen und zu vermitteln. Die Bedeutung naturwissenschaftlichen Sammelns, Denkens und Forschens für das alltägliche Leben zeigte er immer wieder auf. Einerseits im Bereich der mineralogischen Schausammlungen des Joanneums, andererseits in zahlreichen Kurzartikeln im „Aufmerksamen“.

## Kurzer historischer Abriss zur ANKER-Sammlung

Die Durchsicht der Nachtragsinventare der mineralogischen Sammlungen des Joanneums ab 1818 zeigt eine merkbare Änderung der eingehenden

Mineralien und Gesteine. Ab 1819 gibt es einen sehr deutlichen Anstieg an Mineralien, die mit Bergbau und Industrie in Zusammenhang stehen. Anker hatte offenbar verstärktes Augenmerk auf die Anwenderseite der Erdwissenschaften gelegt und zahlreiche erz- und steinverarbeitende Betriebe sandten ihre Roh-, Zwischen- und Endprodukte.

Im Jahr 1822 hatte Anker neben der Sammlung von Mineralien aus aller Welt auch eine „steiermärkische Mineralien- und Gebirgsarten-Sammlung“ aufgestellt. Diese sollte einen mineralogisch-petrographischen Überblick über die Steiermark geben, aber auch schon „...*dadurch den inländischen Fabrikanten, Künstler und Handwerker aufmerksam machen, daß so manches zu benützendes Mineral in seinem Vaterlande sich vorfindet, welches er bisher aus einem entfernten Lande um einen hohen Preis zu seinem technischen Gebrauche bezogen hat...*“ (ANKER, 1822).

Die betreffenden Stücke waren 1822 also noch in der Sammlung steirischer Minerale eingegliedert - „...*bis zur Aufstellung einer mineralisch-technischen Sammlung, die nun auch schon im Werke begriffen ist...*“ (ANKER, 1822). Ein Jahr später war dann „...*durch die jährlich unternommenen mineralogischen Exkursionen und die jährlich erhaltenen Beiträge durch Einschickungen an Mineralien die Aufstellung einer eigenen vaterländischen, technischen Mineralien-Sammlung möglich und zu Stande gebracht worden...*“ (ANKER, 1824b). Sie umfaßte anfangs 6 Abteilungen und war in einem Eichenkasten in der Mitte des 2. Mineralienzimmers (Stucksaal) im 2. Stock des Joanneums untergebracht.

Durch starken Zuwachs mußte die Aufstellung 1825 bzw. 1832 neu arrangiert werden. AICHHORN (1855) und GÖTH (1861) erwähnen eine Objektanzahl von 575, inzwischen auf 18 Abteilungen aufgeteilt.

SIGMUND (1911) zählte in der 1895 von Eduard Hatle abermals neu aufgestellten Sammlung bereits 654 Stück. Um 1950 wurde der lange Pultkasten im Stucksaal abgebaut. Die technologische Sammlung fand ihren Platz teilweise im Zwischengang vom Stucksaal zum Steiermarksaal und teilweise in einem Depot. In den 70er Jahren wanderte die gesamte Sammlung in ein neues Mobilregal-Depot. Im Zuge der bis zum Jahr 2003 geplanten Neugestaltung der naturwissenschaftlichen Schausammlungen im Stammhaus des Joanneums in der Raubergasse 10 und im Zuge der Altbestands-Datenerfassung mittels EDV wird auch für die Stücke der „steiermärkischen, technischen Mineralien-Sammlung“ von M. J. Anker zumindest teilweise eine Neubearbeitung bzw. Datenrecherche nötig sein.

Anhand von einigen Objekten aus dem Kainachtal in der Weststeiermark soll im folgenden die Problematik, aber auch die spannende Spurensuche in Form der Kombination von historischen Literatur- und aktuellen Gelände- und Literaturrecherchen aufgezeigt werden.

Zuerst sollen die 3 bzw. 4 Objekte, die den Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit darstellen kurz charakterisiert werden. Die Inventarnummern stammen aus der Neuinventarisierung der mineralogischen Sammlung ab 1940.

**Mühlstein:** aus Quarz-Tonschiefer-Konglomerat, Inv.Nr. 40.480, Durchmesser 13.5 cm, Höhe 4.5 cm außen, 6 cm innen, Innenbohrung mit ca. 3 cm Durchmesser, eine Seite eben, die andere bombiert (Abb. 1), makroskopisch als Konglomerat mit Korngrößen bis 5 mm anzusprechen; dunkle schieferartige Komponenten sind schlecht kantengerundet und teilweise gut eingeregelt.

Dazu paßt das Rohstück Inv.Nr. 40.479, das dunkle, tonschieferartige Komponenten bis 1.5 cm Länge mit guter Einregelung aufweist.

Beide Stücke tragen die Fundortbezeichnung „Kainachtal, Steiermark“ auf neuen Etiketten.

**Schleifstein:** aus graugrünem Quarzsandstein, Inv.Nr. 40.493, Durchmesser 13.5 cm, Höhe 4 cm, mittig Öffnung mit quadratischem Querschnitt 2 x 2 cm, neben neuem Etikett noch alter Sammlungszettel mit der Aufschrift „Von der Kainach Schleifstein“ (Abb. 1, 2).

**Pflaster- oder Bodenplattenstein:** aus grauem Quarzsandstein, Inv.Nr. 40.392, 11.5 x 10 x 4 cm, die Schmalseiten und eine Fläche sind feingeschliffen, die andere große Fläche zeigt natürlichen ebenen Bruch mit leicht rauher Oberfläche (Abb. 1).

Neben dem neuen Etikett ist bei diesem Objekt noch das hellgrüne Originaletikett der Anker-Sammlung vorhanden (14 x 3.5 cm) „Sandstein/: fester körniger/: Von der Kainach im Grätzer Kreise. Zur Pflasterung bei Abgang eines tauglichen Granitgesteins sehr gut, vorzüglich zu Trottoirs zu benützen“ (Abb. 2).

## Aus welcher Zeit stammen die Objekte ?

Leider konnte bislang noch kein eigenes Inventar dieser Technologischen Sammlung gefunden werden, auch die Stücke selbst tragen keinerlei zusammenhängende Numerierung.

Einige Hinweise auf Eingangseintragungen, die möglicherweise in Zusammenhang mit den Stücken aus dem Kainachtal stehen könnten sind in den Nachtragsinventaren der Mineralogischen Sammlungen zu finden. Am 17. August 1819, 14. August 1821 und 7. Juny 1822 gelangten jeweils durch einen Herrn von Aschauer aus Kainach „Mineralien aus der dortigen Umgebung“, allerdings ohne nähere Bezeichnung an das Joanneum...

Bezüglich der Zuordnung der 3 Objekte zum Anfangsbestand aus den 20er Jahren des 19. Jhdts. hilft einerseits der noch vorhandene, typische, hellgrüne Sammlungszettel mit schöner Handschrift, andererseits die Erwähnung zumindest der Materialkategorien der Erstaufstellung. ANKER (1824b) nennt in der 2. und 3. Reihe der 3. Abteilung steiermärkischer Mineralien, welche in der Baukunst zu verschiedenen Zwecken zu benützen sind, u.a. zum Pflastern, Granite, Gneise und feste Sandsteine. Der Pflasterstein stammt also sicher aus dem Anfangsbestand.

In der 4. und 5. Abteilung befanden sich jene Mineralien, „...welche zu verschiedenen Gewerben und Künsten zu benützen sind, so sind: In der ersten Reihe der 4. Abteilung einige Haupt-Verschiedenheiten der steiermärkischen Mühlsteine in kleinem Mühlstein-Format nebst den rohen, unbearbeiteten Gesteinen.... in der zweiten Reihe verschiedene Schleifsteine, in der dritten verschiedene Wetzsteine. Man ersieht bei den Wetzsteinen, daß dieser Handelsartikel noch größtenteils aus anderen Ländern bezogen worden ist...“.

Aufgrund der sehr handlichen Abmessungen der Mühl- und Schleifsteine (Durchmesser 13.5 cm, Höhe 4 - 6 cm) stellte sich erst einmal die Frage, ob es sich um tatsächlich verwendete Formate aus dem Beginn des 19. Jhdts. - z.B. für kleine Handmühlen oder Handschleifsteine - handelt oder um Modelle. ANKER (1824b) verwendet den Begriff „...in kleinem Mühlstein-Format...“. Außerdem haben die Mühl- und Schleifsteine aus dem Kainachtal untereinander die exakt gleichen Durchmesser, die noch dazu mit den Abmessungen von Mühl- und Schleifsteinen aus ganz anderen Vorkommen der Steiermark in derselben Sammlung übereinstimmen. Weiters zeigt kein einziges dieser Objekte irgendwelche Gebrauchsspuren. Schließlich ergab ein Gespräch mit dem steirischen Mühlenspezialisten R. Suppan, daß die Form der kleinen Mühlsteine nicht mit der von funktionstüchtigen übereinstimmt. SUPPAN (1995) erwähnt für den Bereich der Weststeiermark außerdem gebräuchliche Durchmesser von 80 bis 120 cm. Insgesamt läßt sich daraus schließen, daß es sich bei diesen Objekten in der Anker-Sammlung um stilisierte Unterteile von Mühlsteinpaaren, also um die sogenannten „Leger“ handelt, die zusammen mit vielen anderen speziell für die Ausstellung im Joanneum angefertigt worden waren.

## **Aus dem Kainachtale, aber woher genau?**

Als nächstes fällt auf, daß vor allem die Fundortbezeichnungen „Kainachtal“ bzw. „Von der Kainach“ für heutige Verhältnisse sehr weit gefaßt erscheint. Kannte man keine näheren Fundorte, wollte man sie nicht nennen oder war es nicht wichtig?

Die Suche nach alten Steinbrüchen, Abbaustellen oder dem, was heute noch zu sehen und zu erfahren ist, konnte beginnen.



HAUSER & URREGG (1951) erwähnen unter der weiten geographischen Bezeichnung Oberdorf bei Voitsberg für Gosausandsteine den Hemmakogel bei Afling. Dort zum einen den alten Bruch nahe dem Reintalerhof mit beachtenswerten Mächtigkeiten der Sandsteinbänke bis zu 2 m. Daraus wurden „...in der Vergangenheit...“ und nach 1945 Wetz- und Schleifsteine gewonnen. Zum anderen einen unterirdischen Bruch mit dünnschichtigem, feingebanktem Sandstein für Schleifsteine.

In derselben Arbeit werden noch HANISCH & SCHMID (1901) zitiert. Darin wird aus einem Bruch namens Ortner (beim Reintalerhof) ein dunkelblaugrauer, feingekörnter, mittelharter und wetterbeständiger Sandstein beschrieben. Es konnten Blöcke bis 2 m<sup>3</sup> und Platten bis 2 m<sup>2</sup> für Stiegenstufen, Türstöcke und große Schleifsteine bzw. Bodenplatten gewonnen werden.

Unter der Materialkategorie Konglomerate und Breccien erwähnen HAUSER & URREGG (1951) plattig bzw. bankig entwickeltes Gosaukonglomerat in Straßenanschnitten und gelegentlichen kleinen Steinentnahmen im Kainachtal und Oswaldgraben. Interessant ist die Nennung eines Bruches oberhalb des Kainacher Friedhofes. Als Verwendungsbeispiele werden nur eine bescheidene Verbauung als Uferschutz bzw. in der Kainacher Friedhofsmauer erwähnt.

KRAINER & SUETTE (1984) bringen eine detaillierte Geländeaufnahme und Beschreibung von zahlreichen Aufschlüssen, Entnahmestellen und von ehemaligen ober- und unterirdischen Steinbrüchen („Sonnfixl-Höhlen“ oder „Sunfixl-Höhlen“) am Hemmerberg bei Afling. Zuvor berichtet bereits LASNIK (1982) nach Gesprächen mit Einheimischen über den Mühlsteinabbau in diesen Steinbrüchen.

Die beiden noch heute zugänglichen unterirdischen Steinbrüche oberhalb des Gehöftes Sonnfixl in der Gemeinde Kohlschwarz konnten im Zuge der Recherchen vom Verfasser unter Führung des Bürgermeisters von Kohlschwarz, Herrn August Raudner, begangen und beprobt werden. Der nordwestliche unterirdische Bruch ist in letzter Zeit mit elektrischer Beleuchtung versehen und für Veranstaltungen adaptiert worden. In diesem Bruch, der mit Pferdefuhrwerken und Fahrzeugen befahrbar war, sind die Abbauspuren großer Mühl- bzw. Schleifsteine noch sehr gut zu sehen. Die von SUPPAN (1995) erwähnten Maße von 80 bis 120 cm Durchmesser korrespondieren ebenfalls sehr gut damit.

Aus der Literatur bzw. aus Materialproben ist zu schließen, daß in diesem Bereich der Sonnfixl-Steinbrüche hauptsächlich eine bis 70 cm mächtige Sandsteinbank abgebaut wurde, deren Material sich für Schleifsteine, feinkörnige Mühlsteine sowie Bodenplatten, Sautröge und Bausteine für Tür- und Fenstereinfassungen eignete. Grobkörnigere Schichten, die in ihren

Korndurchmessern eher dem Mühlsteinmaterial aus der Anker-Sammlung entsprechen, zeigen viel stärker gerundetes Grobkorn mit einer außerdem sehr schlechten Bindung. Feinkörnigere Bereiche (Silt- und Mergelbänke) neigen ebenfalls stark zum Zerbrechen.

Der feinkörnige Schleifstein sowie der Pflasterstein könnten allerdings aus dem Bereich dieser Steinbrüche stammen oder aus dem bis dato noch nicht genau lokalisierten Ortner-Bruch (HANISCH & SCHMID, 1901).

Auf der Suche nach weiteren noch nachweisbaren Abbaustellen im Kainachtal ergaben zahlreiche Befragungen älterer Talbewohner keine weiteren Hinweise.

Betrachtet man die Geologie des Kainacher Gosaubeckens, so beschreibt FLÜGEL (1961) die Sedimente im Beckeninneren, in dem sich das obere Kainachtal befindet, als Wechsellagerung von graugrünen, grauen und braunen, grobgebankten Sandsteinen, Feinbreccien, schwarzen, harten Tonschiefern, Mergeln und Mergelschiefern, die meist mit Konglomeraten wechsellagern. Eine lithologische Gliederung über größere Areale scheint nicht möglich zu sein. Gerade diese Aussage bedeutet mit anderen Worten, daß geeignete Materialien für Mühl-, Schleif-, Pflaster- und Bausteine an vielen Stellen im oberen Kainachtal gefunden und theoretisch zumindest in geringen Mengen auch abgebaut werden konnten. Nach SUPPAN (1995) stellten die Mühlenbetreiber in früheren Zeiten (nicht nur im Kainachtal) sehr oft ihre Mühlsteine selbst her, wenn auf eigenem Grund und Boden geeignetes Rohmaterial vorhanden war.

Eine genaue Lokalisierung der Mühlsteinmaterialien aus der Anker-Sammlung war bzw. ist also eventuell gar nicht möglich, da die weitgefaßte Bezeichnung „...aus dem Kainachtal...“ stellvertretend für ein größeres Abbaugelände wahrscheinlich am Hemmerberg bei Afling war. Anker regte damit vielleicht sogar zur Suche nach neuen Abbaustellen - wenn auch nur für kleine Mengen - an. Dies ist eine zwar sehr freie Interpretation, allerdings im Anker'schen Sinne, Rohstoffe aus heimischen Vorkommen zu suchen, zu finden und zu nutzen.

## **Einige Bemerkungen M. J. Ankers zur Trottoirpflasterung in Graz mit besonderer Bezugnahme auf den Kainacher Sandstein**

In den Jahren zwischen 1823 und 1829 veröffentlichte M. J. Anker mehrere kurze Artikel in einem Beiblatt zur (damals einzigen) „Grätzer Zeitung“ namens „Der Aufmerksame“. Diese Zeitungsbeilage war als volksbild-

nerisches Organ gedacht und hatte, wie die Zeitung selbst, das gehobene Grazer Bürgertum zur Leserschaft.

Im Jahre 1823 berichtet der „Aufmerksame“ unter dem Titel „Verschönerungen in Grätz“ lobend über die Pflasterung und Trottoirlegung in einigen Gassen der Jakominivorstadt. Solche Aktivitäten waren zur damaligen Zeit hauptsächlich Angelegenheit der einzelnen Hausbesitzer und überhaupt ein wichtiger Verbesserungsschritt. Die Gleisdorferstraße konnte zuvor „...als Eingang in die städtische schöne Fahrt-Allee, und als Post-Straße wegen Mangel an Pflasterung nicht im gebührligen Zustande erhalten werden und war bei jeder üblen Witterung für das Fuhrwerk beschwerlich, und für die Fußgänger gänzlich impracticabel...“. In der Folge äußert sich ANKER (1823a) erstmals über die brauchbarsten Gattungen der Steine für die Grazer Trottoirs. Wichtig seien ebene Oberflächen und Dauerhaftigkeit, d.h., es müssen Gesteine mit großer Härte und nicht leicht verwitternd oder auflösbar sein. Diesen Ansprüchen entsprechen die kieselerdigen harten Gebirgsgesteine - der Granit, der Gneus (eine Art Granit und nur durch die schiefrige Struktur vom ersten verschieden) und dann kieselerdige feste Sandsteine. Kalksteine nützen sich schneller ab und liefern glatte, schlüpfrige Oberflächen, die das Gehen erschweren. Granit sei der tauglichste Pflasterungsstein, dürfte aber für Graz zu kostspielig sein, weil die Anbrüche zu weit entfernt sind. So werden Gneus und die festeren Sandsteinarten empfohlen, die beide im Grätzer Kreis in mächtigen Anbrüchen zu finden sind.

Die Pflastersteine sollten jedenfalls eine Dicke von 3 bis 4 Zoll haben und sowohl beim Gneis als auch beim Sandstein darf nur frisches, unverwittertes Material verwendet werden. Jene Sandsteinart, welche man in der Kainach als Sensenschleifstein benützt und welche kein schiefriges Gefüge hat, dient am besten zur Pflasterung. Muster von beiden Sorten liegen im Joanneum zur Ansicht bereit.

Etwas später weist ANKER (1823b) darauf hin, daß von den bis dato verwendeten Trottoir-Pflastermaterialien Kalkstein, Sandstein und Gneis sich die beiden letzteren am besten eignen, wenn die bereits erwähnten Mindestmaße zur Anwendung kommen. Der plattenförmige Gneis aus der Gegend um Stainz ist entschieden die festeste und dauerhafteste Gesteinsart - die Herrengasse vom Rathaus abwärts ist damit bereits gepflastert. An zweiter Stelle stehen nach wie vor die körnig festen (nicht schiefrigen) Sandsteine aus der Gebirgsgegend um Kainach. Ganz allgemein empfiehlt es sich für Steinpflasterungen, auf denen mit Wagen gefahren wird, keine großen, zu dünnen, Platten zu nehmen. Die Länge und Breite solle 1 bis 1.5 Schuh und die Dicke wenigstens 6 Zoll betragen.

Im Oktober 1823 bemerkt ANKER (1823c) erfreut, daß zunehmend Gneis und Sandstein gegenüber dem anfänglich mehr eingesetzten, aber ungeeigneten Kalkstein verwendet werden. Den ersten Rang in der Dauerhaftigkeit hat natürlich der Gneis.

Bei der Auswahl des Sandsteines aus dem Kainachgebiet ist alle Vorsicht angeraten, da in ein und demselben Steinbruch verschiedene Sorten vorkommen. Geeignet sind nur jene, die mehr blaugrau sind, mit fest verbundenen Sandkörnern und die gar kein schiefriges Gefüge verraten. Der gehörigen Form ist großes Augenmerk zu schenken, denn der Sandstein steht dem Gneis an Festigkeit doch nach. Die Verwendung des Sandsteines von der Kainach ist am Trottoir vor dem Joanneum und noch an mehreren Orten zu ersehen.

Im Jahr darauf erinnert ANKER (1824a), daß bei Pflasterungen auf Anhöhen, wie der Sporgasse, als die zweckmäßigste Gesteinsart der Kainacher feste, blaulich-graue Sandstein in kleinen geformten Vierecken von wenigstens 4 Zoll gleicher Dicke anzuempfehlen ist. Er wird auch ohne Behauung der Oberfläche nie schlüpfrig. Als bestes Beispiel erwähnt Anker neben dem Joanneums-Trottoir noch die Säulen des Schuch'schen Hauses in der Neugasse.

In der Folge schreitet die Trottoir-Pflasterung in Graz offenbar rasch voran. ANKER (1825) räumt Vorbehalte aus, da in schmälere und bergaufliegenden Gassen besonders Toreinfahrten von der Pflasterung freigehalten werden. Man hat Angst, daß Pferde und Zugvieh auf dem Trottoir ausglitschen und fallen könnten. Er verweist auf Wien, wo alle Straßen mit Granit in kleiner Würfelform gepflastert sind und es keine Besorgnis gebe. Er empfiehlt abermals den festen Kainacher Sandstein (zu sehen am Joanneum, bey Sr. Excellenz dem Herrn Landeshauptmann im ersten Sacke, und am Convicte in der Bürgergasse). Die Platten sollen 1 Schuh lang bzw. breit sowie wenigstens 4 Zoll dick sein und man kann, um noch mehr die Besorgnis zu beseitigen, die Steine noch in der Quere streifenweise behauen oder ihnen eine gewölbte Form geben.

Wenn man diese empfohlenen Kainacher Sandsteine gehörig wählt und bearbeitet, so kann man nicht nur enge und bergaufführende Gassen, sondern auch Fahrtstraßen damit pflastern. Gegenüber dem Wiener Granit ist der Sandstein puncto Schlüpfrigkeit sogar noch besser.

Abermals wird betont, daß sowohl vom plattenförmigen Gneuse von der Gegend bei Stainz, Voitsberg und Ligist als auch von den Kainacher Sandsteinen immer wieder schlechte Qualitäten genommen werden oder Platten zu dünn bemessen sind, was notwendigerweise zum Bruch führt.

Kalksteinpflaster seien für enge bergangehende Gassen völlig untauglich und begründen die Besorgnis des Ausrutschens und Fallens jedenfalls.

Als zwei Jahre später noch immer Ängste bestehen, in engen, bergaufgehenden Gassen Trottoirs anlegen zu lassen, spricht sich ANKER (1827) erneut für die beständige Rutschsicherheit des Kainacher grauen, festen Sandsteines, auch im abgenützten Zustand aus. Ein weiteres Vorkommen - der sehr feste Sandstein von Gösting - wird wegen seiner räumlichen Nähe für Graz als sehr günstig erwähnt. Allerdings ist das Material sehr fest und daher nur kostspielig in regelmäßige und gefällige Formen zu bringen. Als Verwendungsbeispiele werden die Pflasterungen beim Burgtor, im Landhaus gleich inner dem Tor bei der Stiege und im zweiten Hof des Joanneums zur linken Seite genannt.

Über Nachteile der Grazer Trottoirs-Pflasterungen berichtet ANKER (1829). Das ansonsten zweckmäßigste Material, der graue feste Kainacher Sandstein, wird meist in zu dünnen Platten verlegt. Bei großen Lasten treten zwangsläufig Sprünge auf und es muß schon bald nach Verlegung ausgebessert werden. Die Steindicke solle 5 bis 6 Zoll betragen, besonders sollen die Platten an allen Rändern gleich dick sein. Man möge weiters aus Schönheitsgründen darauf achten, daß die Legung der Steinplatten und die würfelartige Behauung in gleichen Linien - also regelmäßig erfolge. Abschließend zu diesem Thema führt ANKER (1829) an, daß sich der Kainacher Sandstein zwar für Trottoir-Pflasterung bestens eigne, für die Fahrt-Pflasterung nicht so entsprechend benützt werden könne, da die erforderlichen 12 Zoll Dicke für die Würfelbearbeitung vom natürlichen Vorkommen des Materials her nicht erzielt werden können.

## Schlußbemerkungen

Wie man aus den zahlreichen Kurzartikeln M.J.Ankers im „Aufmerksamen“ schließen kann, müssen aus dem Gebiet des Kainachtales gewaltige Mengen an Bodenplatten und Pflastersteinen für Graz geliefert worden sein. Zusammen mit den Angaben von HANISCH & SCHMID (1901), HAUSER & URREGG (1951) sowie KRAINER & SUETTE (1984) läßt sich ableiten, daß die zahlreichen Brüche am Hemmerberg bei Afling wohl das Hauptliefergebiet waren und auch die Herkunft des Schleif- und Pflastersteinmaterials aus der Anker-Sammlung sind. Die genaue Herkunft des Mühlsteines aus dem Kainachtal, der wie die beiden anderen Objekte sicher zu den Erstbeständen Ankers zählt, bleibt vorerst dahingestellt.

Ein Blick zurück in die Anfangszeit der Grazer Trottoir-Pflasterung ist seit kurzem wieder möglich. Im Zuge der Fassadenrenovierung des Joanneums

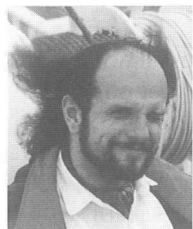
wurde im Jahre 1996 das ehemalige Trottoir in der Raubergasse 10 freigelegt. Neben Kainachtaler Sandstein fand man dabei auch schon Ausbesserungen mit Plattengneis. Im Jahre 1997, vorsichtig mit weiteren Gneisplatten ergänzt sowie drainagiert und neu verlegt, wurde das alte, damals tiefergelegene Niveau erhalten. Es zeugt so von den Anfängen der Grazer Trottoir-Pflasterung mit heimischen Steinmaterialien - ganz im Sinne Mathias Josef Ankers...

## Literaturverzeichnis:

- AICHHORN, S. (1855): Das Mineralien-Kabinet am steierm. St. Joanneum zu Gratz mit besonderer Berücksichtigung der mineralogischen Schausammlung. - In Commission bei Damian & Sorge, 142 S., Graz.
- ANKER, M. J. (1809): Kurze Darstellung einer Mineralogie von Steyermark, oder systematische Aufzählung steyermärkischer Fossilien mit Angabe ihrer Fundörter, und ihrer technologisch-ökonomischen Nutzbarkeit. - Verlag F.Ferstl, 79 S., Graz.
- ANKER, M.J. (1810): Kurze Darstellung einer Mineralogie von Steyermark, oder systematische Aufzählung steyermärkischer Fossilien mit Angabe ihrer Fundörter und Benützung, sammt einem Anhang. - Verlag F. Ferstl, 140 S., Graz.
- ANKER, M. J. (1822): Uebersicht der im Joanneum zu Grätz aufgestellten steiermärkischen Mineralien- und Gebirgsarten-Sammlung. - Steyermärkische Zeitschrift, IV.Heft: 85-110, Graz.
- ANKER, M. J. (1823a): Bemerkungen über die mehr und minder tauglichen Pflastersteine zum Trottoir für Fußgänger. - Der Aufmerksame, Nr. 9, 21.Jänner 1823, Graz.
- ANKER, M. J. (1823b): Aus dem Joanneum: Nachträgliche Bemerkungen, die Trottoirs-Pflasterungen in Grätz betreffend. - Der Aufmerksame, Nr.115, 25.September 1823, Graz.
- ANKER, M. J. (1823c): Bemerkungen aus dem Joanneum, über die Fortschritte der Trottoirs-Pflasterung in Grätz. - Der Aufmerksame, Nr. 129, 28. October 1823, Graz.
- ANKER M. J. (1824a): Nachträgliche Bemerkung über die Trottoirspflasterung (Aus dem Joanneum). - Der Aufmerksame, Nr. 67, 3. Juny 1824, Graz.
- ANKER, M. J. (1824b): IV. Uebersicht der aufgestellten vaterländischen, technischen Mineralien-Sammlung im Joanneum, nebst allgemeinen Uebersichts-Bemerkungen. - Steyermärkische Zeitschrift, V. Heft, im Verlage der Direction des Lesevereines am Joanneum: 86 -93, Graz.
- ANKER, M. J. (1825): Bemerkungen zur Beförderung der Trottoirs-Pflasterung in Grätz. - Der Aufmerksame, Nr. 25, 1. März 1825, Graz.
- ANKER, M.J. (1827): Bemerkungen über die unbegründete Furcht in engen bergaufgehenden Gassen Trottoirs anlegen zu lassen. - Der Aufmerksame, Nr. 88, 24.July 1827, Graz.

- ANKER, M. J. (1829): Ueber einige bey der jetzt in Grätz vorgenommenen Trottoirs-Pflasterung sich zeigende Nachteile. - Der Aufmerksame, Nr.47, 18. April 1829, Graz.
- FLÜGEL, H. (1961): Die Geologie des Grazer Berglandes. - Mitt. Mus. Bergb. Geol. und Technik am Landesmuseum „Joanneum“ Graz, H. 23, 212 S., Graz.
- GÖTH, G. (1861): Das Joanneum in Gratz, geschichtlich dargestellt zur Erinnerung an seine Gründung vor 50 Jahren. - A.Leykam's Erben, 323 S., Graz.
- HANISCH, A. & SCHMID, H. (1901): Österreichs Steinbrüche. Verzeichnis der Steinbrüche, welche Quader, Stufen, Pflastersteine, Schleif- und Mühlsteine oder Deckplatten liefern. - Craeser & Co., Wien.
- HAUSER, A. & URREGG, H. (1951): Die Kalke, Marmore und Dolomite Steiermarks. 4.Teil: Die Marmore und Dolomite. Im Anhang: Sandsteine und Konglomerate. - Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 6. Heft, 48 S., Graz.
- KRAINER, B. & SUETTE, G. (1984): Die Sandsteine des Hemmerberges bei Afling. - in: „Dekorgesteine der Steiermark - Konglomerate, Brekzien, Sandsteine“, Projekt ST A 32 F der Forschungsgesellschaft Joanneum, unveröffentlichter Projektbericht, 34-45, Graz.
- LASNIK, E. (1982): Rund um den Heiligen Berg. Geschichte des Bezirkes Voitsberg. - Verlag Styria, 650 S., Graz-Wien-Köln.
- LEITNER, C. G. Ritter v. (1853): Mathias Anker, Professor der Mineralogie und Custos am steierm.ständ.Joanneum. Eine biographische Skizze. - Mitteilungen des historischen Vereins f. Steiermark, 4. Heft, 243-254, Graz.
- SIGMUND, A. (1911): Die Mineralogische Abteilung. B. Die Sammlung steirischer Minerale. - in: „Das steiermärkische Landesmuseum Joanneum und seine Sammlungen“: 188-196, Ulrich Mosers Buchhandlung, Graz.
- SUPPAN, R. (1995): Mühlen, Bäche, Wasserräder. Geschichte und Funktion wasserbetriebener Mühlen. - Verlag für Sammler, 176 S., Graz.

Anschrift des Verfassers:



Dr.Bernd MOSER  
 Referat Mineralogie  
 Landesmuseum Joanneum  
 Raubergasse 10, A-8010 Graz

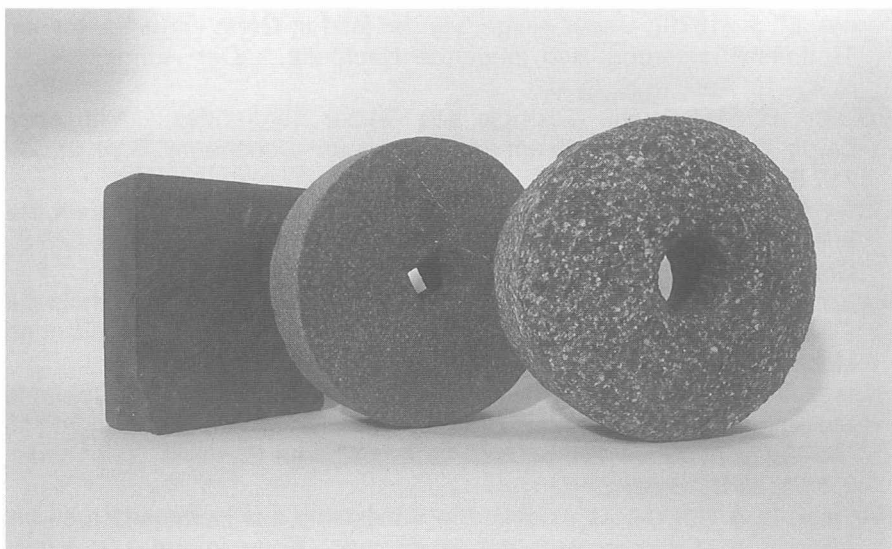


Abb. 1: Pflaster- bzw. Bodenplattenstein und Schleifstein aus feinkörnigem Sandstein, Mühlstein aus Konglomerat, Kainachtal, Weststeiermark; aus der „vaterländischen, technischen Mineraliensammlung“ von M. J. Anker im Joanneum, Graz; Durchmesser des Schleif- und Mühlsteines 13,5 cm, Foto: B. Moser.

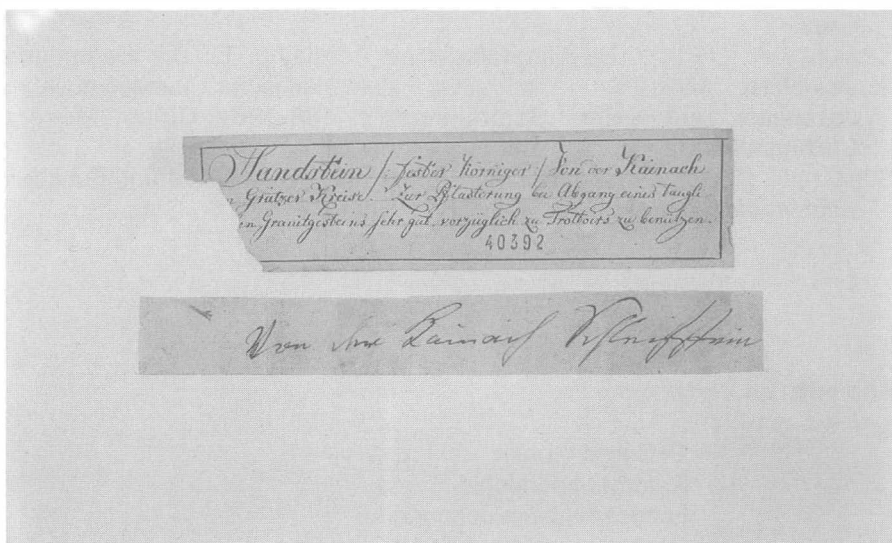


Abb. 2: Originaletikett (14 x 3,5 cm) aus der Anker-Sammlung zum Pflaster- bzw. Bodenplattenstein und originaler Beizettel zum Schleifstein aus Abb. 1, Foto: B. Moser.



# Geotop und Geotopschutz

Reinhold NIEDERL

*Unsere Vergangenheit ist mit jener der Erde auf das innigste verbunden. Ihr Ursprung ist auch unser Beginn, ihre Geschichte ist auch die unsere und ihre Zukunft wird wohl auch unsere Zukunft sein. Der Mensch und die Erde teilen ein gemeinsames Schicksal. Wir und unsere Regierungen sind nur Verwalter dieses Erbes. Wir müssen begreifen lernen, daß schon kleinste Eingriffe in die Natur zu Veränderungen dieses Erbes führen können. Was wir auch immer tun und planen, der besondere Wert und die Verantwortung für dieses Erbe muß uns bewußt sein.*

(Auszug aus der internationalen Deklaration zum Vermächtnis und Schutz der Erde vom 13. Juni 1991 in Digne-Les-Bains, Frankreich)

## Einleitung

Nach jahrhundertelanger Ausbeutung der Natur und ihrer Ressourcen setzte in den letzten beiden Jahrzehnten langsam ein Umdenken, ein Besinnen dahingehend ein, daß „Natur“ nicht unbegrenzt und im Überfluß vorhanden ist. So wurden Einzelobjekte wie auch ganze Landschaftsteile unter Naturschutz gestellt und der Begriff des Biotops etablierte sich im alltäglichen Sprachgebrauch. Dem internationalen Trend folgend, Natur zu schützen, werden neben den biologisch entstandenen Naturobjekten zunehmend auch erdwissenschaftliche Bildungen der Natur geschützt. Für diese wurde der Begriff Geotop geschaffen. Demnach handelt es sich beim Geotop – in Analogie zum Biotop – um einen Ort (griech.: topos), an dem nicht die belebte Natur (griech.: bios), sondern Entwicklung, Aufbau und Eigenschaften der Erde (griech.: gê) besondere Bedeutung haben.

Ein Blick auf die Liste der Naturdenkmale des Bundeslandes Steiermark (siehe weiter unten) zeigt, daß Bio-Naturdenkmale jedoch bei weitem überwiegen, ein generell zu beobachtender Trend. MEYER (1996) gibt mit

Stand 1987 für die BRD 2.600 Naturschutzgebiete an, von denen 20% mit geologisch-paläontologischen Schutzgründen ausgewiesen sind. Bei Naturdenkmälern war der Anteil mit 12 % noch wesentlich geringer. Von den rund 45.000 Naturdenkmälern der heutigen BRD sind nur etwa 1.270 aus geologisch-morphologischen Gründen geschützt. Wir sehen, daß die biologische Komponente bei Naturschutzüberlegungen zumeist überwiegt.

Es sollte daher an der Zeit sein, die Auslegung des Naturschutzgedankens, die ihm zugrunde liegenden Gesetze sowie die starre Einteilung der Natur in eine belebte und eine unbelebte zu überdenken. Die Natur muß als Ganzes gesehen werden. Zwei neue Begriffe, Geo-Biotop und Bio-Geotop, können dazu eine Hilfestellung geben.

## Zur Situation des Geotopschutzes

In den letzten Jahren entwickelte sich der Geotopschutz immer rasanter zu einer stets an Bedeutung gewinnenden Disziplin der Geowissenschaften. Im Folgenden sollen die wesentlichen Entwicklungen der letzten Jahre, v.a. unserer deutschsprachigen Nachbarländer, in kurzer Form gestreift werden.

Im Jahre 1992 wurde in der BRD die „Arbeitsgemeinschaft Geotopschutz in deutschsprachigen Ländern“ gegründet. 1995 fand das Jahrestreffen in Österreich statt. 1996 wurde seitens der Arbeitsgemeinschaft der Beitritt in die Deutsche Geologische Gesellschaft beantragt. Von dieser wurde die Arbeitsgemeinschaft als „Fachsektion Geotopschutz“ aufgenommen. Erstmals tagte diese 1997 in Clausthal-Zellerfeld.

1996 erschien in der BRD eine Arbeitsanleitung „Geotopschutz in Deutschland“, die als Leitfaden für die Geologischen Dienste der Länder in der Bundesrepublik Deutschland dienen soll. Darin wird die Empfehlung ausgegeben, Geotope zu erfassen, diese fachspezifisch zu bewerten und in Zusammenarbeit mit den zuständigen Stellen Maßnahmen für deren etwaigen Schutz auszuarbeiten.

Weiters wurde eine Definition des Begriffes Geotop erarbeitet, die allgemein anerkannt wurde:

*Geotope sind erdgeschichtliche Bildungen der unbelebten Natur, die Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln. Sie umfassen Aufschlüsse von Gesteinen, Böden, Mineralien und Fossilien sowie einzelne Naturschöpfungen und natürliche Landschaftsteile.*

*Schutzwürdig sind diejenigen Geotope, die sich durch ihre besondere erdgeschichtliche Bedeutung, Seltenheit, Eigenart oder Schönheit auszeichnen. Für Wissenschaft, Forschung und Lehre sowie für Natur- und Heimatkunde sind sie Dokumente von besonderem Wert. Sie können insbesondere dann,*

*wenn sie gefährdet sind und vergleichbare Geotope zum Ausgleich nicht zur Verfügung stehen, eines rechtlichen Schutzes bedürfen.*

In der Schweiz fristete der Geotopschutz, ähnlich wie in Österreich, ein untergeordnetes Dasein. Um dies zu ändern hat die Schweizer Akademie der Naturwissenschaften 1994 die Arbeitsgruppe „Geotopschutz Schweiz“ eingesetzt. Sie soll, ähnlich wie oben zitierte Arbeitsanleitung in der BRD, Kriterien erarbeiten, nach denen eine Beurteilung möglich wird, was denn eigentlich schützenswert ist. Weiters wird zwischen aktiven und statischen Geotopen unterschieden, je nachdem, ob die prägenden Prozesse im Gang oder abgeschlossen sind. Der Schutz von Geotopen liegt in der Schweiz auf Kantonalebene (in der BRD bei den Ländern), ein genereller Auftrag zur Erfassung von Geotopen liegt nicht vor.

Die europäische Vereinigung zur Erhaltung des geologischen Erbes (*European Association for the Conservation of the Geological Heritage*) ProGEO wurde 1988 in den Niederlanden gegründet. Oberstes Anliegen ist der Geotopschutz in Europa. Erarbeitet wird ein europäisches Geotopinventar, regelmäßige Symposien tragen dazu bei. Weiters wird neben der individuellen Mitgliedschaft auch eine offizielle Vertretung der Staaten in Europa angestrebt.

Im Rahmen der internationalen Konvention zum Schutz des Weltkultur- und Weltnaturerbes der UNESCO (*World Heritage Convention*) wird an einem Katalog als Grundlage für Vorschläge zur Aufnahme geologischer Standorte in die *World Heritage List* gearbeitet. Bisher wurden in diese Liste rund 100 naturwissenschaftliche Objekte aufgenommen, von denen nur wenige geologischen Ursprungs sind. Aus Österreich wurden das Schloß und der Park Schönbrunn, die Altstadt von Salzburg und die Region Hallstatt-Dachstein (als Cultural Landscape) in den Katalog aufgenommen. In letztem Fall wurde es wieder einmal verabsäumt, auf die geologische Besonderheit der Hallstätter Zone hinzuweisen. Weiters ist auf dem Gebiet der Kulturlandschaften beabsichtigt, den Erzberg und die Eisenstraße für eine Eintragung in den Katalog vorzuschlagen.

## **Zur Situation in Österreich und der Steiermark**

In Österreich fällt der Naturdenkmalschutz in die Kompetenz der Länder. In der Vergangenheit wurden in den österreichischen Bundesländern erdwissenschaftliche Objekte in unterschiedlich hohem Maß als Naturdenkmale oder als Teile von geschützten Gebieten unter Schutz gestellt. Pionierarbeit bei der Erfassung und Dokumentation von Naturdenkmalen wurde hierbei durch die Länder Salzburg (siehe THUSWALDNER & BLUHM, 1985) und Vorarlberg unter KRIEG (siehe KRIEG & ALGE, 1991) geleistet.

An der Geologischen Bundesanstalt in Wien wird seit 1995 unter dem Titel GAIAs STERNE<sup>1</sup> ein Projekt zur Erfassung aller als Naturdenkmale geschützten Geotope Österreichs durchgeführt. Es werden sämtliche in Österreich erfaßten geologischen Naturdenkmale aufgelistet, eine Auswahl davon fotodokumentarisch festgehalten und in Buchform publiziert. Sämtliche Daten werden EDV-gestützt verwaltet.

1995 wurde die Gesellschaft GEOTOPAS (kurz für Geotope Austrias) zum Schutz von Geotopen gegründet. Gleichzeitig wurde die Arbeitsgruppe Geotopschutz im Österreichischen Nationalkomitee für Geologie gegründet. Ziel von GEOTOPAS ist es, auch Nicht-Geologen eine umfassende Information zum Geotopschutz zu vermitteln. In Analogie zur Bundesrepublik Deutschland wird zur Zeit überlegt, diese Arbeitsgruppe als Teil der Österreichischen Geologischen Gesellschaft zu führen.

HOFMANN erfaßte mit Stand vom 30. 6. 1998 in der Steiermark 66 Naturdenkmale erdwissenschaftlichen Ursprungs. FOSSEL & KÜHNERT 1994 publizierten für die Steiermark insgesamt 1013 Naturdenkmale, davon 26 Felsformationen, 5 Gletscherspuren, 17 Klammen und Schluchten, 18 Wasserfälle sowie 1 geologische Besonderheit, also 67 erdwissenschaftliche Naturdenkmale. Dazu kommen 66 Quellen sowie 46 Höhlen. Die Unterschutzstellung der beiden zuletzt genannten Gruppen stellen Sonderfälle dar, da Quellen oft unter besondere Schutzbestimmungen fallen und Höhlen vielfach nach dem Naturhöhlengesetz behandelt werden.

Die Ausweisung einer Schöpfung der Natur als Naturdenkmal ist die strengste Form eines Schutzes. In der gültigen Fassung des Steiermärkischen Naturschutzgesetzes aus dem Jahr 1976 ist ein Naturdenkmal folgend definiert:

*Ein Naturdenkmal ist eine hervorragende Einzelschöpfung der Natur, die wegen*

- > ihrer wissenschaftlichen oder kulturellen Bedeutung*
- > ihrer Eigenart, Schönheit oder Seltenheit oder*
- > ihres besonderen Gepräges für das Landschafts- oder Ortsbild*

*erhaltungswürdig ist. Sie kann mit der für ihre Erhaltung und ihr Erscheinungsbild maßgebenden Umgebung mit Bescheid der Bezirksverwaltungsbehörde zum Naturdenkmal erklärt werden.*

Als Beispiele werden angeführt: einzelne Bäume, Quellen, Wasserfälle, Felsbildungen, Klammen und Schluchten, Naturhöhlen (soweit diese nicht unter die Bestimmungen des Naturhöhlengesetzes fallen), erdgeschichtliche Aufschlüsse und Erscheinungsformen, Vorkommen einzigartiger Gesteine,

---

<sup>1</sup> Geotope AUSTRIAS: STANDORTE ERDWISSENSCHAFTLICH RELEVANTER NATURDENKMALE

Mineralien (soweit sich diese außerhalb eines Bergbaues befinden) sowie fossile Tier- und Pflanzenvorkommen.

Dem Gesetzestext ist weiter zu entnehmen, daß ein Naturdenkmal in Sonderfällen verändert werden kann, eine Wiederherstellung ist anzustreben. Diese selbst bei Biotopen nur bedingt durchführbare Regelung dürfte im Falle erdwissenschaftlicher Naturdenkmale nahezu unmöglich sein, da es sich um unwiederbringliche Schöpfungen der Natur handelt, ein Faktum, das bei Bio-Naturdenkmalen meist nicht der Fall ist. Ist eine erdwissenschaftlich wichtige Stätte zerstört, kann sie nicht wieder rekonstruiert werden. Der Gesetzgeber ist daher im Falle einer Reform von Naturschutzgesetzen (bzw. Teilen davon) angehalten, den Begriff Geotop und dessen Handhabung jenem des Biotops gleichsetzen und seinen Schutz genau zu definieren.

## **Geobiotop und Biogeotop**

Als Lösungsansatz möglicher divergierender Ansichten der Bereiche Biotop- und Geotopschutz könnte der Vorschlag von HOFMANN (1998) dienen, zusätzlich zum Begriff Geotop den des Geobiotops einzuführen. HOFMANN & ZORN (1997a) schlagen dazu folgende Definition vor:

*Geobiotope sind Biotope mit der Charakteristik von Geotopen. Sie ergeben sich aus (natürlichen oder künstlichen) Geotopen, die eine Voraussetzung für Biotope bilden. Geobiotope zeigen charakteristische Merkmale der belebten und unbelebten Natur und vor allem ihre gegenseitige Abhängigkeit und gemeinsame Auswirkung.*

Bereits einleitend wurde bemerkt, daß nach den heute gebräuchlichen Definitionen die Natur in eine belebte und eine unbelebte geteilt wird. Im Falle von Geotopen wäre die Frage zu stellen, ob es korrekt ist, von einer unbelebten Natur zu sprechen. Wenn wir uns vor Augen führen, daß nahezu alle Sedimente Zeugen einer zur Zeit ihrer Entstehung belebten Natur sind, so wäre dies ein Anstoß, die Relikte des ehemaligen Lebens nicht strikt von der heutigen „belebten“ Natur zu trennen. Kalkgesteine mit einem fossilem Korallenriff beispielsweise zeugen von ganz bestimmten ehemaligen Lebensbedingungen. Dieses Riff kann, gleich wie alt es ist, als ein ehemaliges Biotop gesehen werden. HOFMANN (1998) führt deshalb für derartige Geotope den Begriff Biogeotop ein und definiert ihn folgend:

*Biogeotope sind Geotope, die vor geologischer Zeit Biotope waren.*

## **Geotopschutz und Geotoppflege - wie?**

Im Gegensatz zu Biotopen haben wir es im Fall von Geotopen mit heute nicht mehr in der ursprünglichen Form reproduzierbaren Bildungen zu tun.

Gerade dieses aus der kurzlebigen Sicht des Menschen nicht Wiederholbare macht das Wesen eines Geotopes aus.

Jedes Geotop bedarf daher eines Schutzes und einer Pflege. Als Geotope ausgewiesene ehemalige Ton-, Sand- und Kiesgruben müssen laufend instand gehalten werden. Sie sind durch Verwitterungseinflüsse einem ständigen Verfall preisgegeben, aber auch neu aufkeimender Bewuchs trägt zu Verhüllung und Verfall des Geotops bei. Diesen beiden Phänomenen muß entgegengewirkt werden, wobei es im Regelfall sicher leichter ist, einen Bewuchs zu beseitigen, als die verwitterungsbedingte Zerstörung zu verhindern. Bis vor einigen Jahren wurden aufgegebene Ton-, Sand- und Schottergruben sowie Steinbrüche ihrem Schicksal überlassen, was zur Folge hatte, das sie entweder als wilde Deponien dienten oder sich ihrer die Natur wieder bemächtigte; in etlichen Fällen entstanden daraus Biotope. Beinhaltet eine solche Grube erdwissenschaftliche Objekte und/oder charakteristische geologische bzw. geomorphologische Strukturen im Sinne der Geotopdefinition, so kann es notwendig sein, diese durch Entfernen von Bewuchs sichtbar und zugänglich zu machen. Diese Maßnahme kann zu Meinungsdivergenzen mit Biotopschützern führen, die vergessen, daß ohne diesen künstlichen Aufschluß dieses nun schützenswerte Biotop gar nicht vorhanden wäre. Im Zuge der den Steinbruchbetreibern in der Regel vorgeschriebenen Rekultivierungsmaßnahmen, sollte es möglich sein, solche Interessensüberschneidungen von vornherein gemeinsam zu lösen.

Zur Pflege eines unter Schutz stehenden Geotops gehört auch dessen Überwachung Plünderern gegenüber, wobei festzuhalten ist, daß die Zerstörung von Geo-Naturdenkmälern durch den Menschen geringer ist, als durch die Natur selbst. Es gibt jedoch Ausnahmen von großer Tragweite. In den letzten Jahren ist das Sammeln von Mineralien und Fossilien sehr in Mode gekommen und man bekommt derartige Objekte allorts zum Verkauf angeboten. Geotope, die wegen ihres Fossilreichtums oder besonderer Mineralien geschützt sind und meist zu Naturdenkmälern erklärt wurden, ziehen profitorientierte Sammler natürlich besonders an. Als Folge dieses Booms werden professionelle Abbaumethoden mit Maschinen, vereinzelt auch mit Sprengstoff, eingesetzt. In kürzester Zeit bleibt von einem Geotop so nur eine verwüstete Landschaft zurück.

Als besonders krasser Fall sei hier das Naturdenkmal Feuerkogel bei Bad Aussee genannt. Diese auch für die Wissenschaft äußerst bedeutende Ammonitenfundstelle liegt sehr exponiert und ist daher nur schwer zu überwachen. Dies fördert die Ausbeutung der Fundstelle durch Sammler trotz ihrer jahrelangen Ausweisung als Naturdenkmal. Da dies oft auf unfachmännische Art geschieht, werden viele Fossilien, beim Versuch sie zu gewinnen, zerstört. Eine große, von Menschenhand geschaffene Steinhalde zeugt davon.

Problematisch kann das Aufeinandertreffen von wirtschaftlichen Interessen und Geotopschutz bzw. Naturschutz werden. Im Basaltbruch Weitendorf westl. Leibnitz, Steiermark, wurde im Lauf des Abbaues an der Basaltbasis ein fossilreicher Mergel aufgeschlossen. Anfang der achtziger Jahre sollte dieser Basaltbruch zu einer Mülldeponie umgewandelt werden. Dank der Intervention vieler österreichischer Erdwissenschaftler, allen voran Prof. Dr. W. Gräf vom Landesmuseum Joanneum Graz, konnte dies verhindert werden und der fossilführende Teil der Bruchsohle wurde zum Naturdenkmal erklärt. Damit ergaben sich jedoch neue Probleme in der Handhabung des Geotopschutzes. Die fossilführende Schichte durfte nicht verändert werden und mußte für wissenschaftliche Lehrzwecke frei zugänglich bleiben. Da auch der Steinbruch weiterhin in Betrieb blieb, wurde es notwendig, diese Schichte zu überdecken, da sie sonst zerstört worden wäre. Somit trat der Fall ein, daß ein für die Öffentlichkeit und Wissenschaft bedeutendes Geotop (Naturdenkmal) zwar geschützt wurde, jedoch niemandem zur Verfügung im Sinne einer Weiterbildung steht. Weiters zeigte sich auch hier wieder die Problematik mit Sammlern. Trotz des strengen Naturschutzgesetzes und eines Betretungsverbot des Steinbruches wurde und wird laufend gesammelt. Dies ruft nicht nur bei Natur- und Geotopschützern sondern auch beim Steinbruchbetreiber Widerstand hervor. Die Folge davon ist mangelnde Kooperationsbereitschaft.

## Wie soll es weitergehen?

Wirksamer Geotopschutz kann nur gemeinsam mit Bevölkerung und Wissenschaft erreicht werden. Die Beurteilung, welcher geologische Aufschluß ein schützenswertes Geotop ist, muß von einem Fachmann getroffen werden; erst die wissenschaftliche Definition macht ihn zu einem Geotop. Ausgenommen mögen Aufschlüsse sein, die von Natur aus wegen ihrer Schönheit oder einzigartigen Form keiner weiteren Aufbereitung bedürfen. Viel häufiger liegen uns aber Aufschlüsse in nichtssagender Form vor. Die Präparation einer fossilführenden Schichte vor Ort oder ein gezieltes Freilegen von geologischen Strukturen unter Aufsicht eines Erdwissenschaftlers kann eine für den Laien „wertlose“ Felswand nicht nur als wissenschaftlich wertvoll sondern auch als touristisch nutzbaren Besuchspunkt ausweisen. Dazu bedarf es aber der Information. Eine kleine Plakette als Zeichen, daß es sich um ein Naturdenkmal handelt, genügt nicht. Eine kurze Beschreibung, in der keinesfalls der Grund für die Unterschutzstellung fehlen darf, wird die Bedeutung dieser Lokalität der Öffentlichkeit verdeutlichen. Die Aufklärung, welche erdwissenschaftlichen Schätze im Zuständigkeitsbereich einer Region, Gemeinde oder eines Privatbesitzes liegen, tragen dazu bei, die Wertvorstellungen im Bewußtsein der Öffentlichkeit gegenüber dem geologischen Erbe an den richtigen Platz zu rücken. Beispiele dafür gibt es in Österreich bereits etliche, den Naturpark Kampal, die Geopunkte im Umkreis von Eggenburg oder den Geotrail in den Karnischen Alpen.

Neben der Aufklärung und Bewußtseinsbildung der Bevölkerung durch die Erdwissenschaft ist es zukünftig in verstärktem Maße notwendig, Listen von schützenswerten Geotopen zu erstellen. Naturraumpotentialerhebungen sind im Rahmen der Raumplanung dafür ein hervorragendes Instrument, Interessenskonflikte von vornherein auszuschalten. Auf diesem Gebiet darf sich das Land Steiermark als Wegbereiter innerhalb Österreichs sehen. Zu bedenken ist jedoch, daß nur ständiges Aktualisieren der Daten zu einem rechtzeitigen Schutz von Geotopen führt. Unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Walter Gräf wird diesem Anliegen im Rahmen verschiedener Projekte Rechnung getragen. Seitens der öffentlich zuständigen Stellen muß erkannt werden, daß der Wert eines Geotops, hier sind vor allem die bisher unbeachtet gebliebenen Aufschlüsse wissenschaftlicher und geomorphologischer Natur und nicht die Klammern und Wasserfälle gemeint, dem eines Biotops gleichzusetzen ist. Dementsprechend sollte der Begriff Geotop in zukünftigen Naturschutzgesetzen Berücksichtigung finden.

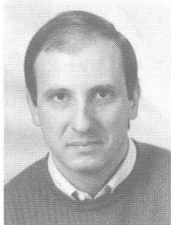
## Literatur:

- FOSSEL, C. & KÜHNERT, H. (1994): Naturkundliche Besonderheiten in steirischen Gemeinden (Naturschutzhandbuch IV). – Österreichischer Naturschutzbund, Landesgruppe Steiermark, 331 S., Leopold-Stocker Verlag, Graz-Stuttgart.
- HEITZMANN, P. (1995): Geotopenschutz in der Schweiz und seine gesetzlichen Grundlagen. – in: 3. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft Geotopenschutz in deutschsprachigen Ländern, Berichte der G.B.A., 32, 58-60, Wien.
- HOFMANN, T., KREUTZER, L. H. & ZORN, I. (1997): GAIA's Sterne – Tätigkeitsbericht 1996. – G.B.A., 9 S., Anhang, Wien.
- HOFMANN, T. (1998): Nature is more than GEO(topes) and BIO(topes) – some holistic considerations. – Tallinn, in Druck.
- HOFMANN, T. & ZORN, I. (1997): Geotopforschung in Niederösterreich: Die politischen Bezirke Horn und Hollabrunn.- Anh. 8: 19 S., 1 Kte. In: HEINRICH, M. (1997): Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Raum Geras - Retz - Horn - Hollabrunn, Projekt NC 36/1994-97, Wien.
- HOFMANN, T. & ZORN, I. (1997a): Geotope-Research in Austria: The „Geobiotope“ connects Geology and Biology. – Abstracts, Second General Assembly of the Europ. Assoc. of the Geol. Heritage, p. 11, Tallinn-Lahema National Park.
- KASIG, W. (1996): Geologische Öffentlichkeitsarbeit als wichtiger Beitrag zu Umweltschutz und Umwelterziehung. – Geol. Jb., A 144, 35-42, Hannover.
- KRIEG, W. & ALGE, R. (1991): Vorarlberger Naturdenkmale: von Baumriesen, Höhlen und Teufelsteinen. – 208 S., Hecht Verlag, Hard.
- LAGALLY, U, FRANK, H. & KUBE, W. (1994): Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte in Oberbayern (Ergebnisse einer Erstaufnahme). – Erdwissenschaftliche Beiträge zum Naturschutz, Bayerisches Geologisches Landesamt, München.



- LOOK, E.-R., GOTH, K., JUNKER, B. & LAGALLY, J. (1996): Geotopschutz in Deutschland (Arbeitsanleitung). – Angewandte Landschaftsökologie, H. 9, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- MEYER, D.E. (1996): Geologische Aufschlüsse, Naturdenkmale und Lehrpfade – ihre Bedeutung für die Gesellschaft. – Geol. Jb., A 144, 5-43, 18 Abb., Hannover.
- REISINGER, F., KAPL, S., MITTERMAIER, A. & MÜLLEDER, H. (1989): Naturschutz in Oberösterreich: Unsere Naturdenkmale.- Amt d. OÖ. Landesreg., Agrar- und Forstrechtsabteilung, Linz.
- RUPPRECHT, M. (1985): Das steirische Umweltschutzrecht. – Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- STRASSER, A., HEITZMANN, P., JORDAN, P., STAFFER, A., STÜRM, B., VOGEL, A. & WEIDMANN, M. (1995): Geotope und der Schutz erdwissenschaftlicher Objekte in der Schweiz: ein Strategiebericht. – Arbeitsgruppe Geotopschutz Schweiz, Freiburg.
- THUSWALDER, W. & BLUHM, G. (1985): Naturdenkmäler im Land Salzburg.- 223 S., Sonderpublikation Nr. 60, 2. Aufl., Alfred Winter Verlag, Salzburg.

Anschrift des Verfassers:



Dr. Reinhold NIEDERL  
Referat Geologie und Paläontologie  
Landesmuseum Joanneum  
Raubergasse 10, A-8010 Graz.



# Ursachenanalyse der Erosionsprozesse in einem kalkalpinen Einzugsgebiet (Holzäpfeltal bei Wildalpen, Steiermark)

Herwig PROSKE

Mit 2 Abbildungen

## Zusammenfassung

Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft (Forsttechnischer Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung) wurden in den Jahren 1996/97 grundlegende Untersuchungen zur Geschiebeproblematik im Holzäpfeltal bei Wildalpen durchgeführt. Unter Einbeziehung klimatologischer sowie geo- und biowissenschaftlicher Daten konnte geklärt werden, welche Faktoren für die großflächigen Materialverlagerungen verantwortlich sind. Die entscheidende geogene Voraussetzung für die Erosionsprozesse ist das Vorhandensein mächtiger pleistozäner Hangschuttdecken am NW-Abfall des Kräuterinmassivs. Die Auslösung von Muren steht in praktisch allen Fällen im Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen, die aufgrund ihrer hohen Intensität zu einem großen Wasserüberschuß im betroffenen Einzugsgebiet führen. Eine Reihe von Einflußfaktoren aus dem Bereich der Komplexe Boden/Wald und Wald/Wild sowie von Wechselwirkungen mit historischen Nutzungsformen tragen dazu bei, den laufenden degradativen Entwicklungsprozeß in Gang zu halten. Für die Planung erosionsmindernder Maßnahmen spielt die Vegetation eine zentrale Rolle, weil hier mit relativ geringem Aufwand ein großer Nutzen zu erzielen ist. Ziel ist die Schaffung möglichst stabiler Waldbestände, die auf eine Verhinderung von Erosionsinitialen aller Art ausgerichtet sind.

## 1. Einleitung

Im Rahmen einer Erfassung sensibler Einzugsgebiete in der Steiermark durch den Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung wurde von der Gebietsbauleitung Unteres Ennstal und Salzatal das Holzäpfeltal bei Wildalpen als eines der vordringlich zu bearbeitenden Gebiete angeführt. Das Ziel der daraufhin in den Jahren 1996/97 durchgeführten

Untersuchungen bestand darin, Entscheidungshilfen für die weitere Maßnahmensetzung durch die WLV zu liefern (PROSKE et al. 1997).

Die interdisziplinär ausgerichtete Bearbeitung umfaßte die folgenden Untersuchungsschritte:

- Sammlung vorhandenen Datenmaterials
- Erhebung der aktuellen und potentiellen Geschiebeherde im Einzugsgebiet
- Untersuchung der langfristigen Dynamik in der Geschiebeerzeugung
- Quantifizierung des Erosionspotentials
- Analyse des anthropogenen Einflusses - Nutzungsentwicklung
- Untersuchung der Waldökosysteme
- Analyse der Schutzwirksamkeit und Stabilität der Vegetationsdecke in Risikobereichen
- Beurteilung des Wildbestandes im Hinblick auf Verbißschäden
- Interdisziplinäre Ursachenanalyse der Erosionsprozesse

Im vorliegenden Bericht werden in erster Linie die geologischen Ergebnisse der Bearbeitung präsentiert.

## **2. Das Untersuchungsgebiet**

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des steirischen Anteiles der Nördlichen Kalkalpen im Gemeindegebiet von Wildalpen und umfaßt das gesamte Einzugsgebiet des Holzäpfeltalbaches. Seine Ausdehnung beträgt 22,74 km<sup>2</sup>. Die höchste Erhebung ist der Hochstadl (1.919 m), die Mündung des Holzäpfeltalbaches in die Salza liegt auf ca. 590 m SH.

Der Holzäpfeltalbach entspringt am Nordwestabhang des Kräuterinmassivs und mündet nach einer Gesamtlauflänge von 8,4 km bei Wildalpen rechtsufrig in die Salza. Sein bedeutendster Zubringer ist der Hopfgartenbach, der bei Hm 6,60 rechtsufrig in den Holzäpfeltalbach mündet. Als weiterer bedeutender rechtsufriger Zufluß ist der Ennsleitengraben zu erwähnen, der bei Hm 62,50 in den Holzäpfeltalbach einmündet. Weniger für die Wasserführung, entscheidend aber für die Geschiebeführung sind die linksufrig aus dem Bereich des Nordwestabfalles des Kräuterinmassivs etwa ab Hm 42 in den Holzäpfeltalbach einmündenden Seitengräben.

Das gesamte Einzugsgebiet wird von der Wildbachverbauung betreut und liegt im Zuständigkeitsbereich der Gebietsbauleitung Admont / Unteres Ennstal und Salzatal.



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in der Steiermark

### 3. Anthropogener Einfluß und Nutzungsentwicklung

Als der Aufschwung der Eisenindustrie um den Steirischen Erzberg die Erschließung immer weiterer Holzkohlenversorgungsgebiete notwendig machte, richtete sich das Interesse auch auf die Wälder im Salzatal. Der große Kohlenbedarf der Hammer- und Blahwerke ließ Köhler und Holzknechte immer weiter in die entlegenen Wälder vordringen (GRUBER 1965).

Historische Unterlagen, die Hinweise auf die Entwicklung des Untersuchungsgebietes geben, beziehen sich in erster Linie auf die forstliche Nutzung im Zusammenhang mit der Kohlholzerzeugung für die Eisenverhüttung.

Erste Berichte über Waldverwüstungen im Raum Wildalpen stammen bereits aus dem Jahr 1627. Nach ausgedehnten Schlägerungen vor der Übernahme der Wälder durch die Forstverwaltung Wildalpen im Jahr 1889 handelte es sich in erster Linie um jahrzehntelang unbestockte oder nur spärlich bestockte Großkahlschläge. Aushagerung des Bodens, schlechtes Wachstum, ungünstige Bestandesverhältnisse und verbreitete Erosionsvorgänge kennzeichneten die Flächen (HAFNER 1979).

Nach Unterlagen der Wildbach- und Lawinenverbauung (FORSTTECHNISCHE ABTEILUNG FÜR WILDBACHVERBAUUNG 1911) war der Talboden bereits im Jahr

1903 fast vollständig verschottert. Die am weitesten taleinwärts gelegenen kleinbäuerlichen Höfe mußten infolge der zunehmenden Verschotterung bereits etwa um 1930 geräumt und ihre Bewohner ausgesiedelt werden. Die seit dem Jahr 1952 errichteten Verbauungswerke bewirkten zumindest vorübergehend eine Stabilisierung und weitgehende Eintiefung des Gerinnes. Eine in den Jahren 1952 bis 1954 errichtete Geschiebestausperre (Christerbauersperre) war allerdings bereits 1960 vollständig verlandet. Durch die anschließende Erhöhung der Sperre wurde das Fassungsvermögen des Stauraumes von 350.000 m<sup>3</sup> auf ca. 430.000 m<sup>3</sup> vermehrt. Eine zweite Sperre, deren Stauraum ein Fassungsvermögen von 160.000 m<sup>3</sup> aufweist und deren Verlandungszeitraum mit 5,5 Jahren berechnet wurde, wurde schließlich noch oberhalb der ersten Sperre errichtet (FORSTECHNISCHE ABTEILUNG FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG 1960). Die Sanierungsstrategie sah neben der Zurückhaltung der Geschiebmassen durch Stausperren und der Gerinnebildung durch Eintiefen des Bachlaufes auch forstlich-biologische Maßnahmen im Bereich der Geschiebeherde im Einzugsgebiet vor. Diese Bemühungen wurden durch eine Windwurfkatastrophe im Jahr 1966, die große Waldflächen im Einzugsgebiet des Holzäpfeltales zerstörte, entscheidend zurückgeworfen. Nach einer Verschlimmerung der Geschiebeproblematik infolge dieses Ereignisses kam es trotz einer allgemeinen Verbesserung des Waldzustandes nicht mehr zu der erwarteten Stabilisierung bzw. Normalisierung der Situation.



Abb. 2: Der vollständig verschotterte Talboden des Holzäpfeltales im Bereich des ehemaligen Christerbauern

## 4. Geologische Verhältnisse

Das Arbeitsgebiet wird zur Gänze von der Göller Decke, einer Teildecke des kalkalpinen Ötcher-Deckensystems, aufgebaut. Im Süden wird diese Decke durch ein WSW-ENE-verlaufendes System teils steil stehender Störungen begrenzt ("SEMP"-Linie = Salzach-Ennstal-Mariazell-Puchberg - Linie).

### 4.1. Grundgebirge

Das präquartäre Grundgebirge wird fast ausschließlich von Gesteinen der Mittel- und Obertrias aufgebaut. Lediglich am Südrand des Einzugsgebietes findet man auch tertiäre Konglomerate und Sandsteine (PAVLIK 1995). Vom lithologischen Gesichtspunkt betrachtet dominieren Dolomite bei weitem. Dolomit neigt bekanntermaßen generell zu starker Schuttbildung. Seine oft endogen brekziöse Ausbildung infolge diagenetischer Umwandlungsprozesse begünstigt den Zerfall zu einem feinen, polygonalen Grus mit einem deutlichen Maximum innerhalb der Sand- und Kiesfraktion. Größere Steine und Blöcke sind im Vergleich zu Kalkschutt selten. Der Ton-/Schluffgehalt ist stark von der tektonischen Beanspruchung abhängig. Vor allem im Nahbereich tektonischer Linien und Störungen sind die Dolomite des Untersuchungsgebietes durchwegs engständig geklüftet. Größere Störungen werden häufig von Mylonitbildungen begleitet, in denen das Gestein zu einer feinkrekziösen oder schluffig-sandigen Masse zerrieben ist. Das Korngrößenspektrum von Hangschutt aus solchen Zonen weist eine deutliche Schwerpunktverschiebung in Richtung höherer Feinanteile auf.

Als tiefstes Schichtglied nehmen Wettersteindolomite große Bereiche im Nordteil des Untersuchungsgebietes ein. Darüber liegen die sehr charakteristisch ausgeprägten, geringmächtigen karnischen Reingrabener Schiefer. Es handelt sich um weiche schwarze Schiefer, die häufig horizontweise Sphaerosideritknollen mit Durchmessern bis etwa 20 cm führen. Die Reingrabener Schiefer verwittern sehr leicht zu schluffig-tonigem Lockermaterial. Aufgrund dieser leichten Verwitterbarkeit sind im Gelände oft markante Stufen ausgebildet, die bereits einen deutlichen Hinweis auf das Vorhandensein von Schiefen im Untergrund geben. Anstehende Schiefer findet man dagegen meist nur in frischen Anrissen im Bereich der Gräben. Die Mächtigkeit des Schieferbandes beträgt im allgemeinen zwischen etwa 10 m und 30 m. Da die Gesteine bei tektonischer Beanspruchung jedoch mehr oder weniger plastisch reagieren, können sie bereichsweise auch völlig fehlen oder aber wesentlich größere Mächtigkeiten erreichen. Die Schiefer begünstigen aufgrund ihrer wasserstauenden Wirkung die Ausbildung tiefgründiger Hangbewegungen. Besonders jene Flächen, in denen sie eine mehr oder weniger hangparallele Lagerung aufweisen, neigen verstärkt zu Rutschungen. Im

Hangenden folgt der mächtig entwickelte Hauptdolomit, der im Südteil des Einzugsgebietes dominiert und durch Einschaltung kalkiger Bänke im Gipfelbereich des Kräuterinmassivs allmählich in Dachsteinkalk übergeht.

Das Schichtfallen ist generell recht einheitlich, wobei im gesamten Arbeitsgebiet südliche Richtungen dominieren. Die Einfallwinkel liegen überwiegend zwischen 25° und 45°. Nur im Nahbereich größerer tektonischer Linien gibt es stärker abweichende Lagerungsverhältnisse.

## 4.2. Quartäre Deckschichten

Während der würmzeitlichen Vereisung waren zwar das Hochschwabplateau und die südostexponierten Kare des Kräuterinmassivs vergletschert, der Raum zwischen dem Kräuterinmassiv und den Göstlinger Alpen blieb jedoch eisfrei. Mehrere Kargletscher aus dem Bereich des Hochschwabmassivs (Siebenseetal, Brunntal, Bärbachtal) vereinigten sich im Salzatal zu einem kurzen Talgletscher, dessen Ende sich vermutlich etwa 3 km westlich von Wildalpen befand (FRITSCH 1993). Präwürmzeitliche Lockersedimente sind allerdings fast im gesamten Untersuchungsgebiet vertreten. Während der Reißvereisung lag wahrscheinlich der größte Teil der Hochschwab-Nordabdachung, das Salzatal und das gesamte Lassingbachtal unter Eisbedeckung. Es entwickelte sich ein geschlossenes Eisstromnetz, dessen Eisflüsse sich im Salzagletscher vereinigten, der schließlich bei Großreifling in den Enns-gletscher mündete (FRITSCH 1993). Größere zusammenhängende Moränenreste treten vor allem in flacheren und damit vor der Erosion geschützten Bereichen nordwestlich des Holzäpfeltales auf.

Von entscheidender Bedeutung für die abnorm hohe Geschiebeproduktion ist aber die Remobilisierung alter Schutthalden, die am NW-Abfall des Kräuterinmassivs große Verbreitung besitzen. Diese Bildungen liegen heute als teils stark kompaktierte, teils bankweise zu Gehängebrekzien verkittete Schuttmassen von bis über 30 m Mächtigkeit vor.

Unter Gehängebrekzien versteht man einen durch ein meist kalkiges, löchriges Bindemittel unvollkommen verkitteten Gehängeschutt (SPENGLER & STINY 1926). Dieser Definition genügen die Schuttvorkommen des Kräuterinmassivs zwar, wobei jedoch für große Bereiche durch das weitgehende Fehlen eines kalkigen Bindemittels die Verkittung der Komponenten so schwach ist, daß der Begriff "Brekzie" nicht ganz zutreffend erscheint.

Charakteristische Merkmale sind:

- Sie treten ausschließlich im Hauptdolomit des NW-Abfalles des Kräuterinmassivs in Höhenlagen zwischen 860 m und 1.550 m auf.



- Sie bestehen ganz überwiegend aus kantigen Hauptdolomit- und Dachsteinkalkbruchstücken mit Korngrößen meist zwischen 1 cm und 10 cm. Man findet aber auch Blöcke bis m<sup>3</sup>-Größe eingestreut, die meistens kantengerundet sind.
- Sie weisen darüber hinaus einen hohen Feinkornanteil - überwiegend im Schluffbereich - auf.
- Häufig ist eine undeutliche hangparallele Schichtung erkennbar.
- Die Hangneigungen liegen überwiegend zwischen 27° und 32°.

Im Zuge der Geländeaufnahme wurden an den Flanken der heute weitgehend ausgeräumten Gräben immer wieder Reste entsprechender Ablagerungen gefunden. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß diese in der Vergangenheit eine noch wesentlich größere Ausdehnung besessen haben müssen.

In Hinblick auf den Entstehungszeitraum ist eine exakte Einstufung für die gegenständliche Fragestellung zwar nicht relevant, die Analyse der zur Entstehungszeit herrschenden Umfeldbedingungen (Klima, Vegetation, Topographie, Erosionsdynamik, ...) kann jedoch wertvolle Anhaltspunkte für die Identifizierung schlecht aufgeschlossener Schuttmassen und für verschiedene Materialparameter, die für die interdisziplinäre Ursachenanalyse der Erosionsproblematik wesentlich sind, liefern.

Pleistozäne Gehängebrekzien sind aus den Ostalpen seit langem bekannt. In vielen Fällen sind auch die Steinschlagwände, aus deren Verwitterung sie hervorgegangen sind, noch vorhanden (WICHE 1953). Die meisten Autoren interpretieren die Brekzien als Zeugen einer stark gesteigerten Wandverwitterung während eines gegenüber der Gegenwart wärmeren Interglazials (z.B. AMPFERER 1907, 1935; BAUER & TRIMMEL 1955; CORNELIUS 1938; WICHE 1953). Als eindeutige Hinweise auf die Entstehung der Gehängebrekzien während eines Interglazials findet man einerseits relativ häufig deren Überlagerung durch Würmmoränen oder aufgearbeitete Brekzienreste in denselben, andererseits glazial überprägte Komponenten in der Brekzie.

Für die Schuttmassen des Kräuterinmassivs kann der Nachweis eines interglazialen Bildungszeitraumes nicht erbracht werden. Der Grund dafür ist, daß das Untersuchungsgebiet während der Würmvereisung keine Gletscher aufgewiesen hat und daß daher letzteiszeitliche Moränenablagerungen, die eine Einstufung erlauben würden, fehlen. Mehrere Gründe sprechen ganz im Gegenteil eher für eine spät- oder sogar postpleistozäne Entstehungszeit. Beobachtungen hinsichtlich einer beträchtlich gesteigerten Verwitterung in einer kühleren und feuchteren Periode gegen Ende der Würmvereisung wurden von WICHE (1949) aus dem oberösterreichischen Salzkammergut beschrieben. Dabei handelt es sich um Hänge aus Hauptdolomit, aus denen relativ kleine Gräben nach dem Abschmelzen des würmzeitlichen

Ferneises ausgedehnte Schwemmkegel in die Täler eingeschüttet haben. Die Mächtigkeit dieser heute zerschnittenen Schuttmassen beträgt bis zu 70 m. Unter den heutigen Klimaverhältnissen können die Bäche das anfallende Geschiebe bewältigen. Die seinerzeitige Überladung der Bäche mit Dolomitgrus wird auf die intensive Frostverwitterung während des Spätglazials zurückgeführt. Eine rasche Veränderung der Oberflächenformen nach dem Höhepunkt der Würm-Vereisung unter periglazialen Klimabedingungen konnte für zahlreiche weitere alpine und randalpine Bereiche vor allem im bayerischen Raum nachgewiesen werden (KARL & DANZ 1969; BECHT 1989). Während dieser Phase vollzog sich der Übergang von einem glazial/periglazial geprägten System zu einer durch fluviale Prozesse dominierten Morphodynamik. Zur Zeit der Entstehung der Schuttdecke am Nordwestabfall des Kräuterinmassivs müssen diese Bereiche weitgehend vegetationsfrei gewesen sein. Beobachtungen an rezenten Schutthalden in den triadischen Karbonaten der Karawanken bestätigen, daß die Entstehung großer Halden auf Bereiche oberhalb der Waldgrenze beschränkt ist. Durch Bewaldung wird die Ausbildung von aktiven Schutthalden in der Regel verhindert. Wo sich lokal trotzdem Schutthalden bilden konnten, ist dies auf tektonische Auflockerung bzw. Massenbewegungen zurückzuführen (FELLNER 1992 in: SCHÄFFER 1994). Die geringe Höhenlage der meisten Vorkommen, deren Hauptmasse zwischen 900 m und 1.200 m SH liegt, gibt daher bereits einen ersten Hinweis auf eine abgesenkte Vegetationsgrenze und damit ein niedriges Temperaturniveau.

Ein zweites Argument, das in engem Zusammenhang mit der jetzigen Erosionsproblematik zu sehen ist, spricht noch deutlicher gegen einen interglazialen Entstehungszeitraum: Da es sich zum überwiegenden Teil um Dolomitmikrobrekzien bzw. kompaktierten Dolomitschutt handelt, ist die Verkittung des Materials bei weitem nicht so stark wie in reinen Kalkbrekzien. Eine Verkittung tritt nur bei jenen Brekzienvorkommen auf, deren Herkunftsgebiet bis in den Dachsteinkalk im Gipfelbereich des Kräuterinmassivs reicht. Auch dann ist diese Verkittung auf einzelne kalkreichere Bänke beschränkt, während die Hauptmasse als stark kompaktiertes Lockermaterial anzusprechen ist. Der überwiegende Teil der mächtigen Hangverkleidung befindet sich bei Hangneigungen um 30° für ein feinkornreiches Lockergestein in einer äußerst labilen Position. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, daß der kompaktierte Hangschutt über einen Zeitraum von zumindest 70.000 Jahren (Ende des Riß-Würm-Interglazials) stabil geblieben wäre. Darüber hinaus ist zu bedenken, daß während der würmzeitlichen Kaltphasen in diesen Höhenlagen selbstverständlich weitgehende Vegetationsfreiheit herrschte.

Schließlich sind auch die Steinschlagwände, aus deren Verwitterung die Schutthalden hervorgegangen sind, im Kräuteringebiet noch überall – zumindest als Relikte – vorhanden. Im Falle älterer (interglazialer) Gehängebrekzien sind dagegen die Herkunftsgebiete vielfach zur Gänze abgetragen

und so die Reliefverhältnisse völlig umgestaltet worden (z.B. AMPFERER 1935; FRITSCH 1993; WEHRLI 1928).

Erst mit der endgültigen Erwärmung zu Beginn des Präboreals (vor etwa 7000 bis 8000 Jahren) begannen auf den Schuttflächen Wälder zu wachsen, die den Vorgang der Stabilisierung unterstützten.

## 5. Ursachen und Auslöser der Geschiebeproduktion

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf Vorgänge im Zusammenhang mit der Abtragung der oben beschriebenen (pleistozänen) Hangschuttdecke, da diese den ausschlaggebenden Faktor für die Geschiebeproblematik im Holzäpfeltal darstellt.

Die entscheidende geogene Voraussetzung für die derzeitige Entwicklung ist ohne Zweifel mit dem Vorhandensein eines großen Lockergesteinspotentials in einer äußerst abtragsgefährdeten Position gegeben. Die Ursache dafür ist in der quartärgeologischen Entwicklung zu finden, die zur Akkumulation der großen Lockergesteinsmassen geführt hat. Hauptvoraussetzungen und -ursachen für eine derartige Entwicklung waren ein entsprechendes Relief, stark zur Verwitterung neigende Gesteine, die zur Entstehungszeit herrschenden klimatischen Verhältnisse sowie das Fehlen einer stabilisierenden Vegetationsdecke. Die Vorgänge und Prozesse, die zur Entstehung des Lockergesteinspotentials beigetragen haben, sind damit auf veränderte Umfeldbedingungen zurückzuführen, die zumindest im Arbeitsgebiet heute nicht mehr wirksam sind.

Neben der überwiegend geologisch-morphologisch bedingten Prädisposition besteht eine Reihe weiterer Einflußfaktoren, deren Auswirkungen vor allem darin bestehen, den degradativen Entwicklungsprozeß in Gang zu halten bzw. eine Stabilisierung zu verhindern. In dieser Hinsicht sind vorrangig die Komplexe

- Boden - Wald
- Wald - Wild

zu berücksichtigen.

Auslösende Faktoren für die Erosionsprozesse sind bei weitem schwieriger zu bestimmen, da die entscheidenden Materialumlagerungen relativ selten und dann in sehr kurzer Zeit ablaufen und Indizien, die die Frage nach dem Auslösefaktor beantworten helfen könnten, oft bereits im Zuge des Ereignisses wieder zerstört werden. Die Thematik kann in zwei Problemkreise differenziert werden:

- Erstens geht es um jene Ereignisse oder Prozesse, die die derzeitige Entwicklung in Gang gesetzt haben, d.h., die eine wesentliche Beschleunigung der Erosionsdynamik ausgelöst haben.
- Zweitens soll analysiert werden, wodurch große Feststoffumlagerungen innerhalb des derzeit herrschenden Systemzustandes der beschleunigten Erosion in den Teileinzugsgebieten ausgelöst werden (- und wodurch nicht).

## 5.1. Auslösefaktoren für die Beschleunigung der Erosionsdynamik

Vorauszuschicken ist, daß die Beantwortung dieses Fragenkomplexes größere Unsicherheiten beinhaltet, die auf die spärlichen Unterlagen aus dem in Frage kommenden Zeitraum (wahrscheinlich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts) zurückzuführen sind.

Auszugehen ist von einem Zustand, in dem episodische Ereignisse mit erhöhten Feststoffumlagerungen zwar gleichfalls ihren Platz hatten, ohne allerdings schwerwiegende dauerhafte Veränderungen wie die derzeitige flächendeckende Einschotterung des gesamten Talbodens zur Folge zu haben.

Als einer der möglichen Auslöser sowohl für tiefgreifende morphologische Umgestaltungen als auch für isolierte Massenbewegungen kommen Erdbeben in Frage. Aus dem in Frage kommenden Zeitraum gibt es allerdings keine Aufzeichnungen über ein Beben größerer Intensität im Nahbereich (SCHÄFFER 1994), auch sind typische Formen erdbebenbedingter Massenverlagerungen eher Sturzprozesse und Rutschungen, nicht aber die im Untersuchungsgebiet auftretenden Erosionserscheinungen.

Eine signifikante Veränderung der Niederschlagsstruktur als weiterer potentieller Auslösefaktor ist aufgrund fehlender diesbezüglicher Aufzeichnungen für den Zeitraum der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts rein spekulativ, im Zusammenhang mit der Deutung bestehender Erosionsmuster aber auch nicht völlig auszuschließen.

Eine Veränderung "innerer" physikalisch-chemischer Eigenschaften der Hangschuttmassen, die eine zunehmende Destabilisierung zur Folge hatten, ist gleichfalls nicht nachweisbar. Eine Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften ist am ehesten dadurch gegeben, daß es durch die Verwitterung zu einer allmählichen Feinkornanreicherung in tieferen Horizonten kommt. Damit in Zusammenhang steht eine Veränderung der Durchlässigkeits- und Druckverhältnisse mit der Ausbildung von Stauhohizonten, die bei einer

entsprechend hohen Versickerungsrate bei Starkniederschlägen eine Erhöhung der Abtragswahrscheinlichkeit bewirken können.

Am naheliegendsten ist es, als ausschlaggebende Störgröße den Einfluß der forstlichen Nutzung seit Beginn der Neuzeit in den Mittelpunkt der Überlegungen zu stellen. Eindeutige Auswirkungen des negativen Einflusses auf erosionsrelevante Parameter sind im Zustand der Vegetation und des Bodens unschwer zu finden. Allerdings geht es nicht nur um flächenhaften Bodenabtrag und die Verarmung und Umgestaltung der Pflanzenassoziationen in den talnahen Bereichen, sondern auch um tiefgreifende Veränderungen in den Zonen, die aufgrund ihrer Lage nur mit großen Schwierigkeiten für eine forstliche Nutzung erschließbar waren. Wie historische Aufzeichnungen (STABILER ODER FRANZISCEISCHER KATASTER 1824) und die gegenwärtigen Vegetationsmuster belegen, wurden zur damaligen Zeit tatsächlich auch bereits schwer zugängliche Waldflächen an extremen Standorten geschlägert. Eine Analyse aktueller Erosionsinitialen zeigt, daß unter ungünstigen Rahmenbedingungen oft geringfügige Bodenverletzungen ausreichen, um Erosionsrinnen entstehen zu lassen. Damit kommt neben Bodenverwundungen durch die Holzschlägerung und -bringung auch Viehtritt in ehemaligen Waldweidegebieten als erosionsfördernder Prozeß in Frage.

## 5.2. Auslösefaktoren für Einzelereignisse

Für das Holzäpfeltal ist nachweisbar, daß langanhaltende Landregen, wie sie in den Nördlichen Kalkalpen in Zusammenhang mit Staulagen häufig auftreten (z.B. 3./4.9.1996) oder die Schneeschmelze auch bei großer Schneerücklage und plötzlichem Temperaturanstieg (z.B. Mai 1996) nicht als Auslöser für größere Massenumlagerungen in den Altschuttgebieten fungieren. Umlagerungen beschränken sich bei derartigen Rahmenbedingungen auf kleine und kleinste Rutschungen auf den vegetationslosen Anbrüchen. Damit bleibt die Auslösung von Muren auf jene Niederschlagsereignisse beschränkt, die aufgrund ihrer hohen Intensität - oft in Verbindung mit Hagelfall - in kurzer Zeit zu einem großen Wasserüberschuß im betroffenen Einzugsgebiet führen. Eine besonders große Wassermenge in einer kurzen Zeitspanne kommt dann zum Abfluß, wenn zusätzlich zu intensivem Regen das Schmelzwasser von unmittelbar zuvor gefallenem Hagel kommt. Derartige Niederschläge traten im Bearbeitungszeitraum 4/1996 bis 6/1997 im Untersuchungsgebiet jedoch nicht auf.

Auf der Suche nach potentiellen Auslösemechanismen fällt die charakteristische linsenförmige Form der Erosionreste der (pleistozänen) Hangschuttdecke ins Auge. Sie befinden sich offensichtlich an Stellen, die einen gewissen Schutz vor den wirksamen Abtragsprozessen bieten. Die Position neu

aktivierter Erosionsrinnen unterhalb steiler Rinnen im anstehenden Dolomit liefert einen weiteren Anhaltspunkt bezüglich der wirksamen Auslösemechanismen. FRYXELL & HORBERG (1943) beschrieben anhand eines Beispiels aus den Rocky Mountains einen Auslösemechanismus, der treffenderweise als "firehose"-Effekt bezeichnet wurde (firehose = Feuerwehrschauch). Steile Rinnen im anstehenden Gestein über der Schutthalde stellen demnach Hochgeschwindigkeits-Fließstrecken während intensiver Niederschläge dar. An der Grenze zur Hangschuttdecke trifft das Wasser dann mit großer Energie auf das Lockermaterial. Schuttmassen, die bereits nahezu wassergesättigt sind, reagieren besonders empfindlich auf den auftreffenden Wasserstrahl und begünstigen die Entstehung des Mureninitialstadiums. Einen ähnlichen Vorgang, der zur Auslösung von Hangmuren in rezenten Schutthalden in den italienischen Dolomiten führte, beschrieben MARCHI & TECCA (1996). Die Ausgangspunkte für Murgänge befanden sich jeweils am Kontakt von Schutthalden mit steilen Felswänden. Die konzentrierte Wasserzufuhr aus Rinnen und Klüften im anstehenden Fels mußte dabei nicht notwendigerweise mit großer Aufprallenergie (wie beim "firehose"-Effekt) verbunden sein, um Muren zu initiieren. Auch das in großen Mengen in den Schutt einsickernde Niederschlagswasser kann flachgründige Rutschungen auslösen, wobei die Rutschbewegung fast unmittelbar in die Fließbewegung des Mureninitialstadiums übergeht.

"Firehose"-Effekte bzw. das in Schutthalden konzentriert einsickernde Wasser können eine Auslösung von Muren selbstverständlich nur so lange bewirken, als transportfähiges Lockermaterial im unmittelbaren Einwirkungsbereich des Wasserüberschusses vorhanden ist. Während in rezenten Schutthalden eine episodische Reaktivierung infolge neuerlicher Schuttakkumulationen jederzeit erfolgen kann, fehlt in Altschuttgebieten nach Ausräumung des Lockermaterials das erforderliche Feststoffpotential. Diese Situation besteht auch bereits in Teilen des Einzugsgebietes des Holzäpfeltalbaches. Vor allem dort, wo die Felsrinnen im darüberliegenden anstehenden Gestein relativ große Einzugsgebiete besitzen und infolgedessen die "firehose"-Effekte einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, sind die Schuttmassen bis auf lokale, kleinräumige Erosionsreste zur Gänze abgetragen. Aktive "firehose"-Situationen treten hingegen noch dort auf, wo der Wirkungsgrad aufgrund des kleineren Einzugsgebietes der Rinnen geringer ist und damit die Aktivierung des Prozesses auf seltene Extremereignisse beschränkt bleibt.

Ist eine durch "firehose"-Effekte ausgelöste Mureninitiierung infolge des Fehlens von mobilisierbarem Lockermaterial im unmittelbaren Aufprallbereich des Wassers nicht mehr möglich, treten andere Prozesse in den Vordergrund, die dafür sorgen, daß keine spontane Stabilisierung des Systems erfolgen kann. Die entstandenen, tief eingeschnittenen Murkanäle weisen hohe, übersteilte, vegetationslose Böschungen in wenig standfestem Lockermaterial auf. Damit sind sie bevorzugt der mechanischen Verwitterung

ausgesetzt, wobei im Sommerhalbjahr Flächenschurf und Rinnenerosion, im Winterhalbjahr tiefgründige Auflockerung im Zusammenhang mit Frostwechseln sowie Schneeschurf vorherrschen. Im Zuge des Abschmelzens der Schneedecke und des Auftauens des Bodenfrostes wird der gelockerte Untergrund vielfach mit Wasser übersättigt, so daß es im Frühjahr zu solifluktuonsartigen, einige Dezimeter tief reichenden Rutschungen kommt. All diese Prozesse führen zu einer Materialakkumulation in der Grabensohle, wobei aufgrund der unterirdischen Entwässerung auch der hohe Feinkornanteil des Materials erhalten bleibt. Initiiert werden Muren schließlich wieder bei heftigen Niederschlägen durch die plötzlich einsetzenden, sedimentbeladenen Abflüsse von den Erosionsflächen mit Neigungen über 35°. Die weitere Materialaufnahme durch kombinierten Tiefen- und Seitenschurf wird durch die hohe Wassersättigung des Materials im Bereich der Grabensohle infolge rascher Infiltration und des am Kontakt zum anstehenden Gestein unter dem Lockermaterial fließenden Wassers begünstigt.

## 6. Schlußfolgerungen

Ein anthropogener Einfluß auf das erste Stadium der Mobilisierung des Altschutts, das durch "firehose"-Prozesse am Kontakt des anstehenden Gesteines mit dem kompaktierten Schutt gekennzeichnet ist, ist zwar wahrscheinlich - und kann in einer verstärkten Anlage von Erosionsinitialen in kritischen Bereichen wurzeln -, ist aber auch nicht als unabdingbare Voraussetzung dafür anzusehen. Die weitere Entwicklung des Einzugsgebietes, d.h. ob es zu einer starken und raschen Expansion der Erosionsherde kommt oder ob eine Stabilisierung erfolgen kann, ist vom anthropogen geprägten Wald- und Bodenzustand jedoch in hohem Maße abhängig. Für die Planung erosionsmindernder Maßnahmen spielt daher die Vegetation eine zentrale Rolle, weil hier mit relativ geringem Aufwand ein großer Nutzen zu erzielen ist. Aus diesem Grund müssen alle forstwirtschaftlichen Maßnahmen zum Ziel haben, möglichst stabile Waldbestände, die auf eine Befestigung des Untergrundes und die Verhinderung von Erosionsinitialen aller Art ausgerichtet sind, zu schaffen.

## 7. Literatur

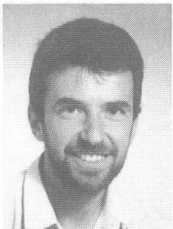
- AMPFERER, O. (1907): Über Gehängebreccien der nördlichen Kalkalpen. - Jb.d.k.k.geol.Reichsanstalt, Jahrgang 1907, Wien.
- AMPFERER, O. (1935): Geologischer Führer für die Gesäuseberge. - Geol. B.-A., Wien.
- BAUER, F. & TRIMMEL, H. (1955): Die Hirberggrube und ihre Breccien (Dachstein). - Mitt.Geol.Ges., 97, 35-37, Wien.

- BECHT, M. (1989): Neue Erkenntnisse zur Entstehung pleistozäner Talverfüllungen. - In: Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 39, 1-19, Öhringen.
- CORNELIUS, H. P. (1938): Über Tertiär und Quartär im Mürztal oberhalb Kindberg und in seinen Nachbartälern. - Jb. Geol. B.-A., 88, 103-145, Wien.
- FELLNER, D. (1994): Beispiele von Schwemmkegel- und Schutthaldenbildungen aus den Karawanken. - in: SCHÄFFER, G.: Integrative Erfassung von Georisiken im alpinen Gebieten. IDNDR-Projekt der Geologischen Bundesanstalt. - Unveröff. Bericht Geol. B.-A., 213-216, Wien.
- FORSTTECHNISCHE ABTEILUNG FÜR WILDBACHVERBAUUNG (1911): Bericht über die Erhebungen im Gebiete des Holzäpfeltal- und Hinterwildalpbaches, Gemeinde Wildalpe, Bezirk Liezen. - Graz.
- FORSTTECHNISCHE ABTEILUNG FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG (1960): Technischer Bericht zum Bauentwurf für den Holzäpfelgraben, Gemeinde Wildalpen. - Unveröff. Bericht, Graz.
- FRITSCH, A. (1993): Das Quartär der westlichen Hochschwab-Nordabdachung unter Berücksichtigung des Bergsturzes von Wildalpen. - Unveröff. Diplomarbeit Univ. Wien, Wien.
- FRYXELL, F. M. & HORBERG, L. (1943): Alpine mudflows in Grand Teton National Park, Wyoming. - Geol. Soc. of Amer. Bull., 54, 457-472, Boulder, Colorado.
- GRUBER, P. (1965): Das Gebiet der Salza von Gußwerk bis zur Mündung in die Enns (Eine länderkundliche Untersuchung). - Diss. am Institut für Geographie, Karl-Franzens-Uni., Graz.
- HAFNER, F. (1979): Steiermarks Wald in Geschichte und Gegenwart. - Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- KARL, J. & DANZ, W. (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland. - Schriftenreihe Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde, 1, München.
- MARCHI, L. & TECCA, P. R. (1996): Hill-slope debris flows in the Dolomites. Characteristics and associated risk. - Tagungspublikation Interpraevent 1996, Bd. 3, 83-92, Garmisch-Partenkirchen.
- PAVLIK, W. (1995): Geologische Kartierungen 1995 auf Blatt 101. - Unveröff. Manuskriptkarte, Geol. B.-A., Wien.
- PROSKE, H., RINESCH, C., STRASSER, V. & TRINKAUS, P. (1997): Grundlegende Untersuchungen zur Geschiebeproblematik des Holzäpfeltalbaches. - Unveröff. Bericht, Joanneum Research, Graz.
- SCHÄFFER, G. (1994): Integrative Erfassung von Georisiken im alpinen Gebieten. IDNDR-Projekt der Geologischen Bundesanstalt. - Unveröff. Bericht Geol. B.-A., Wien.
- SPENGLER, E. & STINY, J. (1926): Geologische Spezialkarte 1:75.000, Blatt Eisenerz - Wildalpen - Aflenz (mit Erläuterungen). - Geol. B.-A., Wien.
- STABILER ODER FRANZISCEISCHER KATASTER (1824).



- WEHRLI, H. (1928): Monographie der interglazialen Ablagerungen im Bereich der nördlichen Ostalpen zwischen Rhein und Salzach. - Jb. Geol. B.-A., LXXVIII, 3. H., 355-498, Wien.
- WICHE, K. (1949): Glazialmorphologische und -geologische Beobachtungen aus dem nördlichen Salzkammergut. - Geogr. Jber. aus Österr., 23, 125-145, Wien.
- WICHE, K. (1953): Pleistozäne Klimazeugen in den Alpen und im Hohen Atlas. - Mitt. Geogr. Ges., 95, 143-166, Wien.

Anschrift des Verfassers:



Mag. Herwig PROSKE  
Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung  
Joanneum Research  
Elisabethstraße 16, A-8010 Graz.



# **Kohlenstoff-Schwefel-Beziehungen in Schwarzschiefern der Schönberg Formation (Obersilur/Unterdevon des Grazer Paläozoikums, Österreich): ein Produktivitätsmodell zur Entstehung altpaläozoischer Schwarzschiefer**

Gerd RANTITSCH, Fritz EBNER, Barbara RUSSEGGER  
und Leopold WEBER

Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen

## **Zusammenfassung**

Die Beziehung zwischen organisch gebundenem Kohlenstoff und pyritisch gebundenem Schwefel innerhalb obersilurisch/unterdevonischer Schwarzschiefer der Schönberg Formation (Grazer Paläozoikum) ist indikativ für einen euxinischen Ablagerungsraum. Der Anteil an syngenetisch gebildetem Pyrit definiert drei Probengruppen. Die Unterschiede im Sedimentationsraum dieser Gruppen werden durch ein Produktivitätsmodell erklärt, in dem die Bioproduktivität in der Wassersäule das Sauerstoffangebot im Bodenwasser bestimmt.

## **Abstract**

The relationship between organically bound carbon and pyritically bound sulfur within the late Silurian to early Devonian black shales of the Schönberg Formation (Graz Paleozoic) is indicative for an euxinic depositional environment. The content of syngenetic built pyrite defines three sample groups. This clustering is explained by changing bioproductivity within the water column, controlling the oxygen supply in the bottom water.

## **Einleitung**

Schwarzschiefer (black shales) sind dunkel gefärbte, feinkörnige Tonsteine mit sedimentologischen, paläoökologischen und geochemischen Hinweisen auf ein eingeschränktes Sauerstoffangebot während der Sedimentation

(TYSON, 1987). Die meisten Schwarzschiefer sind an organischen Substanzen angereichert. Diese Anreicherung wird entweder durch eine Verbesserung der Erhaltungsbedingungen (Erhaltungsmodell) oder durch eine erhöhte Bioproduktivität in der Wassersäule (Produktivitätsmodell) erklärt (vgl. DEMAISON & MOORE, 1980; LITTKKE, 1993; WIGNALL, 1994).

Die untere Deckengruppe (FRITZ et al., 1991) des Grazer Paläozoikums zeigt eine lithologische Gliederung in eine basale vulkanogene, in eine mittlere pelitische und in eine hangende, durch Karbonatgesteine geprägte Abfolge. In der stratigraphischen Neugliederung des Grazer Paläozoikums (FLÜGEL, 1998) werden diese Abfolgen zur Peggau Gruppe zusammengefaßt. Die obersilurisch/unterdevonischen, (TSCHELAUT, 1985) durch einen basischen Vulkanismus beeinflussten, Schwarzschiefer und dunklen Karbonatgesteinen des mittleren Abschnittes werden nach FLÜGEL (1998) als Schönberg Formation bezeichnet. Der dafür seit EBNER & WEBER (1978) verwendete Begriff der Arzberg Schichten wird von FLÜGEL (1998) verworfen, da er homonym mit dem Arzbergkalk der Grestener Klippenzone ist.

Die regionale Verbreitung der Schönberg Formation beschränkt sich auf die ÖK Blätter 133-135 und 163-165. Im Raum der Typuslokalität (im Raum Arzberg auf der ÖK 134) wird die Schönberg Formation in zwei Member, in das liegende, durch Schwarzschiefer dominierte Rauchenberg Member und in das hangende, durch dunkle Karbonatgesteine geprägte Kreuzwirt Member untergliedert.

Charakteristisch für die aus Grünschiefern (basische Metavulkanite), Karbonatphylliten, Serizitphylliten und Schwarzschiefern bestehende Schichtfolgen der Schönberg Formation (Abb. 1) sind die mit dem basischen Vulkanismus syngenetisch entstandenen (WEBER, 1990) exhalativen Blei-Zink-Baryt-Vererzungen (Blei-Zink-Baryt-Lagerstättenbezirk des Grazer Paläozoikums; WEBER, 1997). Ihre Verbreitung wird durch die primäre Beckentopographie mit zahlreichen kleinräumigen Mulden vorgegeben. Baryt-dominierte Mineralisationen findet man im Liegenden der mineralisierten Abfolge und in paläogeographischen Schwellenpositionen (WEBER, 1990).

Ziel dieser Arbeit ist die geochemische Evaluierung der Redoxverhältnisse im Ablagerungsraum der Schwarzschiefer der Schönberg Formation. Dazu wird die Beziehung zwischen organisch gebundenem Kohlenstoff und pyritisch gebundenem Schwefel herangezogen. Davon ausgehend soll ein Modell erstellt werden, welches die Anreicherung an organischem Kohlenstoff im Sediment erklärt und den Einfluß organischer Substanzen auf die sulfidische Erzfällung bewertet.

Abb. 1

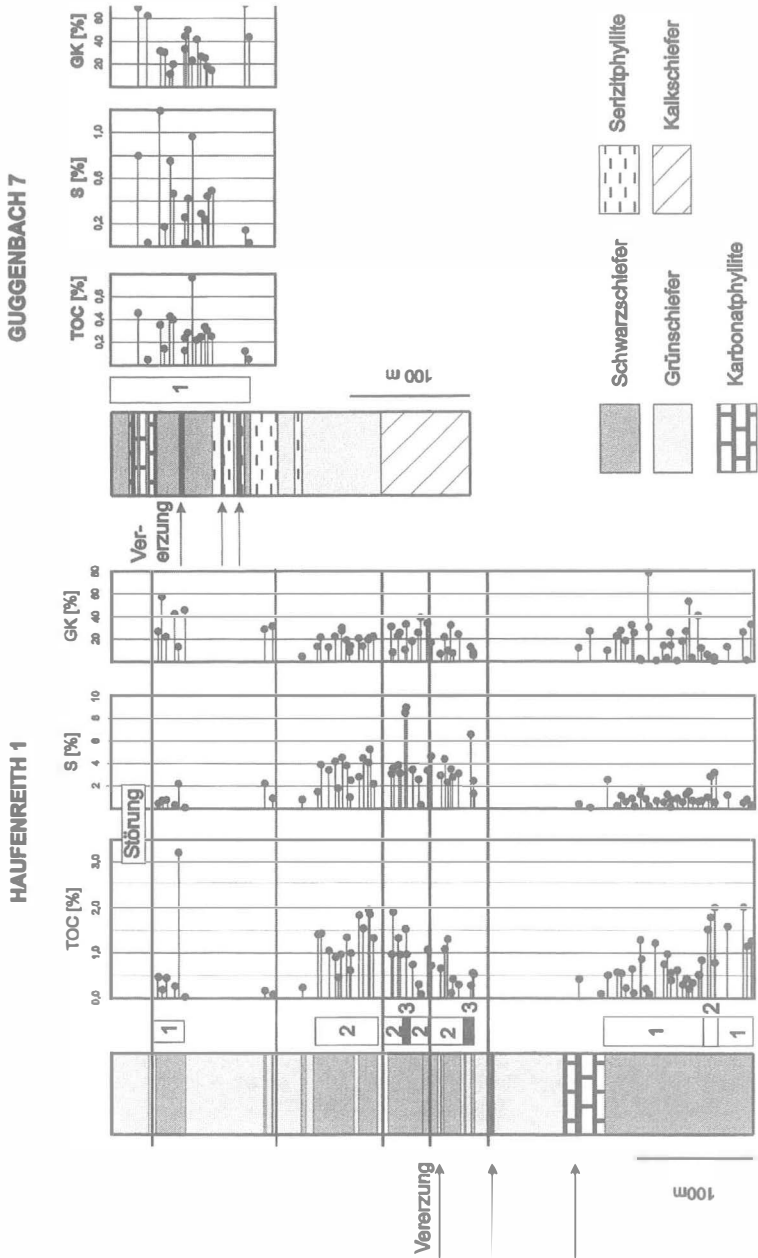


Abb.1: Bohrprofile der Explorationsbohrungen Haufenreith 1 und Guggenbach 7 (WEBER, 1990) mit den Analyseergebnissen (TOC = organischer Kohlenstoffgehalt, S = Gesamtschwefelgehalt, GK = Gesamtkarbonatgehalt) und den nach dem Anteil an syngenetischem Pyrit unterschiedenen Probengruppen (siehe Text).

## Proben

Die 100 untersuchten Proben sind unverwitterte, schwarz gefärbte Tonschiefer der Schönberg Formation. Der Metamorphosegrad der Proben liegt in der beginnenden Grünschieferfazies (vgl. HASENHÜTTL & RUSSEGGER, 1992; RUSSEGGER, 1996), wobei die Vitrinitreflexion das Semi-Graphit-Stadium der organischen Metamorphose anzeigt. Der im Gestein disseminiert vorliegende Pyrit zeigt sowohl framboidale als auch euhedrale Kornformen.

- In der Explorationsbohrung "Haufenreith 1" (ÖK 134, NE Arzberg) wurde das Rauchenberg Member mit 75 Proben beprobt. Die Vererzung im liegenden Teil der Abfolge (Abb. 1) entspricht einem der Haufenreither Liegendlager ("Maxlager").
- In der Explorationsbohrung "Guggenbach 7" (ÖK 163, SE Übelbach) wurde das Rauchenberg Member mit 17 Proben beprobt.
- Im Silberberg-Explorationsstollen (ÖK 163, SE Übelbach) wurden bei Stollenlaufmeter 135, 140, 150, 155, 200, 210, 225 und 310 jeweils eine Probe entnommen. Im beprobten Stollenabschnitt sind neben diesen Schwarzschiefer auch Serizitschiefer aufgeschlossen, die mit Zinkblende (eines der Hangendlager) vererzt sind.

Die genannten Aufschlußarbeiten wurden 1976-1983 im Zuge der Blei-Zink-Prospektion/Exploration durch die BBU durchgeführt. Die geologische Situation der beprobten Gebiete ist in WEBER (1990) detailliert beschrieben.

## Methodik

Pro Probe wurden 100 g bis 200 g Gestein in einer Kugelmühle homogenisiert. Mit Hilfe eines LECO-Vebrennungsofens wurde der Gehalt an Gesamtkohlenstoff, organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC = total organic carbon) und an Gesamtschwefel (S) gemessen. Aus der Differenz des Gesamtkohlenstoffgehaltes und des TOC wurde aus der Stöchiometrie des  $\text{CaCO}_3$  der Karbonatgehalt berechnet. Der Gesamtschwefelgehalt wird als pyritisch gebundener S betrachtet (vgl. RUSSEGGER et al., 1997). Die Elementkonzentrationen werden in Gewichtsprozent (%) angegeben und repräsentieren das arithmetische Mittel aus drei Messungen derselben Probe. Aus der Kalibrierung der Messungen mit Stahlstandards resultierte eine Genauigkeit von 40 ppm C bzw. 8 ppm S und eine Präzision von  $\pm 5\%$  des Mittelwertes von C und S bei einer Nachweisgrenze von 2 ppm C und S.

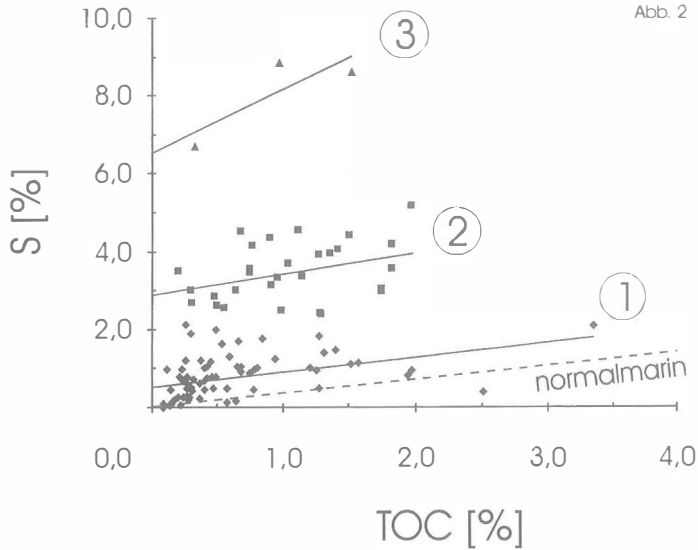


Abb. 2

Abb.2: Beziehung zwischen dem Gehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) und Gesamtschwefel (S). In diesem Diagramm können drei Probengruppen unterschieden werden. Die strichlierte Linie zeigt die TOC/S-Beziehung für normalmarine devonische Sedimente nach BERNER & RAISWELL (1983).

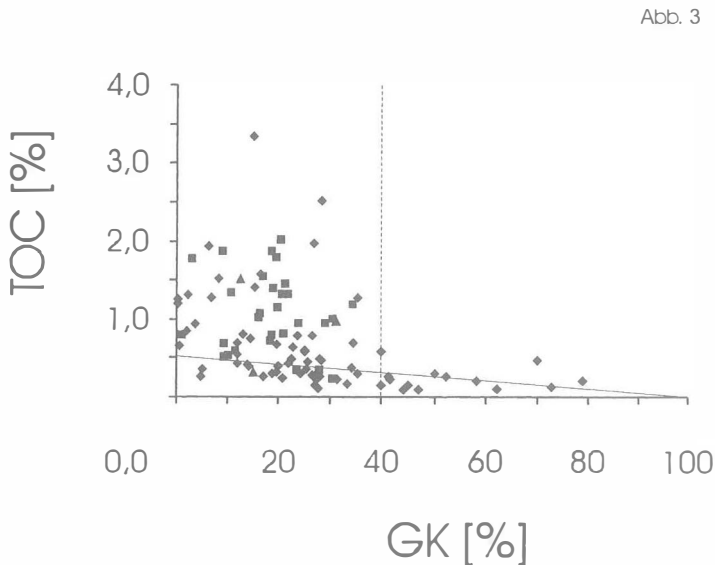


Abb. 3

Abb. 3: Beziehung zwischen Gesamtkarbonatgehalt (GK) und Gehalt an organischem Kohlenstoff (TOC). Bei Karbonatgehalten über 40% (strichlierte Linie) ist eine ausgeprägte Karbonatverdünnung des organischen Sedimentanteiles festzustellen (siehe Korrelationsgerade).

Zur geochemischen Charakterisierung der Schwarzschiefer wurden repräsentative Proben aus jeweils 1m langen Kernstrecken der Explorationsbohrungen auf spezifische Elemente (Cu, Fe, Ca, Ba, Sr, Mg, Pb, Zn, Mn) untersucht. Details über die von der BBU mittels AAS-Analytik durchgeführten Untersuchungen sind in WEBER (1990) zu finden. Durch die Variabilität der TOC- und S-Gehalte innerhalb dieser Abschnitte können diesen Werten daher nur generelle Mittelwerte der entsprechenden Elementgehalte zugewiesen werden.

## Ergebnisse

Die Analysenergebnisse sind in Abb. 1-3 und in Tab. 1-2 dargestellt. In den beprobten Gesteinen sind beträchtliche Anreicherungen von TOC (bis zu 3,35 %) und S (bis zu 8,85 %) zu beobachten. Dabei ist in beiden Bohrungen weder ein stratigraphischer Trend noch ein Einfluß einzelner Erzlagen (Bleiglanz und Zinkblende) auf die Kohlenstoff- und Schwefelwerte nachzuweisen (siehe Abb. 1).

Die Beziehung zwischen organisch gebundenem Kohlenstoff und pyritisch gebundenem Schwefel erlaubt es, in Abb. 2 drei Probengruppen zu erkennen. Diese Gruppen unterscheiden sich statistisch signifikant (am 95% Signifikanzniveau) in ihren TOC- und S-Gehalten, sowie in den unterschiedlichen Schnittpunkten ihrer Korrelationsgeraden mit der S-Achse. Eine Gruppierung aufgrund der Probenlokationen ist nicht möglich.

Die Proben zeigen sehr variable Karbonatgehalte zwischen 0,1% und 79,2% (Abb. 3, Tab. 1). In Proben mit einem Karbonatgehalt über 40% ist eine deutliche Verdünnung des organischen Sedimentanteiles durch den karbonatischen Anteil erkennbar. In den Proben mit geringeren Karbonatgehalten ist die Sedimentation durch die Variabilität des Anteiles an organischen Substanzen gesteuert (vgl. RICKEN, 1991).

Gegenüber den globalen Elementgehalten von Schwarzschiefern (VINE & TOURTELOT, 1970) sind erhöhte Ca-, Mg-, Fe- und Pb-Gehalte festzustellen (s. Tab. 2).

## Diskussion

Das Verhältnis von organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC) zu pyritisch gebundenem Schwefel (S) eines Sedimentes gibt Hinweise zu den primären Ablagerungsbedingungen. Nach BERNER & RAISWELL (1984) und LEVENTHAL (1983) ist es möglich, mit Hilfe von sog. TOC/S-Diagrammen (Abb. 2) normal-marine, euxinische und nicht-marine Sedimente voneinander zu unterscheiden.



Tab. 1

	N	TOC [%]				S [%]				GK [%]			
		min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd
Haufenreith 1	75	0,088	3,352	0,863	0,603	0,052	8,852	2,181	1,832	0,14	79,22	21,00	13,87
Guggenbach 7	17	0,085	0,792	0,299	0,172	0,012	1,201	0,400	0,354	11,92	73,05	37,29	18,42
Silberberg	8	0,270	2,513	0,816	0,766	0,391	1,899	1,057	0,658	6,87	28,21	22,83	7,12
Gesamt	100	0,085	3,352	0,763	0,602	0,012	8,852	1,788	1,746	0,143	79,22	23,91	15,47

Tab. 2

	glob	Haufenreith 1					Guggenbach 7					Gesamt				
		N	min	max	mean	sd	N	min	max	mean	sd	N	min	max	mean	sd
Ba	0,03	57	0.015	0.570	<b>0.117</b>	0.124	28	0.007	0.345	<b>0.058</b>	0.063	87	0.007	0.570	<b>0.097</b>	0.110
Ca	1,5	57	3.300	20.600	<b>8.592</b>	3.399	28	3.300	8.700	<b>5.993</b>	1.563	87	3.300	20.600	<b>7.688</b>	3.140
Cu	0,007	57	0.004	0.050	<b>0.008</b>	0.006	28	0.006	0.011	<b>0.008</b>	0.001	87	0.004	0.050	<b>0.008</b>	0.005
Fe	2,0	57	2.300	8.900	<b>5.141</b>	1.188	28	5.100	8.700	<b>6.868</b>	0.956	87	2.300	8.900	<b>5.747</b>	1.386
Mg	0,7	57	0.700	3.200	<b>1.329</b>	0.428	28	0.850	1.600	<b>1.195</b>	0.202	87	0.700	3.200	<b>1.283</b>	0.369
Mn		57	0.018	0.275	<b>0.092</b>	0.070	28	0.027	0.167	<b>0.072</b>	0.033	87	0.018	0.275	<b>0.085</b>	0.060
Pb	0,002	57	0.010	0.082	<b>0.016</b>	0.012	28	0.010	0.016	<b>0.011</b>	0.002	87	0.010	0.082	<b>0.014</b>	0.010
Sr	0,02	57	0.006	0.062	<b>0.032</b>	0.014	28	0.009	0.043	<b>0.019</b>	0.008	87	0.006	0.062	<b>0.027</b>	0.014
Zn	<0,03	57	0.005	0.360	<b>0.024</b>	0.055	28	0.005	0.025	<b>0.010</b>	0.005	87	0.005	0.360	<b>0.020</b>	0.045

Tab.1: Gehalt an organischem Kohlenstoff (TOC), Gesamtschwefel (S) und Gesamtkarbonat in den untersuchten Proben (min = Minimalwert, max = Maximalwert, mean = arithmetisches Mittel, sd = Standardabweichung).

Tab.2: Anorganische Geochemie in % der untersuchten Schwarzschiefer Proben (min = Minimalwert, max = Maximalwert, mean = arithmetisches Mittel, sd = Standardabweichung). Zum Vergleich sind die globalen Mittelwerte von Schwarzschiefern nach VINE & TOURTELLOT (1970) angeführt (glob).

In einem solchen Diagramm sind euxinische Verhältnisse durch erniedrigte TOC/S-Verhältnisse und einen positiven S-Abschnitt gekennzeichnet. Diese Beziehung wird durch die Reaktion von bakteriell gebildeten  $H_2S$  mit detritischen Eisenmineralien, die zur Entstehung von sedimentären Pyrit führt, erklärt.

In einem euxinischen Ablagerungsraum, in dem freies  $H_2S$  im Bodenwasser vorhanden ist, ist die syngenetische Pyritbildung durch das organische Angebot nicht beschränkt. Dadurch bildet sich der Pyrit über und auf der Wasser-Sediment-Grenzfläche. Der limitierende Faktor für die Pyritbildung ist das Angebot an reaktivem Eisen. Die positive Steigung der TOC/S-Korrelationsgeraden entsteht durch den Anteil an diagenetisch (nach der Sedimentation) gebildeten und organisch limitierten Pyrit oder durch eine Eisen-limitierte syngenetische Pyritbildung (RAISWELL & BERNER, 1985).

Alle drei Proben Gruppen in Abb. 2 zeigen den für euxinische Verhältnisse typischen positiven S-Abschnitt der Korrelationsgeraden. Diese Beobachtung ergibt sich auch dann, wenn man einen signifikanten metamorphosebedingten Verlust an Kohlenstoff (vgl. RAISWELL & BERNER, 1987) nach der Sulfat-reduktion in Betracht zieht.

Die unterschiedliche Höhe der Gerade zeigt den variablen Anteil an syngenetischem Pyrit. Diese Unterschiede können durch variable  $H_2S$ -Gehalte im Bodenwasser, durch variable Gehalte an reaktivem Eisen, oder durch unterschiedliche Mächtigkeiten der  $H_2S$ -führenden Wasserschichte über dem Sediment erklärt werden (vgl. LEVENTHAL, 1983). Das mittlere TOC/S-Verhältnis der Proben Gruppen hängt nicht vom Eisengehalt ab (vgl. Abb. 2 mit Abb. 4). Nach DEAN & ARTHUR (1989) ist dies ein Anzeichen für eine organische Limitierung der diagenetischen Pyritbildung.

In Abb. 4 sind die Elementgehalte innerhalb der drei Proben Gruppen dargestellt. Am statistischen Signifikanzniveau von 95% nimmt mit steigenden Anteilen an syngenetischem Pyrit der Ba-, Pb- und der Ca-Gehalt signifikant ab und der Fe-Gehalt signifikant zu. Der Mn-Gehalt zeigt eine Abnahme am Signifikanzniveau von 90%. Da Ba und Mn unter reduzierenden Verhältnissen löslich sind (vgl. FINLOW-BATES, 1980; FORCE & CANNON, 1988) kann eine zunehmende Mobilisierung dieser Elemente durch den Einfluß der reduzierenden Bedingungen im Bodenwasser erkannt werden.

Mit einer Verstärkung des klastischen Eintrages in den Ablagerungsraum nimmt der Anteil an syngenetischem Pyrit zu. Sinkt der Karbonatgehalt unter 40 %, so ist der TOC-Gehalt vom Karbonatgehalt unabhängig (organische Deposition, s. Abb. 3). Der Anteil an organischem Kohlenstoff im Sediment hängt dann vom Angebot an organischer Substanz und von der entsprechenden Sedimentationsrate ab.

Abb.4: Häufigkeitsverteilung ausgewählter Elementgehalte der in Abb. 2 unterschiedenen Probenruppen. Statistisch signifikante (95% Signifikanzniveau) Mittelwerts-Unterschiede sind markiert.

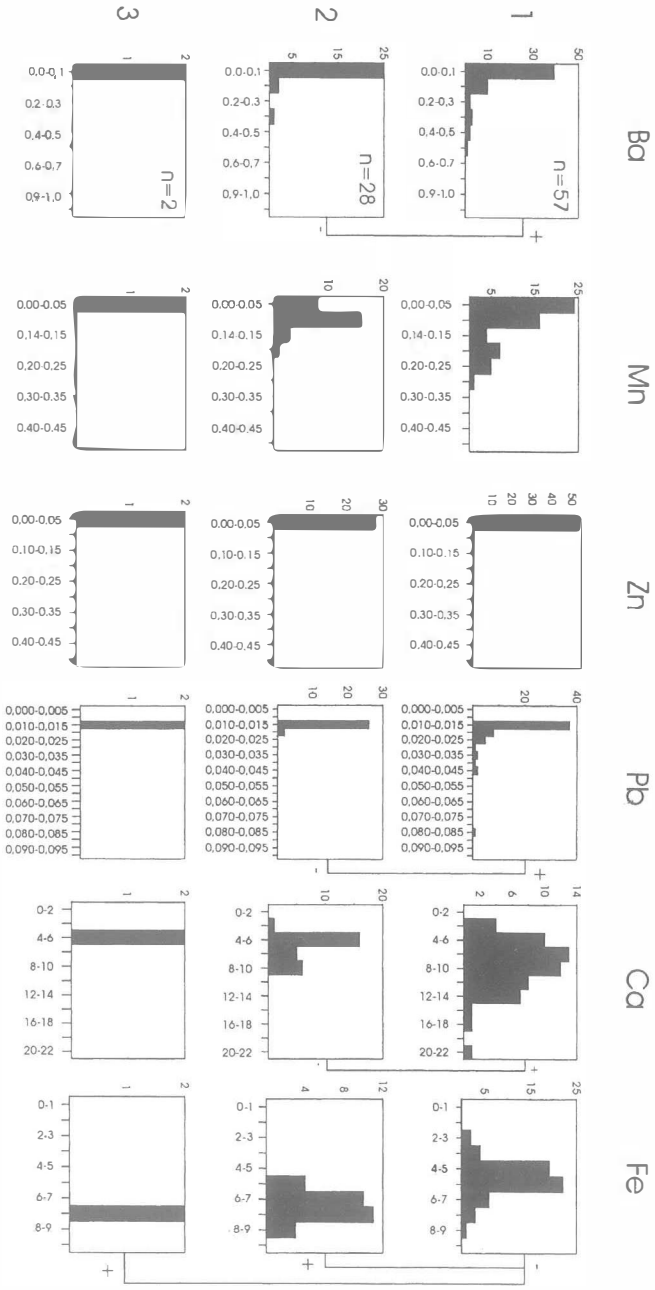


Abb. 4

## Schlußfolgerungen

Innerhalb des Ablagerungsraumes der obersilurisch/unterdevonischen Schwarzschiefer der Schönberg Formation sind aufgrund der Beziehungen zwischen organisch gebundenem Kohlenstoff und pyritisch gebundenem Schwefel euxinische Verhältnisse anzunehmen. Der Schnittpunkt der TOC/S-Korrelationsgeraden mit der S-Achse (Abb. 2) ist ein Maß für den Anteil des im Ablagerungsraum syngenetisch gebildeten Pyrit.

Mit einer Verstärkung des detritären Eintrages nimmt auch der Anteil an syngenetischem Pyrit zu. In Analogie zu rezenten und fossilen Beispielen (DEMAISON & MOORE, 1980; LITTKÉ, 1993; WIGNALL, 1994) kann daher ein Produktivitätsmodell angenommen werden, in dem der klastische Eintrag eine Erhöhung der Nährstoffkonzentration in der Wassersäule bewirkt. Dadurch steigt die organische Primärproduktion und erniedrigt die Sauerstoffkonzentration in der darunterliegenden Wassersäule. Durch die Ausdehnung der anoxischen Zone erhöht sich der absolute  $H_2S$ -Gehalt über der Sediment-Wasser-Grenzfläche und der Anteil an syngenetischem Pyrit in abgeschlossenen Beckenbereichen nimmt zu. Mit der Annahme eines dabei unverändert bleibenden sedimentären Liefergebietes bleibt der relative Anteil an reaktiven Eisen konstant und kann nicht zur Erhöhung des Anteiles an syngenetischem Pyrit führen.

Die Variabilität der Redoxverhältnisse im Ablagerungsraum der Schwarzschiefer zeigt keine Beziehung zu den syngenetischen Pb/Zn-Vererzungen. Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Ausweitung der anoxischen Zone im Bodenwasser und der Fällung von Erzmitteln ist nicht festzustellen. Die Erzkonzentrationen entstehen vielmehr durch den episodischen Austritt von vulkanischen Exhalationen in abgeschlossene Beckenbereiche (WEBER, 1990).

## Dank

Die Arbeiten wurden im Rahmen des FWF Projekt P 10277-TEC (Schwarzschiefer in Österreich) und des IGCP Projektes 357 (Organic and Mineral Deposits) durchgeführt. Prof. W. GRÄF und Dr. I. FRITZ danken wir für den Zugang zu den Explorationsbohrungen Haufenreith 1 und Guggenbach 7, die sich im Steirischen Bohrarchiv des Landesmuseums Joanneum befinden.

## Literatur

- BERNER, R.A. & RAISWELL, R. (1983): Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: a new theory.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 855-862, London.
- BERNER, R.A. & RAISWELL, R. (1984): C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks.- *Geology*, 12, 365-368, Boulder.
- DEAN, W.E. & ARTHUR, M.A. (1989): Iron-sulfur-carbon relationships in organic-carbon-rich sequences I: Cretaceous Western Interior Seaway.- *American Journal of Science*, 289, 708-743, New Haven.
- DEMAISON, G.J. & MOORE, G.T. (1980): Anoxic environments and oil source bed genesis.- *AAPG Bull.*, 64, 1179-1209, Tulsa.
- EBNER, F. & WEBER, L. (1978): Die geologisch-tektonischen Verhältnisse zwischen Tannebenstock und Rötschgraben (Grazer Paläozoikum).- *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 108, 95-113, Graz.
- FLÜGEL, H.W. (1998): Die lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz.- *Jb. Geol. B.-A.*, 141, Wien, (in Druck).
- FINLOW-BATES, T. (1980): The chemical and physical controls on the genesis of submarine exhalative orebodies and their implications for formulating exploration concepts: A review.- *Geol. Jb.*, D40, 131-168, Hannover.
- FORCE, E.R. & CANNON, W.F. (1988): Depositional model for shallow-marine manganese deposits around black shale basins.- *Economic Geology*, 83, 93-117.
- FRITZ, H., NEUBAUER, F., RATSCHBACHER, L. (1991): Compression versus extension in the Paleozoic of Graz.- *Zbl. Geol. Paläont.*, 1991, 55-68, Stuttgart.
- HASENHÜTTL Ch., RUSSEGGER, B. (1992): Niedrigstgradige Metamorphose im Grazer Paläozoikum.- *Jb. Geol. B.-A.*, 135, 287-297, Wien.
- LEVENTHAL, J.S. (1983): An interpretation of carbon and sulfur relationships in Black Sea sediments as indicators of environments of deposition.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 133-137, London.
- LITCKE, R. (1993): Deposition, diagenesis and weathering of organic matter-rich sediments.- *Lecture Notes in Earth Sciences*, 47, 216 S., Berlin (Springer Verlag).
- RAISWELL, R. & BERNER, R.A. (1985): Pyrite formation in euxinic and semi-euxinic sediments.- *American Journal of Science*, 285, 710-724, New Haven.
- RAISWELL, R. & BERNER, R.A. (1987): Organic carbon losses during burial and thermal maturation of normal marine shales.- *Geology*, 15, 853-856, Boulder.
- RICKEN, W. (1991): Variations of sedimentation rates in rhythmically bedded sediments: distinction between depositional types. In: G. EINSELE, W. RICKEN, & A. SEILACHER (Hrsg.): *Cycles and events in stratigraphy*.- 167-187, Springer Verlag, Heidelberg.

- RUSSEGGER B. (1996): Niedrigst- bis niedriggradige Metamorphose im südlichen Grazer Paläozoikum (Ostalpen).- Jb. Geol. B.-A., 139, 93-100, Wien.
- RUSSEGGER, B., RANTITSCH, G. & EBNER, F. (1997): Carbon-Sulfur ratios in Paleozoic sediments of the Eastern and Southern Alps (Austria).- Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 573-583, Stuttgart.
- TSCHELAUT, W. (1985): Über das Alter der Arzberger Schichten und der Blei-Zink-Vererzung im Grazer Paläozoikum.- Jb. Geol. B.-A., 128, 241-243, Wien.
- TYSON, R.V. (1987): The genesis and palynofacies characteristics of marine petroleum source rocks. In: J.R.V. BROOKS & A.J. FLEETS (Hrsg.): Marine petroleum source rocks. - Geological Society Special Publication, 26, 47-68, Oxford.
- VINE, J.D. & TOURTELOT, E.B. (1970): Geochemistry of black shale deposits - a summary report.- Economic Geology, 65, 253-272, New Haven.
- WEBER, L. (1990): Die Blei-Zinklagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen.- Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 12, 1-128, Wien.
- WEBER, L. (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs.- Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 19, 607 S., Wien.
- WIGNALL, P.B. (1994): Black shales.- 127 S., Oxford (Clarendon Press).

Anschrift der Verfasser:

Dr. Gerd RANTITSCH, Univ.-Prof. Dr. Fritz EBNER, Dr. Barbara RUSSEGGER, Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben.

Doz. Dr. Leopold WEBER, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Landstraßer Hauptstraße 55-57, A-1031 Wien.

# Paläomagnetische Untersuchungen im Steirischen Tertiärbecken am Beispiel des Tagebaues Oberdorf

Robert SCHOLGER & Hermann J. MAURITSCH

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

## 1. Einleitung

Die Autoren danken den Herausgebern dieses Festbandes zu einem Beitrag eingeladen worden zu sein. Mit Univ.-Prof.Dr. Walter GRÄF wird ein Kollege geehrt, der für die steirischen Geowissenschaften in den verschiedensten Disziplinen wesentliche Impulse gesetzt hat. Die folgende Arbeit ist als kleiner Beitrag zur Dankadresse an Herrn Professor Gräf zu verstehen.

Paläomagnetische Methoden ermöglichen Aussagen über das Erdmagnetfeld in der geologischen Vergangenheit, die für verschiedene Teilgebiete der Geowissenschaften wertvolle zusätzliche Informationen liefern (Tektonik, Stratigraphie, Altersbestimmungen, etc.). Mit Hilfe der remanenten Magnetisierung von Gesteinen ist es möglich, die Parameter des Erdmagnetfeldes (Intensität und Richtung) zu erforschen, weil diese in Gesteinen über geologische Zeiträume hinweg zumindest partiell erhalten bleiben (SOFFEL, 1991). Darüber hinaus können mineralmagnetische Parameter von Sedimentgesteinen Hinweise auf die Ablagerungsbedingungen geben und einen Beitrag zur Rekonstruktion des Paläoklimas leisten. Als Bindeglied zwischen Biostratigraphie, Isotopenstratigraphie und absoluten Altersdatierungen stellt die Magnetostratigraphie ein zentrales Element für die Konstruktion der Zeitskalen des Mesozoikums und Känozoikums dar (OPDYKE & CHANNEL, 1996). Polaritätswechsel des Erdmagnetfeldes sind weltweit beobachtbare Erscheinungen, die zur Korrelation von Gesteinsserien und zur Altersdatierung eingesetzt werden. Im Rahmen einer multidisziplinären Studie über das Köflach-Voitsberger Kohlerevier, Steiermark, Österreich wurden in Oberdorf paläomagnetische Untersuchungen durchgeführt (Abb. 1).

## 2. Entstehung und Analyse remanenter Magnetisierung in Sedimenten

Eisenoxyd-Mineralen sind in nahezu allen Gesteinen in Spurenkonzentrationen enthalten. Diese Mineralphasen besitzen eine natürliche remanente Magnetisierung (NRM), die mit den Möglichkeiten moderner hochempfindlicher Magnetometer nachgewiesen werden kann. Je nach geologischen Rahmenbedingungen führen verschiedene physikalische und chemische Prozesse zur Entstehung der NRM. Bei der Sedimentation von magnetischen Teilchen in Gewässern wird die grobkörnige Fraktion sofort nach ihrer Einregelung im Sediment mechanisch fixiert. Die magnetischen Momente kugelförmiger Teilchen sind im Mittel in Richtung des Erdmagnetfeldes eingeregelt. Elongierte oder abgeplattete Teilchen legen sich flach auf der Sedimentationsbasis auf und verfälschen somit die paläomagnetische Inklination. Die Sedimentationsremanenz ist daher weitgehend parallel zum Erdmagnetfeld, mit einem im allgemeinen vernachlässigbaren Inklinationsfehler. Die feinkörnige Fraktion bleibt im Porenraum durch thermische Agitation und durch Wasserzirkulation mobil bis zur diagenetischen Verfestigung des Sediments. Wenige Zentimeter unterhalb der Sediment-Wasser Grenzfläche werden mit der Schließung des Porenraumes auch diese Mineralphasen und ihr magnetisches Moment mechanisch blockiert. Die resultierende Postsedimentationsremanenz ist somit stets jünger und zeigt im Gegensatz zur Sedimentationsremanenz keinen Inklinationsfehler (SOFFEL, 1991).

Physikalische, chemische und biologische Prozesse (z.B.: Kompaktion, Verwitterung, Bioturbation) können die existierende NRM verändern oder zur Entstehung weiterer Remanenzkomponenten führen. In der Regel besteht die NRM aus einer primären Komponente, die bei bzw. unmittelbar nach der Sedimentablagerung aufgeprägt wurde, sowie nachfolgend aufgenommenen sekundären Komponenten. Mit paläomagnetischen Laborverfahren können solche Komponenten isoliert werden (COLLINSON, 1983). Orientierte Proben werden schrittweise abmagnetisiert, indem sie zunehmend stärkeren magnetischen Wechselfeldern oder Temperaturen ausgesetzt werden, wobei nach jedem Reinigungsschritt die verbleibende NRM gemessen wird. Entsprechende magnetische Abschirmungen verhindern die Entstehung von Remanenzkomponenten unter dem Einfluß des Laborfeldes während der Abmagnetisierung.

Das Abmagnetisierungsverhalten gibt Hinweise auf die magnetischen Trägerminerale und ermöglicht gegebenenfalls die Trennung primärer fossiler Magnetisierungsrichtungen von sekundären Magnetisierungen, die durch magnetische Überprägung und Verwitterung entstehen. Remanente Magnetisierungen sind über geologische Zeiträume fossil erhaltungsfähig, während viskose Magnetisierungen in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer und der



Stärke eines äußeren Magnetfeldes in relativ kurzer Zeit abgebaut oder aufgenommen werden. Dementsprechend sind viskose Remanenzen in natürlichen Gesteinen meist sehr junge Magnetisierungen, die bestimmte Mineralumwandlungen durch Verwitterung anzeigen. Diese Vektoren sind im Normalfall parallel zum rezenten Erdmagnetfeld ausgerichtet.

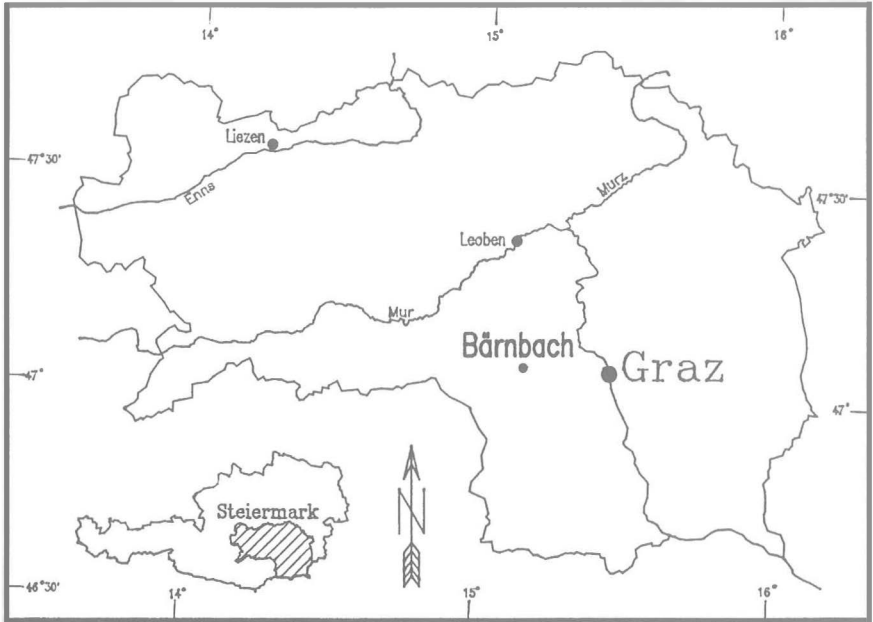


Abb. 1: Lageplan des Meßgebietes

### 3. Untersuchungsmethodik

Die Probennahme für paläomagnetische Laboranalysen erfolgte unter Verwendung von zylindrischen Kunststoffhülsen (2.2 cm Höhe, 2.5 cm Durchmesser), die von Hand bzw. durch Hammerschlag in einem Messingstempel in das Sediment gedrückt wurden. Die Raumlage wurde mittels Orientierungstisch nach paläomagnetischen Routineverfahren eingemessen (TARLING, 1983). Einige Probengruppen in stärker verfestigten Sedimenten wurden mit Diamantbohrkronen (2.5 cm Durchmesser) gebohrt. Die Proben wurden in luftdichten Kunststoffbehältern bis zur Weiterbehandlung und Messung gekühlt gelagert.

Im Paläomagnetiklabor Gams/Frohnleiten des Institutes für Geophysik der Montanuniversität Leoben wurde an allen Proben die natürliche remanente Magnetisierung gemessen und im Wechselfeld schrittweise abmagnetisiert sowie die magnetische Volumenssuszeptibilität bestimmt (SOFFEL, 1991). An

ausgewählten Proben wurden nachfolgend die Anisotropie der magnetischen Suszeptibilität, magnetisches Sättigungsverhalten oder Viskosität untersucht. Für die Messungen wurden eine Kappabridge KLY-2 und ein Cryogen-Magnetometer 2G eingesetzt. Als Bezugswert für die weiteren Untersuchungen wurde die Richtung der natürlichen remanenten Magnetisierung an den noch unbehandelten Proben gemessen. Anschließend erfolgte eine schrittweise Abmagnetisierung im Wechselfeld (COLLINSON, 1983). Das zuverlässigere magnetische Reinigungsverfahren, die thermische Abmagnetisierung, konnte nur an wenigen Proben angewendet werden, da die meisten Proben nach wenigen Temperaturschritten zerfielen. Zur Identifizierung der Verwitterungsminerale und des Alters der Mineralumwandlung und Remanenzaufprägung wurden in einer Versuchsanordnung nach DUNLOP (1973) abmagnetisierte Proben im Erdmagnetfeld im Labor ausgerichtet und die Aufprägung viskoser Remanenz über einen längeren Zeitraum verfolgt. Zur Bestimmung der magnetischen Trägerminerale in den Sedimenten wurden magnetische Sättigungen, Koerzitivfeldstärke-Bestimmungen und Abmagnetisierungen der Sättigungsintensität vorgenommen. Die Sättigung der Proben erfolgte schrittweise mit einem Sättigungsmagnet bis maximal 1.45 Tesla (25.000-faches Erdmagnetfeld) bei Raumtemperatur. Für die Messung der Koerzitivfeldstärke wurden die Proben anschließend in der entgegengesetzten Richtung schrittweise magnetisiert, bis die Remanenz vollständig abgebaut war.

## 4. Ergebnisse

Aus dem Tagebau Oberdorf wurden zur Klärung der tektonischen Bewegungen und der Homogenität der magnetischen Eigenschaften innerhalb des Arbeitsgebietes 13 Probengruppen, aus dem Tagebau Zangtal / Muttekogel 3 Probengruppen und 1 Probengruppe aus dem Tagebau Barbarapfeiler beprobt. Jede Probengruppe umfaßt mindestens 6 Einzelproben, um die statistische Bearbeitung der paläomagnetischen Meßergebnisse zu gewährleisten (FISHER, 1953).

Der von der GKB im Mai 1991 gezogene Bohrkern BK22 (Koordinaten nach BMN: HW: 216033.00, RW: 659951.00, Seehöhe: 519.33m, Teufe: 100m) wurde für magnetostratigraphische Untersuchungen im Bohrkernlager beprobt. Aus früheren petrophysikalischen Untersuchungen (Lenz & Bernhard, 1993) geht hervor, daß die Bohrkern BK20-BK24 und BK32 über magnetische Suszeptibilitätsanomalien und Lithologie vollständig korrelierbar sind und repräsentative Profile für den nördlichen Muldenbereich darstellen. Es wurden ca. 300 Proben aus grauen und braunen Tegeln in Kunststoffzylindern, sowie einige Kohle-Handstücke mit Orientierung in Bezug auf die Bohrkernachse entnommen. Die dem Hauptflözbereich zwischengelagerten und

die ihn unterlagernden feinkörnigen Sedimente waren häufig desintegriert und daher nicht beprobbar. Verwitterungserscheinungen, wie z.B. Limonitierung, waren am gesamten Bohrkern zu beobachten. Aus den Tagebau-bereichen wurden nach entsprechenden Profilverbereitungsarbeiten insgesamt ca. 500 Proben und aus Bohrkernen ca. 350 Proben entnommen. Zusätzlich wurden mehrere Tuffitvorkommen sowie Gosauaufschlüsse in der näheren Umgebung der Kohlegrube untersucht.

Die Sedimente im Untersuchungsraum zeigten allgemein geringe Suszeptibilität und entsprechend schwache Intensität der NRM. Innerhalb des Tagebaues Oberdorf wurden diamagnetische ( $-8 \cdot 10^{-6}$  SI), paramagnetische und schwach ferromagnetische ( $500 \cdot 10^{-6}$  SI) Bereiche erfaßt. In den Bohrkernen überwogen paramagnetische Suszeptibilitäten mit Werten um  $100 \cdot 10^{-6}$  SI, wobei Extremwerte von 300 bis  $500 \cdot 10^{-6}$  SI zyklisch auftraten. Das magnetische Gefüge der Proben aus dem Tagebau Oberdorf zeigte keine Beeinflussung durch die postsedimentäre Kompaktion der Beckensedimente.

Der überwiegende Teil des Probenmaterials zeigte komplexe Mehrkomponentensysteme mit teilweise hochviskosen Magnetisierungen, die auf Mineralumwandlungen durch Verwitterung zurückzuführen waren (Abb. 2). Sedimentologische Untersuchungen erwiesen nennenswerte Konzentrationen von Siderit und weitere Verwitterungsminerale in den Sedimenten, die zur Festlegung von Auswahlkriterien für die paläomagnetische Interpretation führte. Die bei der Analyse der natürlichen remanenten Magnetisierung gefundene Variabilität des Probenmaterials bestätigte sich auch bei den Analysen der magnetischen Trägerminerale (Abb. 3). So zeigte die Probe OB 4.04 in allen Experimenten das charakteristische Verhalten von Hämatit: ein stetiger Anstieg der Magnetisierung während des Sättigungsversuches, die sehr hohe Koerzitivfeldstärke von 0.6 Tesla und ein geringer Erfolg der Abmagnetisierung im Wechselfeld. Demgegenüber war z.B. in der Probe OB 8.03 eine sehr rasche Sättigung, geringe Koerzitivfeldstärke und eine erfolgreiche Abmagnetisierung zu beobachten, was auf Titanomagnetit als Trägermineral schließen läßt (Abb. 3).

Alle Proben mit viskosen Magnetisierungskomponenten, die Sideritphasen zugeordnet werden konnten (Hus, 1990), sowie Proben mit geringer Richtungsstabilität bei der Abmagnetisierung bis 10 mT wurden von der Interpretation ausgenommen. Die verbleibenden Proben, die nur einen geringen Teil des zur Verfügung stehenden Materials umfassen, waren zuverlässige paläomagnetische Informationsträger. Weniger als 20% der Proben aus dem Bohrkern BK22 sowie aus dem Bereich Zangtal/Muttekogel erfüllten das Auswahlkriterium. Die verbleibenden Proben aus dem Bohrkern ergaben zusammen mit den Probennahmepunkten aus der Ostmulde eine schlüssige magnetostratigraphische Information. Die Liegendabfolge und der tiefere Teil der Hangendabfolge waren invers magnetisiert,

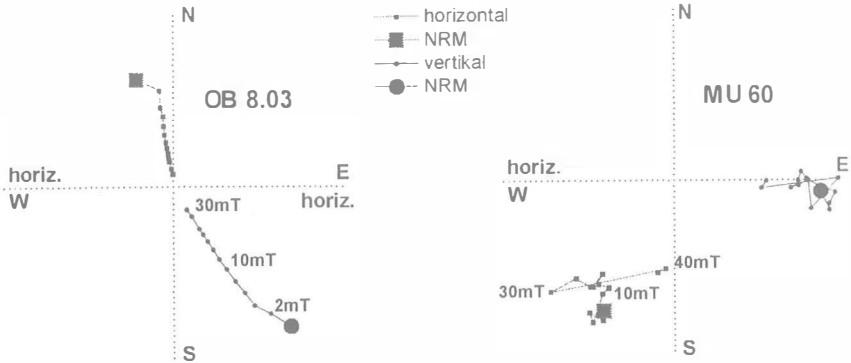


Abb. 2: Vektordiagramme der Wechselfeld-Abmagnetisierung von Proben aus dem Tagebau Oberdorf. Orthogonale Projektion, Schichtflächen-korrigiert. Quadrate und Kreise repräsentieren die horizontale bzw. vertikale Projektion. Probe OB 8.03 zeigte am Beginn der Abmagnetisierung (bis 4 mT) eine viskose Komponente geringer Intensität, gefolgt von einer richtungsstabilen und höher koerzitiven Komponente, die der Primärrichtung entspricht. Proben mit hohem Sideritgehalt (z.B.: MU 60) waren durch hochviskose irreguläre Magnetisierungsvektoren charakterisiert und für paläomagnetische Interpretationen nicht geeignet.

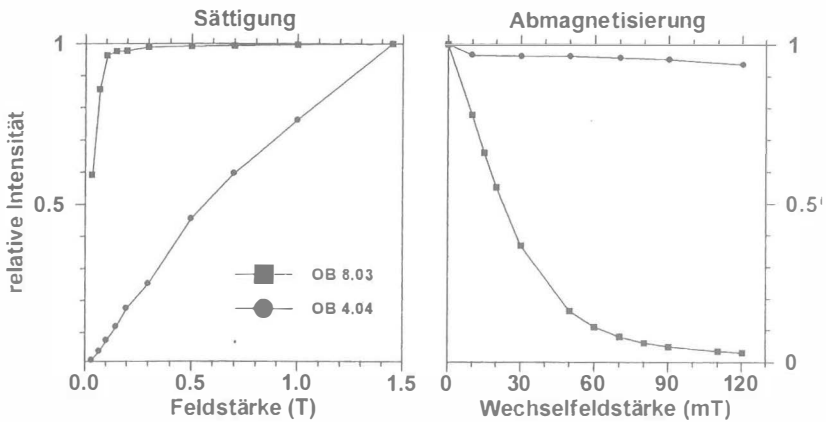


Abb. 3: Sättigungsverhalten und Abmagnetisierung der Sättigungsremanenz von Proben aus dem Tagebau Oberdorf. Maximale Sättigungsfeldstärke 1.45T. Magnetit ist für den Anstieg am Beginn der Sättigungskurve von Probe OB 8.03 verantwortlich, die magnetische Sättigung ist bei 0.3 T erreicht. Charakteristisch für Hämatit ist der stetige flache Anstieg der Sättigungskurve bei höheren Sättigungsfeldstärken in Probe OB 4.04, sowie der geringe Intensitätsverlust bei der Wechselfeld-Abmagnetisierung.

während der höhere Teil der Hangendabfolge normale Polarität zeigte, wobei die Polaritätsgrenze 13 Meter über dem Oberflöz im Bohrkern BK22 erfaßt wurde. Ein kurzzeitiges inverses Intervall im Bereich des Fossilfundpunktes einer Wirbeltierfauna, die biostratigraphisch in die Säugetierzone MN4 eingestuft werden kann (DAXNER-HÖCK & SCHOLGER, 1997; DAXNER-HÖCK et al. 1998), konnte auch im Bohrkern mit einer Mächtigkeit von 0,6 Meter beobachtet werden. Somit kann der normal magnetisierte Teil der Hangendabfolge biostratigraphisch mit dem Chron C5Dn und der liegende, invers magnetisierte Teil des Profils mit dem Chron C5Dr korreliert werden. Nach der GPTS ist das Alter des Polaritätswechsel C5Dr / C5Dn bei 17,6 Ma. Damit kann für die Abfolge ein otnangisches Alter postuliert werden.

Für die kohleführende Abfolge im Tagebau Oberdorf konnte ein paläomagnetisches Ergebnis aus 31 Proben von 9 Probennahmestellen errechnet werden, das auf Daten beider Polaritäten gestützt ist: Dec = 341°, Inc = 53°,  $\alpha_{95} = 5^\circ$  (Fisher-Statistik). Aufgrund relativ geringer Schwankungen der Schichtflächen im beobachteten Bereich führte der Falltentest nach McELHINNY (1964) zu keinem Ergebnis (Abb. 4).

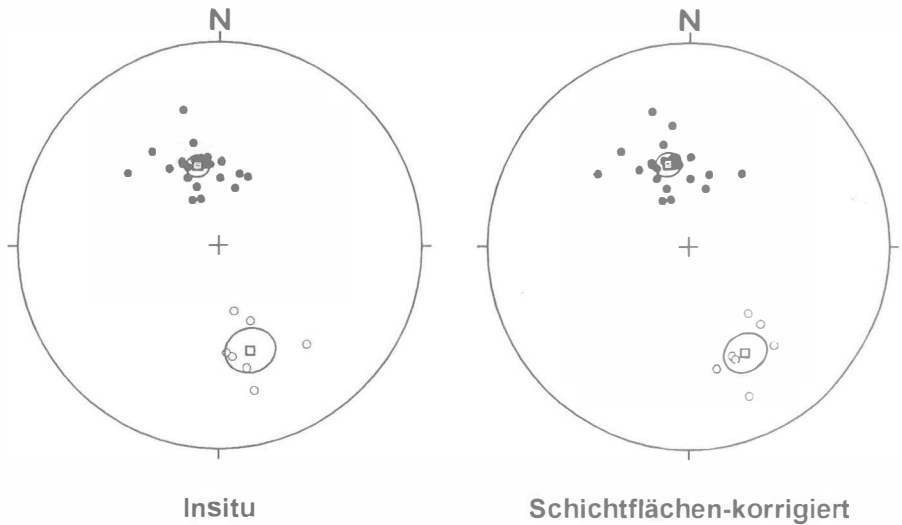


Abb. 4: Richtungen der charakteristischen remanenten Magnetisierung nach Wechselfeldreinigung in Lambert'scher Projektion. Volle Symbole... untere Halbkugel (normal magnetisiert); offene Symbole... obere Halbkugel (invers magnetisiert). Die Richtungsmittelwerte für inverse und normale Bereiche sind als Quadrate dargestellt.

Sowohl der Rotationsbetrag von  $19^\circ \pm 8^\circ$  im Gegenuhrzeigersinn, als auch die aus der mittleren Paläoinklination ermittelte Paläobreite von  $34^\circ \pm 5^\circ$  stimmten mit Ergebnissen von vergleichbaren Sedimenten aus dem Korneuburger Becken, aus den kleinen Karpaten (TUNYI & KOVAC, 1991), sowie aus verschiedenen Tertiärbecken in Ungarn (MARTON & MAURITSCH, 1990) überein. Die Tuffite aus dem Bereich Lobmingberg im Hangenden der kohleführenden Abfolge erbrachten nach thermischer Abmagnetisierung bei Temperaturen bis  $700^\circ\text{C}$  ein übereinstimmendes paläomagnetisches Ergebnis, wobei alle Proben invers magnetisiert waren. Die Tektonik des Untersuchungsraumes seit der Sedimentablagerung ist mit der Entwicklung im Nord-Pannonischen Becken (MAURITSCH & MARTON, 1995) vergleichbar (Tab. 1).

Lokalität	Alter	N	D / I <sub>bc</sub>	$\alpha_{95}$	D / I <sub>ac</sub>	$\alpha_{95}$	Referenz
Tagebau Oberdorf	Ottomány	31	344 / 54	4.6	341 / 53	5.2	Mauritsch & Scholger, 1998
Lobmingberg, Tuffite	? Karpat	10	160 / -49	18.6	160 / -49	18.6	Mauritsch & Scholger, 1998
Teiritzberg	Karpat	19	3 / 55	5.6	340 / 49	5.6	Mauritsch & Scholger, 1998
Obergänserndorf	Karpat	39	336 / 56	3.7	336 / 56	3.7	Mauritsch & Scholger, 1998
Kleine Karpaten	19 - 16.5	74			341 / 59	3.3	Tunyi & Kovac, 1991
Bükk-Gebirge	Ottomány	23	337 / 56	4.5	334 / 45	4.5	Marton & Mauritsch, 1990
Matra-Gebirge	Ottomány	14	333 / 54	11.0	331 / 48	11.0	Marton & Mauritsch, 1990

Tabelle 1: Mittlere paläomagnetische Richtungen für den Tagebau Oberdorf und vergleichbare Tertiärbecken. N: Probenanzahl. D / I<sub>bc</sub> : charakteristische Remanenzrichtung vor Schichtflächenkorrektur. D / I<sub>ac</sub> : ..nach Schichtflächenkorrektur.  $\alpha_{95}$  : 95% Vertrauenskegel.

## Danksagung

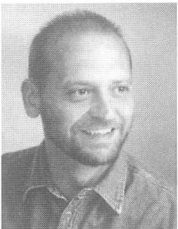
Die Finanzierung dieses Projektes wurde dankenswerter Weise durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), Wien/ Österreich, unter der Projekt-Nummer P10336-GEO und nachfolgend unter der Projekt-Nummer P10336-TEC ermöglicht. Die Graz-Köflacher Eisenbahn- und Bergbau-Gesellschaft m.b.H. (GKB) gestattete freundlicher Weise die Durchführung der Geländearbeiten im Köflach-Voitsberger Tagebaubereich. Wir danken Herrn DI F. Kremser und Herrn DI H. Landsmann für Ihre Hilfe und die zahlreichen Diskussionen.

## Literatur

- COLLINSON, D.W. (1983): Methods in rock magnetism and palaeomagnetism. Techniques and instrumentation. - Chapman & Hall, 503 S., London.
- DAXNER-HÖCK, G. HAAS, M., Meller, B. & STEININGER, F.F. (1998): Wirbeltiere aus dem Tagebau Oberdorf (Weststeirisches Becken, Österreich), 10. Paläoökologie, Sedimentologie und Stratigraphie. - Ann. Naturhist. Mus. Wien, 99A, 195-224, Wien.
- DAXNER-HÖCK, G. & SCHOLGER, R. (1997): The sequence of Miocene rodent faunas from Austria. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck: S. 188; Innsbruck.
- DUNLOP, D.J. (1973): Theory of magnetic viscosity of lunar and terrestrial rocks. - Rev. Geophys. Space Phys.: 11, 855-901.
- FISHER, R.A. (1953): Dispersion on a sphere. - Proceedings of the Royal Society of London, A217: 295 -305. London.
- HUS, J.J. (1990): The magnetic properties of siderite concretions and the CRM of their oxidation products. - Physics of the Earth and Planetary Interiors, 63: 41-57, Elsevier, Amsterdam.
- LENZ, B. & BERNHARD, M. (1993): Petrophysikalische und sedimentologische Untersuchungen der Hangendschichten der Braunkohlelagerstätte Oberdorf-Bärnbach (Entwicklung von Interpretations- und Eliminationsroutinen). - Leobener Hefte zur Angew. Geophysik, 4:36-60, Leoben.
- MARTON, E. & MAURITSCH, H. J. (1990): Structural applications and discussion of a paleomagnetic post-Paleozoic data base for the Central Mediterranean. - Physics of the Earth and Planetary Interiors, 62: 46-59, Elsevier, Amsterdam.
- MAURITSCH, H.J. & MARTON, E. (1995): Escape models of the Alpine-Carpathian-Pannonian region in the light of palaeomagnetic observations. - Terra Nova, 7, 1: 44-50, Blackwell Science Ltd.
- MAURITSCH, H.J. & SCHOLGER, R. (1998): Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy from the Early Miocene lignite deposits of the open cast mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - Jb. Geol. Bundesanst., 140/4, 429-432, Wien.
- MCLELLINNY, M.W. (1964): The statistical significance of the fold test in palaeomagnetism. - Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 8: 338-340, London.
- OPDYKE, N.D. & CHANNELL, J.E.T. (1996): Magnetic Stratigraphy. - Academic Press, 346 S, London.
- SOFFEL, H. (1991): Paläomagnetismus und Archäomagnetismus. - Springer, 276 S, Berlin.
- TARLING, D.H. (1983): Palaeomagnetism. - Chapman & Hall, 379 S., London.

TUNYI, I. & KOVAC, M. (1991): Palaeomagnetic investigation of the Neogene sediments from the Little Carpathians (Lower Miocene of the SW part of the Western Carpathians). - Contr. Geophys. Inst. Slov. Acad. Sci, 21: 125-146, Bratislava.

Anschrift der Verfasser:



Dr. Robert SCHOLGER  
Institut für Geophysik  
Montanuniversität Leoben  
Franz Josef-Str. 18, A-8700 Leoben.



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hermann J. MAURITSCH  
Institut für Geophysik  
Montanuniversität Leoben  
Franz Josef-Str. 18, A-8700 Leoben.



# Die digitale geologische Karte der Steiermark

Andreas SCHWENDT

## Zusammenfassung

Für das eine Fläche von 16.387 km<sup>2</sup> umfassende Bundesland Steiermark wurde eine flächendeckende digitale geologische Karte erstellt. Diese besteht aus 35.000 Polygonen bzw. 80.000 Arcs mit 2.500.000 Punkten. Das Programm zur automatischen kartographischen Darstellung der Geologie bietet in Verbindung mit dem Standardplotprogramm der Landesregierung die Option, einen beliebigen Maßstab und einen beliebigen Ausschnitt, z.B. eine oder mehrere Gemeinden, auszuwählen. Da die gesamte Legende über 800 Ausweisungen enthält und geplottet eine Fläche von etwa drei m<sup>2</sup> einnimmt, wird sie bei der Kartenerstellung automatisch auf die im gewählten Ausschnitt vorkommenden Schichten reduziert. Gegliedert wird die Legende durch ebenfalls automatisch erstellte Überschriften, die eine stratigraphische, tektonische etc. Zuordnung der geologischen Schichten ermöglichen. Realisiert wird die **flexible Legende** durch ein AML (ARC/INFO Macro Language) und eine keyfile-ähnliche (Keyfile = Datei zur Legendenerstellung) INFO-Tabelle.

## 1. Einleitung

Als Grundlage für die digitale geologische Karte der Steiermark dienten neben offiziellen Karten der GBA (Geologische Bundesanstalt) die im Rahmen der Naturraumpotentialkartierung (1979-1992) am Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung der Joanneum Research erstellten geologischen Bezirkskarten im Maßstab 1:50.000. Ziel des Projekts ist die jederzeitige Verfügbarkeit einer digitalen geologischen Arbeitskarte, die für eine praxisgerechte Umsetzung der geologischen Basisdaten vor allem bei Planungen und Umweltverträglichkeitsstudien benötigt wird.

## 2. Aufbau und Inhalt der geologischen Sachdatenbank

Vor dem Aufbau der geologischen Datenbank wurde eine jederzeit erweiterbare und anpaßbare Generallegende mit über 800 Ausweisungen erstellt, die alle in der Steiermark derzeit bekannten geologischen Schichten umfaßt. Diese Legende wird primär nach stratigraphischen, tektonischen und lithologischen, sekundär nach faziellen und geographischen Gesichtspunkten

hierarchisch strukturiert und in Form einer Tabelle abgespeichert. Die von der GBA eingeführten Kurzbezeichnungen der Schichten (W. SCHNABEL, 1989) werden in das Schlüsselfeld eingetragen und dienen zur Verknüpfung mit dem Coverage, das aus ungefähr 35.000 Polygonen bzw. 80.000 Arcs mit insgesamt 2.500.000 Punkten besteht. Auf die Schwierigkeiten beim Zusammenführen der einzelnen geologischen Karten, bedingt durch viele Faktoren wie Zeitpunkt der Aufnahme, aktueller Kenntnisstand, Art der Aufnahme (rohstoffkundlich, ingenieurgeologisch etc.), Alter der topographischen Grundlage soll hier nicht näher eingegangen werden.

Ergänzt wird die digitale geologische Karte durch eine Tabelle, die Angaben über wichtige geotechnische Parameter für jede geologische Schicht enthält. Da die geologischen Karten im wesentlichen nach stratigraphischen, d.h. altersmäßigen Gesichtspunkten erstellt werden, kann es vorkommen, daß ein Schichtglied auch aus zwei oder mehreren lithologischen Einheiten besteht. Das kann z.B. bei einer sehr engständigen Wechsellagerung der Fall sein, wo eine kartographische Differenzierung der Gesteinstypen bei einem Maßstab von 1:50.000 nicht mehr möglich ist. Daher besteht zwischen den Polygonen der geologischen Karte und der Geoklassifikationstabelle eine n:n Beziehung. Diese Tabelle enthält im wesentlichen Angaben über die Wasserdurchlässigkeit, die Rutschungsgefährdung (genaugenommen die Scherfestigkeit), die Löslichkeit und den Verwitterungsgrad der geologischen Schichten. Diese Parameter können zur Klassifizierung des Untergrundes unter verschiedenen Aspekten benutzt werden, sodaß eine schnelle und unproblematische Einbindung geologischer Daten in diverse Bewertungsmodelle gewährleistet werden kann. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die einzelnen Schichten teilweise recht inhomogen sind, sodaß die hier angegebenen Werte nur als Durchschnittswerte aufzufassen sind und es lokal zu starken Abweichungen kommen kann.

In einem nächsten Schritt werden die Inhalte verschiedener Dateien (z.B. Bohrpunkte, Lagerstätten, Steinbrüche), die vom Geologisch-Mineralogischen Landesdienst am Landesmuseum Joanneum verwaltet werden, so aufbereitet, daß ihre Einbindung in ein GIS möglich ist. Derzeit sind neben ca. 900 mineralischen Vorkommen, ca. 250 Sand- und Kiesgruben sowie ca. 500 Steinbrüchen rund 6.000 Bohrungen mit den entsprechenden Parametern versehen.

### **3. Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile einer digitalen geologischen Sachdatenbank**

Ein wesentlicher Vorteil einer digitalen Karte ist die jederzeitige Aktualisierbarkeit der Daten. Neue Kartierungsergebnisse können mit relativ geringem Aufwand in die bestehende Karte integriert werden. Optimal ist die Übernahme von bereits digitalen Datenbeständen gelöst, speziell wenn die Datenerfassung und Aufbereitung mit der gleichen Software erfolgt. Da die GBA seit einigen Jahren

ebenfalls ARC/INFO zur Kartenerstellung benutzt, können neu herausgegebene Kartenblätter unproblematisch übernommen werden. Das Kartenblatt Schladming wurde von der GBA bereits in digitaler Form für dieses Projekt zur Verfügung gestellt. Die Ergänzung, der Austausch und die Weitergabe von Daten mit erdwissenschaftlichem Inhalt wird zur Zeit mit der Vorbereitung eines Kooperationsabkommens zwischen dem Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, vertreten durch die Geologische Bundesanstalt und dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung bzw. dem Geologisch-Mineralogischen Landesdienst, auf eine neue Basis gestellt.

Die geologische Sachdatenbank ist die ideale Basis für die Erstellung von abgeleiteten Karten z.B. hydrogeologischen Inhalts. So kann z.B. eine Karte der verkarstungsfähigen Gesteine mit relativ geringem Aufwand produziert werden. Zu diesem Zweck müssen nur in der Legende die entsprechenden geologischen Schichten markiert werden. Die Selektion der entsprechenden Polygone der Karte erfolgt dann mit Hilfe des Geographischen Informationssystems (GIS) in Sekundenschnelle. Auf ähnliche Weise wird z.B. eine Karte des Quartärs erstellt.

Bei der Erstellung von Synthesekarten werden die Möglichkeiten eines GIS noch besser ausgenutzt. Für die Generierung einer Karte der rutschungsgefährdeten Gebiete werden folgende Daten benötigt: Scherfestigkeit, Klüftigkeit und Verwitterungsgrad der Gesteine, Hangneigung, Exposition und Einfallen bzw. Streichen der geologischen Schichten. Diese thematischen Ebenen müssen teils einzeln, teils in Kombination mit anderen (so ist z.B. die Differenz der Exposition und der Einfallrichtung entscheidend um hangparallele Schichten herauszufiltern) klassifiziert werden, um schließlich durch eine gewichtete Überlagerung der einzelnen Ebenen zu einem Gesamtergebnis zu kommen. Dieses kann dann mit Daten aus der Rutschungsdatei überlagert werden, um die Richtigkeit der Ergebnisse zu überprüfen. Inwieweit z.B. die Vegetation oder andere Parameter bei dieser Modellierung zu berücksichtigen sind könnte durch multivariate statistische Verfahren abgeklärt werden.

## **4. Kartographische Darstellung**

Das Programm für die Erstellung der kartographisch aufbereiteten digitalen geologischen Karte wurde in das benutzerfreundliche und viele Optionen bietende Standardplotprogramm des IKT (Referat für Informations- u. Kommunikationstechnik der Steiermärkischen Landesregierung) integriert. Somit stehen dem Benutzer bei der Erstellung von Karten folgende Optionen zur Verfügung (HEIM, 1997). Er kann einen beliebigen Maßstab, einen beliebigen Ausschnitt (eine oder mehrere Gemeinden, einen oder mehrere Bezirke, das gesamte Bundesland, ein beliebiges Koordinatenfenster etc.) und ein im GIS Steiermark vorliegendes Thema wählen. Danach wird die Karte vollautomatisch erstellt und an den gewünschten Drucker geschickt.

Eine Besonderheit beim Thema Geologie ist die flexible Legende. Das heißt, bei der Kartenerstellung wird die Legende automatisch auf die im gewählten Ausschnitt vorkommenden Schichten reduziert. Diese Reduzierung der Legende ist notwendig, um nicht die Übersicht zu verlieren, da die gesamte Legende über 800 Ausweisungen enthält und eine Fläche von etwa 3 m<sup>2</sup> einnimmt. Gegliedert wird die Legende durch ebenfalls automatisch erstellte Überschriften, die eine stratigraphische, tektonische, fazielle und teilweise auch geographische Zuordnung der geologischen Schichten ermöglichen.

Derzeit wird an einer ArcView-Darstellung der geologischen Karte gearbeitet. ArcView ist ein Programm, das relativ preiswert ist, sowohl auf PCs als auch auf Workstations unter der gleichen Benutzeroberfläche läuft, und im Vergleich zu ARC/INFO relativ leicht zu bedienen ist. Zeitaufwendig ist es jedoch, die Legende genauso wie in ARC/INFO zu gestalten. Vor allem die Erstellung von Überschriften ist schwierig, da hier fast ausschließlich mit Rasterdaten gearbeitet wird. Die ArcView-Lösung macht es möglich, die Daten über das Intranet allen PC-Benutzern der Steiermärkischen Landesregierung zur Verfügung zu stellen. Die Karte wird mit der früher beschriebenen Tabelle verknüpft, sodaß auf Knopfdruck die relevanten Informationen über jedes Polygon abgefragt werden können. Aus technischer Sicht wäre es auch kein Problem, die Daten über das Internet weltweit verfügbar zu machen, jedoch müssen vorher noch rechtliche Aspekte ausdiskutiert werden.

## 5. Literatur und Quellenangaben

- HEIM, I. (1997): Klick Dir Deine Karte - Kartenerstellung leicht gemacht. - in BAU-GRÜN, GIS-Steiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- SCHNABEL, W. (1989): Abschlußbericht für das Projekt ÜLG 15/86: Entwicklung einer Bohrdokumentation auf EDV-Basis (Bohrdatei) als Grundlage eines einheitlichen Bohrarchives für Österreich. Dokumentation von Bohrungen und Schichtprofilen in einer EDV-Datei (Erweiterung einer Geodatenbank).- Unveröff. Ber. GBA, Wien.
- Geologische Karten der Republik Österreich, GBA, Wien 1958 - 1997
- Naturraumpotentialkarten, Institut für Umweltgeologie u. Ökosystemforschung der Joanneum Research.- Unveröff. Ber., Graz 1979-1992

Anschrift des Verfassers:



Mag. Andreas SCHWENDT  
Joanneum Research  
Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung  
Elisabethstraße 16/I, A-8010 Graz.

# Interdisziplinäre Methoden in angewandten Forschungsprojekten

Thomas UNTERSWEIG, Roswitha KATTER und Herwig PROSKE

Mit 4 Abbildungen

## Zusammenfassung

Im Bereich der angewandten Umweltforschung bzw. der Untersuchung des Naturraumpotentials ist in den letzten 15 Jahren ein deutlich steigender Bedarf nach synthetischen, bewertenden und unterschiedliche thematische Ebenen verknüpfenden Bearbeitungen spürbar.

Einige methodische Ansätze in fächerübergreifenden Untersuchungen werden vorgestellt. Sie reichen vom multidisziplinären Naturraumpotential-Atlas mit streng getrennt dargestellten Fachthemen bis zu interdisziplinär angelegten Forschungsvorhaben in der Georisiko- und Kulturlandschaftsforschung.

Am stärksten problemorientiert und auch in der Methodik von genau definierten Fragestellungen geprägt sind die Projekte zur Massenrohstoffsicherung und die Studie zur Festlegung einer 380 kV - Hochspannungsleitungstrasse. Zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen wurden schrittweise Vorgangsweisen gewählt, die die bestmögliche Annäherung an konfliktarme und insgesamt umweltverträgliche Lösungen ermöglichten. Die Ergebnisse sind Flächen bzw. Linienführungen, deren Nutzung konfliktfrei oder wenigstens konfliktarm im Hinblick auf die naturräumlichen Gegebenheiten bzw. auf anderweitige Nutzungen erfolgen kann.

Beim Georisiko steht die Erforschung, Gewichtung und Verknüpfung von relevanten Datenebenen im Vordergrund, wobei als eines der Ergebnisse Gefahrenkarten entstehen, die bestimmte Eigenschaften des Naturraumes - etwa die Abtragsgefährdung - mit Hilfe eines interdisziplinären Zuganges klassifizieren.

In der Kulturlandschaftsforschung steht die Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit im Mittelpunkt, wobei mit Hilfe eines interdisziplinären Bewertungssystems die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von bestehenden und zukünftigen Nutzungen einer Region abgeschätzt werden können.

## 1. Einleitung

Nach wie vor wird der Begriff "Interdisziplinarität" sehr unterschiedlich verstanden. Vielfach meint man damit die Untersuchung eines Problems, einer Fragestellung, mit den Methoden unterschiedlicher wissenschaftlicher Fachrichtungen. Eine derartige Beleuchtung eines Forschungsgegenstandes aus verschiedenen Blickwinkeln, wie sie für die Beurteilung vieler umweltrelevanter Fragestellungen absolut notwendig ist, bezeichnet man heute allgemein als "multidisziplinär".

Für die meisten praxisorientierten raum- und planungsrelevanten Studien wie Umweltverträglichkeitserklärungen oder Machbarkeitsstudien dürfte diese Bezeichnung zutreffend sein. Aus den Blickwinkeln der unterschiedlichen Disziplinen wird das Problem beleuchtet, Ergebnis ist meist eine Aneinanderreihung von fachspezifischen Einzelstudien; nur selten versucht ein "Obergutachter", die Ergebnisse zu gewichten und damit zu werten, sowie eine gesamtheitliche, alle Einzelstudien integrierende Aussage zu exzerpieren.

Es soll hier nicht auf wissenschaftstheoretische Überlegungen eingegangen werden, die eine große Vielfalt von Definitionen und Bezeichnungen für Forschungsansätze hervorbrachten, an denen mehr als eine Fachdisziplin beteiligt ist. Die Wortschöpfungen reichen von "Multi- oder Pluridisziplinarität" über "Cross- und Intradisziplinarität" bis zu "Inter-, Trans- und schließlich zur "Supradisziplinarität" mit unterschiedlichen, mehr oder weniger komplexen Definitionen (FAHRENHORST 1997).

An dieser Stelle soll von unterschiedlichen Versuchen berichtet werden, Forschungsprojekte bzw. Aufgabenstellungen unter Einsatz mehrerer fachwissenschaftlicher Disziplinen zu bearbeiten, wobei es sich um raum- und umweltrelevante, praxisorientierte Fragen handelt.

Im Laufe der Jahre ergab sich allein schon aus der Notwendigkeit, den sich ändernden Anforderungen seitens der Auftraggeber gerecht zu werden, eine Entwicklung der methodischen Vorgangsweisen von rein "multidisziplinären" Bearbeitungen zu "interdisziplinären" Ansätzen unterschiedlicher Integrationsstufen.

## 2. Beispiele für fächerübergreifende Bearbeitungen

Die Arbeiten am Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung an der Joanneum Research waren zu Beginn der 80er Jahre (damals Abteilung für Umweltgeologie bzw. später Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie der Forschungsgesellschaft Joanneum) vor allem darauf

ausgerichtet, systematische und konsistente naturraumrelevante Unterlagen für die Landesplanung zur Verfügung zu stellen. Dies sollte zur Vermeidung bzw. zur Bewältigung der immer deutlicher werdenden Umwelt-Nutzungskonflikte sowie zur Sicherung des Naturraumpotentials beitragen. Dabei ging es von vornherein um einen fächerübergreifenden Ansatz (GRÄF 1982), der zunächst multidisziplinär und später mit Hilfe interdisziplinärer Methodik verfolgt wurde.

## 2.1. Multidisziplinäre Ansätze

Die erste Generation der Naturraumpotentialkarten, für die der Naturraumpotential-Atlas Radkersburg (GRÄF et al. 1983) als Beispiel dienen kann, ist durch eine Sammlung von für praxisorientierte Zwecke aufbereiteten Karten aus mehreren Fachdisziplinen und Themen in einem planungsrelevanten Maßstab (1:50 000) gekennzeichnet. Der Atlas enthält 24 Karten, wobei sich der Bogen thematisch von der Geologie über die Hydrologie, die Geomorphologie, die Bodenkunde, die Vegetation und das Klima bis zur Darstellung legislativer Ausweisungen wie Landschafts- und Naturschutzgebieten oder wasserrechtlichen und bergrechtlichen Schutzgebieten spannt. In ähnlicher Weise, allerdings in teilweise unterschiedlicher thematischer Bandbreite wurden in der Folge mehrere steirische Bezirke flächendeckend bearbeitet (SUETTE et al. 1982, PÖSCHL et al. 1983, EBNER et al. 1984).

Trotz der Bemühungen, die einzelnen Sachgebiete möglichst benutzerfreundlich darzustellen, ergab sich aber bald der Bedarf nach einer noch planungsnäheren Aufbereitung der naturraumrelevanten Daten mit dem Ziel der unmittelbaren Verwendung in planerischen Entscheidungsprozessen, wie z.B. in regionalen Entwicklungskonzepten, Abfallentsorgungskonzepten, Schotterabbauplänen oder Rekultivierungs- und Folgenutzungskonzepten.

Die zunächst rein analytischen Karten mit jeweils nur einer Thematik sollten zu "Synthesekarten" zusammengeführt werden.

## 2.2. Interdisziplinäre Versuche

Versuche, mehrere Fachthemen übereinander zu projizieren und synthetische Karten zu entwerfen, führten zu der Einsicht, daß integrative Darstellungen mehrerer Themenebenen nur unter Vorgabe einer definierten Fragestellung sowie einer Gewichtung der verwendeten Parameter aus der Sicht des Fragestellers durchführbar sind.

Eine derartige Problemstellung ergab sich bei den oberflächennahen mineralischen Rohstoffen (v.a. Sand und Kies), deren Abbau häufig Probleme in bezug auf Umweltbelastung und Konflikte mit konkurrierenden Nutzungen bereitet.

### **2.2.1. Rohstoffsicherungskarten**

In der Steiermark sind es in erster Linie die Areale der Talniederungen des Mur- und Mürztales, die konfliktreiche Zonen darstellen. Der Schotterabbau konkurriert mit der Gewinnung von Trinkwasser, mit landwirtschaftlicher Intensivnutzung und vielfältigen anderen Raumbeanspruchungen.

In einer zweiten Generation von Naturraumpotentialkarten wurden nun derart nutzungskonfliktreiche Landschaften bearbeitet, wobei es sich methodisch um zumindest abschnittsweise interdisziplinäre Konfliktbearbeitungen aus der Perspektive der Rohstoffsicherung handelte (HÜBEL & RAUCH 1985, HÜBEL et al. 1987). Das Ergebnis war die Ausweisung jener Flächen, die als Vorrangzonen für eine zukünftige Gewinnung mineralischer Rohstoffe betrachtet werden sollten.

Methodisch wurden zunächst durch die Darstellung und Überlagerung von bestehenden Nutzungen und Nutzungsansprüchen Konflikte aufgezeigt und nach Planungsgrundsätzen Prioritäten definiert. Schließlich wurden die sich ergebenden Nutzungskonflikte minimiert oder so weit wie möglich bereinigt.

Am konsequentesten wurde die Methodik bei der Erstellung von raumplanerischen Entscheidungsgrundlagen für ein regionales Entwicklungskonzept im Leibnitzer Feld umgesetzt (RAUCH & UNTERSWEIG 1988, UNTERSWEIG 1991).

Vor allem aus der Schottergewinnung im nordwestlichen Leibnitzer Feld und der intensiven monokulturellen landwirtschaftlichen Nutzung mit Maisanbau und Gülledüngung ergab sich eine Reihe von hydrologischen und ökologischen Problemen. In erster Linie war davon die Trinkwassergewinnung bezüglich der Wasserqualität betroffen. Es wurden daher von der Steiermärkischen Landesregierung umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und Maßnahmen getroffen, um die Situation zu verbessern. Unter anderem wurde ein "teilregionales Entwicklungsprogramm für das nördliche Leibnitzer Feld" erstellt. Das Rohstoffsicherungsprojekt war nun darüber hinaus Grundlage für die räumliche Ausweitung dieses Programmes, wobei angestrebt wurde, die bestehenden bzw. geplanten Nutzungen und Nutzungsansprüche in einer konfliktarmen Konzeption zu berücksichtigen.



In der ersten Phase wurden alle rohstoffrelevanten Nutzungsstrukturen und Schutzfunktionen erhoben, weiters die hydrologischen Grundlagen sowie die oberflächennahen Rohstoffvorkommen (Abb.1).

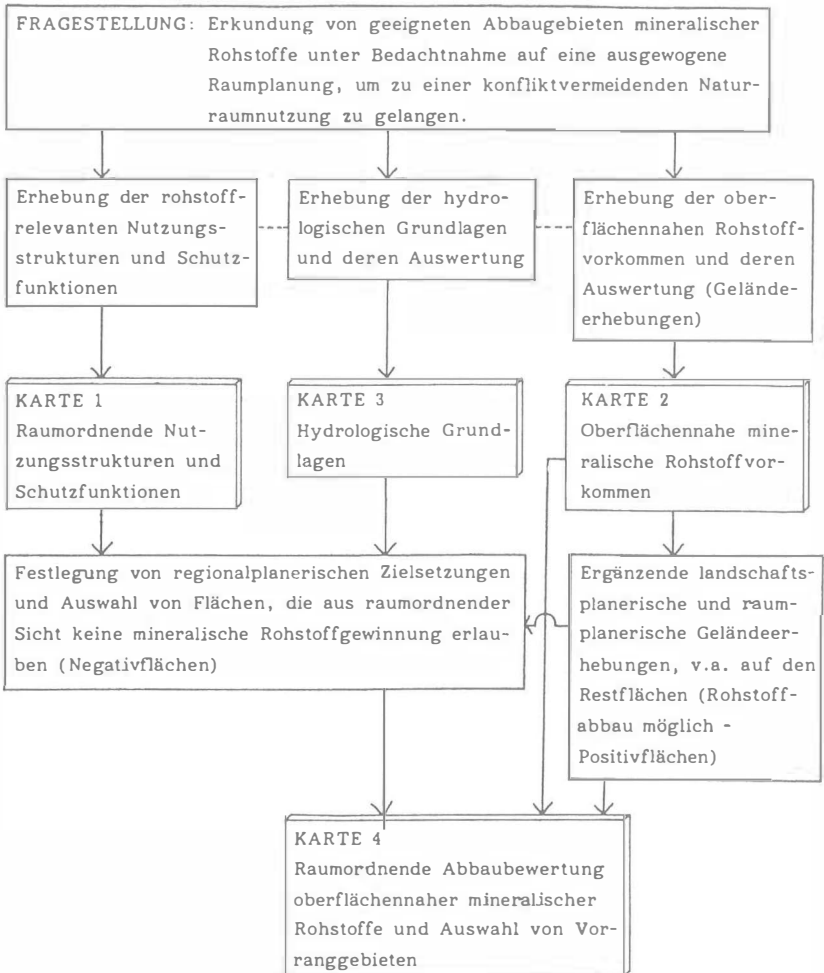


Abb. 1: Ablaufschema für das Projekt "Rohstoffsicherung und Raumplanung im Bezirk Leibnitz" (RAUCH & UNTERSWEG 1988)

Diese Erhebungen und Auswertungen fanden ihren Niederschlag in drei Grundlagenkarten:

- raumordnende Nutzungsstrukturen und Schutzfunktionen
- oberflächennahe mineralische Rohstoffvorkommen
- hydrologische Grundlagen.

Auf Basis dieser Datenebenen wurden nach regionalplanerischen Zielsetzungen einerseits Flächen ausgewiesen, die aus raumordnender Sicht keinen Rohstoffabbau erlaubten, sog. "Negativflächen", und andererseits solche, die nach ergänzenden landschafts- und raumplanerischen Untersuchungen einen Abbau möglich erscheinen ließen, sog. "Positivflächen".

Als letzter Schritt wurde schließlich auf den Positivflächen eine Abbaubewertung durchgeführt, wobei in der Darstellung zusätzlich Hinweise auf die Güte der betroffenen landwirtschaftlichen Ertragsflächen, auf die Qualität und Menge des Rohstoffes sowie Vorschläge für die Abbauart (Trocken- oder Naßabbau) enthalten sind.

Auf Grund dieser Bewertung konnten "Vorranggebiete" festgelegt werden, die aus geologischer, rohstoffkundlicher, hydrologischer und landschaftsplanerisch-raumordnender Sicht einem Abbau von Kies und Sand vorbehalten werden sollten.

Insgesamt wurden in einer mehrphasigen Vorgangsweise die thematischen Inhalte mehrerer Fachbereiche unter klarer Vorgabe von raumordnenden Zielsetzungen relativ bewertet (positiv - negativ) und gegeneinander abgewogen.

### **2.2.2. 380 kV - Studie**

Eine von der Vorgangsweise her ähnliche Methodik einer iterativen Annäherung an das bestmögliche Ergebnis, allerdings mit wesentlich komplexeren Arbeitsschritten und thematisch breiter gestreut, wurde bei der Durchführung der Studie zur Festlegung einer 380 kV - Leitungstrasse durch die Oststeiermark und das südliche Burgenland angewendet (GRÄF et al. 1997).

Ziel der Studie war die Untersuchung von drei Trassenvarianten und die Festlegung einer optimierten Leitungstrasse nach den Kriterien Siedlungsnähe, Landschaftsbild, Erholungswert der Landschaft, Möglichkeiten von Leitungszusammenlegungen, Vegetation, Fauna und Geologie.

Die Lösung dieser Aufgabe war nur durch einen interdisziplinären Ansatz möglich, wobei Vertreter der Fachbereiche Geographie, Geologie, Raumplanung, Technischer Umweltschutz, Botanik, Zoologie und Geoinformatik in einem Projektteam zusammenarbeiteten.

Der Ablauf der Untersuchung läßt sich grob in drei Phasen gliedern:

In der Vorbereitungsphase erfolgte neben der Beschaffung und Aufbereitung der notwendigen Daten die Definition und Ausweisung von Negativflächen erster Priorität. Darunter wurden Gebiete verstanden, die für eine

Leitungstrasse nicht geeignet sind. Die verbleibenden Flächen stellten jene Areale dar, die für eine Trassenführung grundsätzlich geeignet sind. Zunächst war es nun notwendig, die große Zahl der möglichen Linienführungen auf wenige Trassenvarianten zu reduzieren. Dies erfolgte durch die Definition von Negativflächen zweiter Priorität und durch intensive Diskussionen in Workshops, an denen alle Mitarbeiter am Projekt teilnahmen. Zusätzlich waren im gesamten Untersuchungsraum Übersichtsbefahrungen erforderlich, um die Reduktion auf drei Trassenvarianten nachvollziehbar durchführen zu können. Um bei der endgültigen Trassenauswahl größtmögliche Flexibilität zu gewährleisten, wurden zwischen den einzelnen Trassenvarianten Verbindungslinien belassen. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, letztendlich bestbewertete Teilstücke unterschiedlicher Varianten kombinieren zu können. Zeitlich parallel zu dieser ersten Ausweisung von Trassenvarianten wurden Bewertungsschemata für die einzelnen Fachkriterien festgelegt und ein gesamtheitliches Bewertungsmodell zur Verknüpfung der Einzelbewertungen erarbeitet.

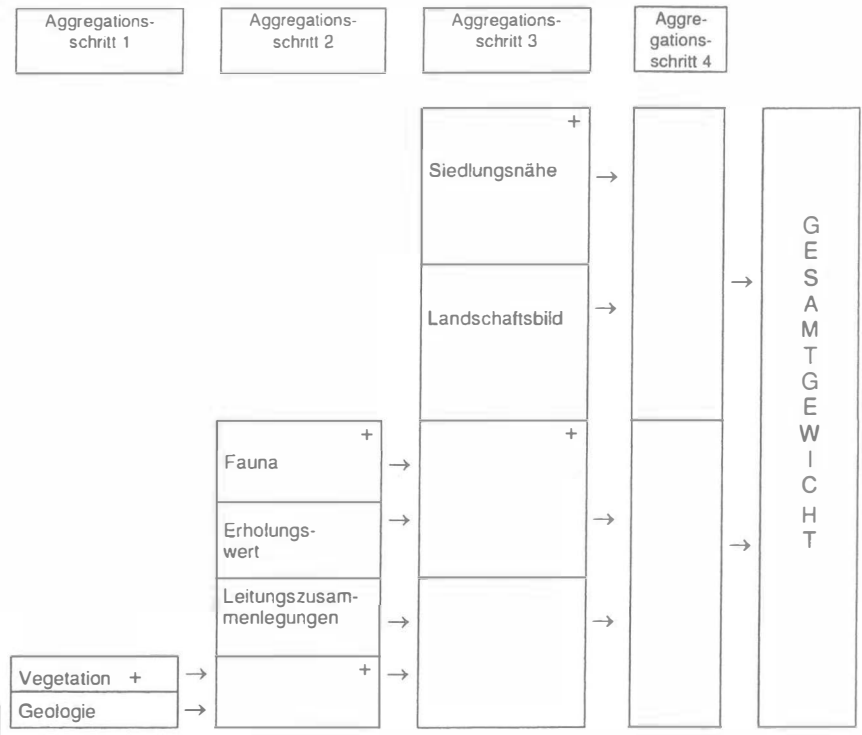


Abb. 2: Verknüpfungsmatrix im Gesamtbewertungsmodell (GRÄF et al. 1997)

In der Detailerhebungsphase wurden ins Einzelne gehende Untersuchungen getrennt für die jeweiligen Fachparameter durchgeführt. Das Ergebnis war

abgesichertes Datenmaterial, das als Grundlage für die darauffolgende Bewertung der Varianten bzw. Teilstrecken diente.

In der letzten Phase konnte mit Hilfe der in der Vorbereitungsphase erarbeiteten Bewertungsmodelle und des nunmehr vorliegenden Datenmaterials die Bewertung zunächst für jedes Fachgebiet getrennt vorgenommen werden. Die gewichtete Zusammenführung der Teilbewertungen aller Fachparameter im Gesamtbewertungsmodell (Abb.2) führte zu vergleichbaren Bewertungen einzelner Teilstrecken. In einem letzten Schritt wurden daraufhin die bestbewerteten Teilstrecken zu einer optimierten Trasse zusammengefügt.

Interdisziplinäre Ansätze waren bei dieser Untersuchung in der Vorbereitungs- und in der Bewertungsphase von entscheidender Bedeutung. Auf Grund der Vielzahl von Fachgebieten, die sich zum Teil einer sehr unterschiedlichen Terminologie und Methodologie bedienen, konnten wertvolle Erfahrungen für derartig vielschichtig vernetzte Bearbeitungen gewonnen werden.

### **2.2.3. Georisikoanalysen**

Als ein wichtiges Betätigungsfeld für interdisziplinäre Umweltforschung hat sich in den letzten Jahren die Erkundung und Analyse von Georisikofaktoren am Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung etabliert.

Detaillierte geologische und geomorphologische Risikokarten gewinnen zunehmend an Bedeutung für die Raumplanung, vor allem in jenen Bereichen, in denen sich erweiterte Nutzungsansprüche mit dem für Gebirgslandschaften typischen knappen Raumangebot überschneiden. Wissenschaftliche Untersuchungen und Analysen betonen immer stärker die engen Zusammenhänge zwischen Geo- und Biosphäre einerseits und den oft langfristig wirksamen Eingriffen des Menschen in den Naturhaushalt andererseits.

Daher ergibt sich bei der Untersuchung der Ursachen und Abläufe von Murgängen, Rutschungen und Bergstürzen wie kaum in einem anderen Forschungsbereich die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit und einer vernetzten Arbeits- und Denkweise von Geo- und Biowissenschaftlern.

Vorrangige Untersuchungsziele sind verbesserte Aussagen über laufende und prognostizierte Prozesse wie beispielsweise die Erosionsdynamik, auch unter Einbeziehung veränderter Klimabedingungen, sowie deren Auswirkungen auf verschiedene Lebens- und Wirtschaftsbereiche.

Der Einstieg in die Thematik erfolgte nach einer mehrjährigen Anlaufphase im Jahre 1992. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung sowie des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung wurden in den Jahren 1992 bis 1994 im Gleintal östlich von Knittelfeld detaillierte

Erhebungen durchgeführt (PROSKE et al. 1994), die einen Beitrag zur Klärung des Problemkreises Erosion und Massenbewegungen unter den spezifischen geologischen und klimatologischen Verhältnissen dieses Raumes liefern sollten.

Bei der Bearbeitung war sowohl der Forderung nach der Entwicklung einer zielführenden Untersuchungsmethodik als auch jener nach Erarbeitung einer Grundlage für eine praxisorientierte Gefahrenzonenkartierung gerecht zu werden.

Im Rahmen einer Erfassung sensibler Einzugsgebiete mit Georisikofaktoren in der Steiermark durch den Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung wurde das Holzäpfeltal bei Wildalpen als eines der vordringlich zu bearbeitenden Gebiete angeführt. Das Ziel der daraufhin in den Jahren 1996/97 durchgeführten Untersuchungen bestand vor allem darin, unter Einsatz einer interdisziplinären Ursachenanalyse Grundlagen zu schaffen, aus denen Gefahrenräume und Risikobereiche ersichtlich sind und damit Entscheidungshilfen für die weitere Maßnahmensetzung durch die Wildbach- und Lawinenverbauung zu liefern (PROSKE et al. 1997).

#### **2.2.4. Kulturlandschaftsforschung**

Die im Jahre 1988 vorgelegte Empfehlung der Arbeitsgruppe "Naturraumpotentialkarten" innerhalb der ÖROK definiert Naturraumpotential als *"das Leistungsvermögen eines Naturraumes hinsichtlich derjenigen Anforderungen, die sich unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung des Gleichgewichtes des gesamten Ökosystems aus den unterschiedlichen Bedürfnissen und Nutzungszielen der Gesellschaft ergeben."* Auch das Steiermärkische Raumordnungsgesetz weist der Raumplanung die weitgespannte Aufgabe zu, *"die Erhaltung und die Wiederherstellung eines ausgewogenen Haushaltes der Natur sowie die Qualität und Regenerationskraft ihrer Faktoren wie Boden, Wasser, Luft, Klima, Pflanzen und Tierwelt als Lebensgrundlage zur Sicherung gesunder Lebens- und Arbeitsbedingungen für die Bevölkerung nachhaltig anzustreben."*

Für eine nachhaltige Nutzung und zur Sicherung eines stabilen Ökosystems ist die Funktionalität der Natur- und Kulturlandschaft von wesentlicher Bedeutung. In zahlreichen klassischen ökologischen Arbeiten wurden bisher vor allem drei Aspekte herausgearbeitet: die faunistisch-biozönotischen Zusammenhänge vorwiegend agrarisch genutzter Ökosysteme, die standörtliche und nutzungsbedingte Zusammensetzung der Vegetation, sowie die Stoff- und Energieflüsse in anthropogen geprägten Ökosystemen. Unter dem Eindruck der wachsenden Praxisanforderungen formiert sich derzeit in Mitteleuropa und den USA eine rasch wachsende Wissenschaftergemeinschaft, die sich der interdisziplinären Erforschung landschaftsökologischer

Fragen widmet. Im Zentrum der Überlegungen stehen dabei die Analyse des raum-zeitlichen Verteilungsmusters von Landschaftselementen und die Aufklärung der ökologischen und sozio-ökonomischen Prozesse. Auch in Österreich wird seit 1992 die "Nachhaltige Entwicklung der Kulturlandschaft" auch im Forschungsbereich verstärkt gefordert. Ein eigenes Schwerpunktprogramm stellt den "sorgsamem Umgang mit Natur- und Kulturwerten, Rohstoffen und Energieträgern und die daraus resultierende interdisziplinäre Forschung"(BKA, BMLF, BMU & BMWFK 1995) in den Mittelpunkt.

Am Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung wird die Analyse von Nutzungs- und Interessenskonflikten schon seit Beginn des Bestehens verfolgt. Ausgehend von Arbeiten zur Sicherung von Rohstoffen und Naturraumpotentialen wurde im Jahre 1991 in das damalige Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie die Arbeitsgruppe für Ökosystemforschung und Umweltmanagement eingebunden. Die Bereicherung durch den ökologisch-biologischen Zweig erwies sich bald als günstig, da viele Fragestellungen nun komplexer untersucht und beantwortet werden konnten. Die Arbeitsgruppe hatte sich ihrerseits schon sechs Jahre lang mit ökologischen Bewertungen in bezug auf menschliche Nutzungen beschäftigt. Eine der Untersuchungen befaßte sich mit den ökologischen Bedingungen in Energieholzplantagen und den Auswirkungen der unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen. Der Bodenzustand (Nährstoffe, Aggregatzustand, Bodenbiologie), Energieholzkulturen als Lebensraum für Wildtiere, Nährstoffeinträge und kleinklimatische Verhältnisse spielten neben den Energiebilanzanalysen eine wichtige Rolle (KATTER et al. 1993, TRINKAUS et al. 1995a). Die Arbeiten wurden in ähnlicher Weise auch bei Miscanthus ("Elefantengras")-kulturen weitergeführt, wo vor allem die Rolle der Bodenökologie in Zusammenhang mit der Düngerbelastung im Mittelpunkt stand (KATTER et al. 1993). Viele ökologische Untersuchungen, die die Auswirkungen von Sportveranstaltungen, Grundwasserentnahmen oder Rohstoffabbau zum Inhalt hatten, wurden und werden fachübergreifend durchgeführt. In weiterer Folge stand die intensive Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten einer Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit im Mittelpunkt des Forschungsinteresses (TRINKAUS et al. 1995b). Die Teilnahme am Schwerpunktprogramm "Kulturlandschaftsforschung" stellte somit eine logische Konsequenz dar.

Bereits in der Konzeptphase waren Mitarbeiter des Institutes unter Prof. Gräßl aktiv beteiligt. Die Koordination der Regionalgruppe Südösterreich wurde im Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung wahrgenommen und in vielen Workshops und Besprechungen das Forschungskonzept mitgestaltet, das 1995 von den beteiligten Bundesministerien und vom Bundeskanzleramt veröffentlicht wurde (Forschungsschwerpunkt Kulturlandschaftsforschung, BKA, BMLF, BMU, BMWFK 1995). In weiterer Folge konnten Module konzipiert werden, deren wichtigste Grundsätze Interdisziplinärität und Anwendungsorientiertheit sind.

Die Leitung und Bearbeitung eines dieser Module wurde im Institut wahrgenommen: "Perspektiven zur Gestaltung und Nutzung von Bergbaufolgelandschaften am Beispiel von Eisenerz" (KATTER et al. 1998). Dieses Modul ist ein typisches Beispiel für interdisziplinäre Forschung. Die Zusammensetzung des Projektteams aus Experten der Fachbereiche Geologie, Ökologie, Archäologie, Kunstgeschichte, Montangeschichte, Sozioökonomie und Soziale Ökologie stellt hohe Ansprüche an die Koordination. Vor allem wurde bald klar, daß die Vorstellungen von Interdisziplinarität sehr unterschiedlich sind, genauso hält das Finden einer gemeinsamen Sprache einige Überraschungen bereit. Es gilt dabei, unterschiedliche Denkansätze wie auch unterschiedliche Arbeitsmethoden zu koordinieren.

Ziel dieses Projektes ist die Suche nach neuen Perspektiven für die Region Eisenerz nach Beendigung des Bergbaus. Ein interdisziplinäres Modell soll die Bewertung der unterschiedlichen Nutzungen und Nutzungsoptionen ermöglichen, wobei ein Grundsatz aber ganz wesentlich ist: die Bevölkerung muß eingebunden werden, um zukünftige Nutzungsmöglichkeiten mitzutragen.

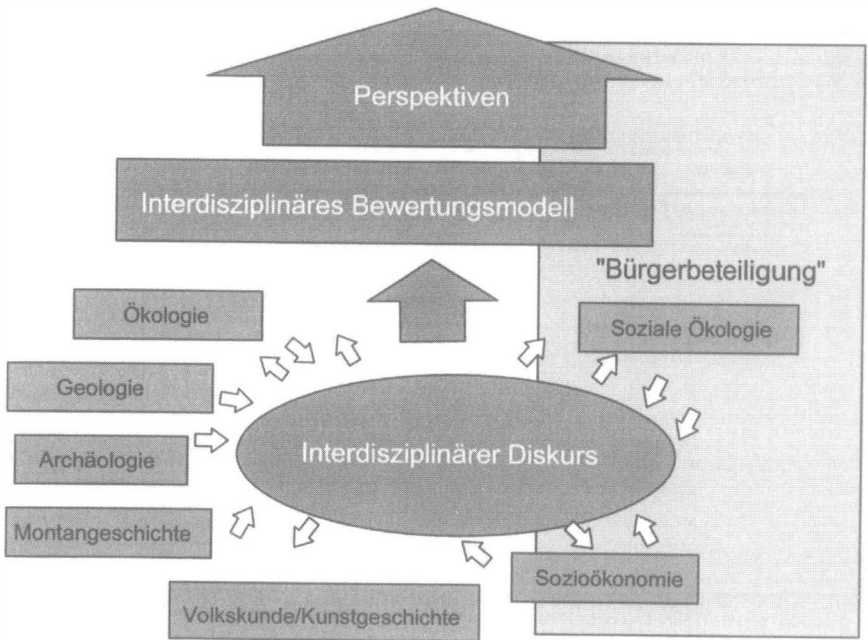


Abb. 3: Methodisches Vorgehen und interdisziplinärer Diskurs (KATTER et al. 1998)

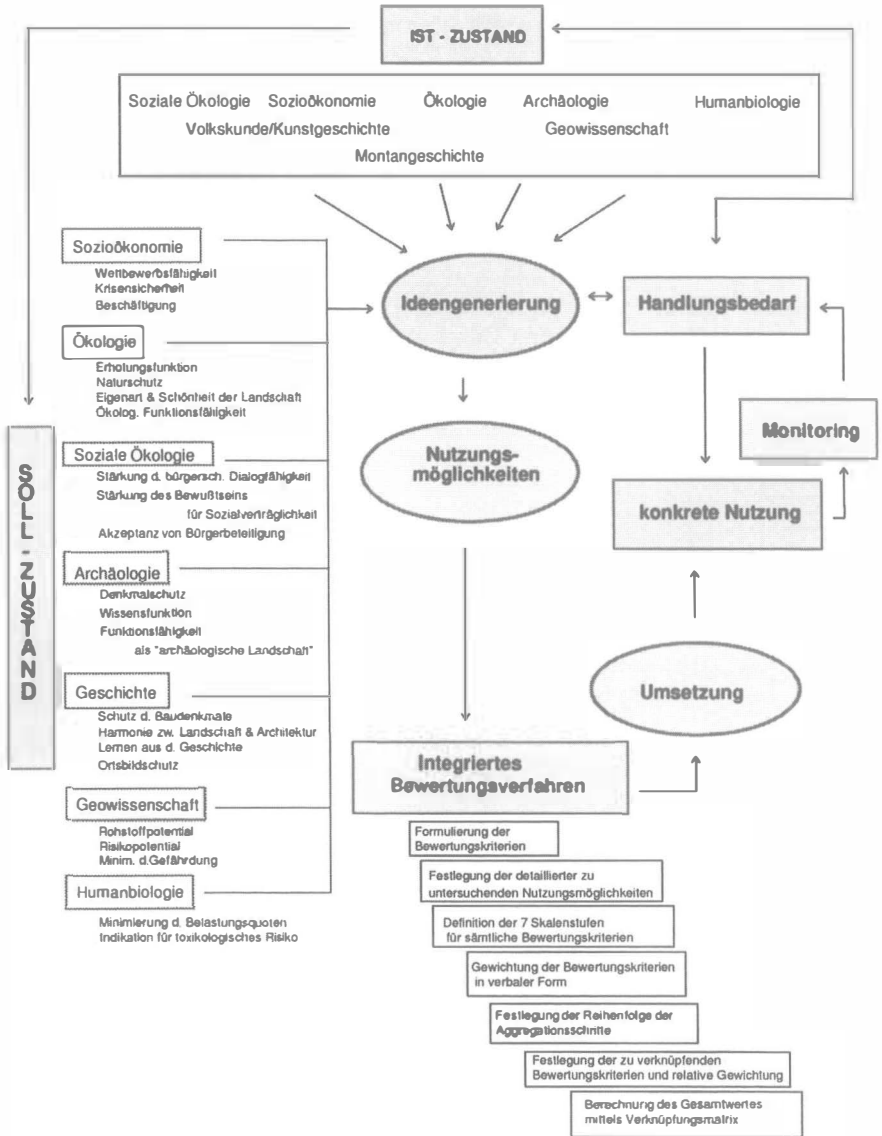


Abb. 4: Interdisziplinäres Bewertungsmodell (KATTER et al.1998)



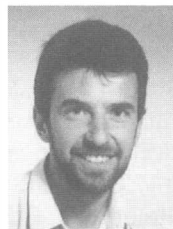
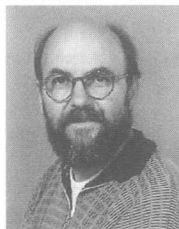
Die naturwissenschaftlichen Disziplinen sollen die Gefahr einer dauerhaften Schädigung des Naturraumes rechtzeitig aufzeigen und auch Nutzungsoptionen aus dem natur- und kulturlandschaftlichen Potential darstellen. Die Berücksichtigung der ökonomischen Bedingungen ist notwendig, um die Nachhaltigkeit und Sozialverträglichkeit einer geplanten Nutzung bzw. Aktivität langfristig sicherzustellen. Die Bergbaugeschichte spielt in Eisenerz eine hervorragende Rolle und wird deshalb ebenfalls beleuchtet. Schritt für Schritt wird zunächst das Nutzungs- und Gefährdungspotential in der Region festgestellt. Über einen Prozeß der Ideengenerierung in Zusammenarbeit mit der Bevölkerung werden schließlich Nutzungsmöglichkeiten erarbeitet. Nach dem Bewertungsverfahren werden die Auswirkungen der Nutzungen in einem Amoeba Diagramm veranschaulicht. Sowohl positive als auch negative Konsequenzen können zunächst sektoral dargestellt werden. Darüber hinaus wird in einem weiteren Aggregationsschritt eine gewichtete gesamtheitliche Bewertung durchgeführt (Abb. 4). Der Schwerpunkt liegt auf dem Kriterium "nachhaltige Entwicklung", wobei auch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Disziplinen berücksichtigt werden können.

### 3. Literatur

- BJA, BMLF, BMU, BMWFK (1995): Forschungsschwerpunkt Kulturlandschaft - Forschungskonzept 1995, Wien
- EBNER, F., SUETTE, G., UNTERSWEG, T., mit Beitrag von WEISSENSTEINER, V. (1984): Erläuterungen zu den geogenen Naturraumpotentialkarten des Bezirkes Voitsberg. - FGJ, Graz.
- FAHRENHORST, B. (1997): Auf mehreren Hochzeiten oder zwischen den Stühlen? Charakter und Erfolgskriterien interdisziplinärer Lehre. - Vortrag beim Forum Wissenschaft & Umwelt, Wien.
- GRÄF, W. (1982): Naturraumpotentialkarten in Österreich. - Steir. Beitr. Rohst. u. Energief., H1, Graz.
- GRÄF, W., SUETTE, G. & UNTERSWEG, T. mit Beiträgen von ARBEITER, I., EISENHUT, M., FLACK, J. & ORNIG, F. (1983): Naturraumpotentialkarten der Steiermark, Atlas Radkersburg. - 24 Karten 1:50.000 und Erläuterungen, Graz.
- GRÄF, W., KATTER, R., PÖSCHL, M., RINESCH, C., TRINKAUS, P., UNTERSWEG, T., SCHARDT, M., GALLAUN, H., PAAR, G., TEUFEL, ST., SIMMA, W., SCHINAGL, C., KOLLAR, P. & RAUCH, G. (1997): Studie zur Festlegung einer 380 kV - Leitungstrasse von Rotenturm a.d.Pinka/Burgenland nach Zwaring/Steiermark. - Joanneum Research, Graz.
- HÜBEL, G. & RAUCH, G.: Naturraumpotentialkarten der Steiermark. Rohstoff-sicherungskarte Mürztal II. - FGJ, Graz 1985
- HÜBEL, G., PÖSCHL, M. & RAUCH, G. (1987): Naturraumpotentialkarten der Steiermark. Rohstoff-sicherungskarte Oberes MurtaI II. - FGJ, Graz.
- KATTER, R., FRANZ, C., RINESCH, CH., ROGEN, D., TRINKAUS, P. & WUTZL, CH. (1993): Ökologische Begleituntersuchung zu den Steirischen Energie-waldversuchen Teil II. - Joanneum Research, Graz.

- KATTER, R., GÜNTHER, S., DRESCHER-SCHNEIDER, R., KLEMM, S., KOLLMANN, G., KRAMER, D., NEINAVAI, H., NICOLINI, M., OCENASEK, CH., POSCH, A., PIRKL, H., PROSKE, H., RINESCH, CH., SCHEDL, A., STEINER, G., TRINKAUS, P., WEINEK, H., WILFING, H. (1998): Leitschwerpunkt Kulturlandschaftsforschung: Modul MU7 Bergbaufolgelandschaften - Perspektiven zur Gestaltung und Nutzung von Bergbaufolgelandschaften 1. Arbeitsabschnitt. Joanneum Research, Graz.
- PÖSCHL, M., SUETTE, G., UNTERSWEIG, T., mit Beiträgen von FLACK, J., CZERNY, I., EBNER, F. & ZETINIGG, H. (1983): Erläuterungen zu den geogenen Naturraumpotentialkarten des Bezirkes Deutschlandsberg. - FGJ, Graz.
- PROSKE, H., mit Beiträgen von LAZAR, R. & TRINKAUS, P. (1994): Erfassung und Darstellung geogen bedingter Boden- und Gebirgsinstabilitäten unter besonderer Berücksichtigung einer Katastrophenvorsorge. - Joanneum Research, Graz.
- PROSKE, H., RINESCH, C., STRASSER, V. & TRINKAUS, P. (1997): Grundlegende Untersuchungen zur Geschiebeproblematik des Holzäpfeltalbaches. - Joanneum Research, Graz.
- RAUCH, G. & UNTERSWEIG, T. (1988): Rohstoffsicherung und Raumplanung im Bezirk Leibnitz. - Joanneum Research, Graz.
- SUETTE, G. & UNTERSWEIG, T., mit Beiträgen von ARBEITER-CZERNY, I., EBNER, F., FLACK, J. & PÖSCHL, M. (1982): Erfassung und Darstellung des Naturraumpotentials komplexer Landschaftstypen. Erstellung von Naturraumpotentialkarten für den Verwaltungsbezirk Leibnitz. - FGJ, Graz.
- TRINKAUS, P., RINESCH, CH., KATTER, R., LIBAL, B. & WONISCH, A. (1995a): Ökologische Begleituntersuchungen zu den Steirischen Energiewaldversuchen unter besonderer Berücksichtigung von Ernte und Rodung. - Joanneum Research, Graz.
- TRINKAUS, P., RINESCH, CH., HAAS, E., HUBMANN, B., KATTER, R., KRBEZ, P., KRIENZER, H. (1995b): Ökologische Funktionsfähigkeit und Bewertung von Kulturlandschaften. - Joanneum Research, Graz.
- UNTERSWEIG, T. (1991): Rohstoffsicherung und Raumplanung im Leibnitzer Feld, Steiermark. - Mitt. Österr. geol. Ges. 83, Themenband Umweltgeologie, Wien.

Anschrift der Verfasser:



Dr. Thomas UNTERSWEIG, Dr. Roswitha KATTER, Mag. Herwig PROSKE  
 Joanneum Research, Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung,  
 Elisabethstraße 16-18/I, A-8010 Graz

# Ergebnisse eines reflexionsseismisches Profiles im Raum Wundschuh/Steiermark

Franz WEBER

Mit 4 Abbildungen

## Zusammenfassung

Im Jahre 1952 wurde von der Rohöl-Aufsuchungs AG im Raum Wundschuh ein NE - SW verlaufendes reflexionsseismisches Profil gemessen, das wegen der Nähe zu dem Vulkanitvorkommen von besonderem Interesse ist. Die Tiefenberechnung zeigt mit Werten von ca. 1000 m Sedimentmächtigkeit (Quartär plus Tertiär) ein Maximum im Raum NE von Wundschuh, wobei allerdings eine gewisse Unsicherheit wegen des Fehlens von Geschwindigkeitsmessungen am Profil gegeben ist. Damit ist auch die von KRÖLL et al. (1988) in der Strukturkarte des Beckenuntergrundes konstruierte NE - SW streichende Muldenzone, die N Kalsdorf in das Oststeirische Becken umschwenkt, weiter abgesichert. Es wurden normal abschiebende Brüche mit Sprunghöhen von maximal 40 m wahrscheinlich gemacht, lediglich ca. 0,7 km SW Wundschuh wird ein inverser Bruch auf Grund des Reflexionsmusters für möglich erachtet. Ein in geringer Tiefe, in + 190 m SH, liegender Leithorizont wird lokal als Basis der Vulkanitdecke interpretiert, woraus sich für diese eine Mächtigkeit von ca. 90 m ergäbe. Die vorwiegend dem Karpat zuzuordnenden Reflektoren weisen söhlige bis flach einfallende Lagerung auf. Lokal sind Hinweise auf sedimentäre Strukturen gegeben.

## 1. Einleitung

Die geologischen Verhältnisse des Weststeirischen Beckens sind in weiten Bereichen noch ungenügend erforscht, was vor allem für die zentralen Beckenteile gilt. Gute Aufschlußverhältnisse und daher genauere Kenntnisse über die Stratigraphie und Lithologie sind vor allem in den Randmulden gegeben, in denen durch den Braunkohlenabbau und die Prospektion umfangreiche Daten angefallen sind. Daß auch in diesen Gebieten weiterführende Untersuchungen notwendig sind, zeigt ein in jüngster Zeit durchgeführter Forschungsschwerpunkt von STEININGER (1998).

Während jedoch im wesentlich größeren Oststeirischen Becken im Zuge der Erdölexploration seit den 50er Jahren zahlreiche Tiefbohrungen abgeteuft worden waren, meist bis in den Beckenuntergrund, fand im zentralen und südlichen Teil des Weststeirischen Beckens keine Aufschlußtätigkeit statt. Bezüglich der stratigraphischen und lithologischen Verhältnisse des tieferen Untergrundes ist nach wie vor die Tiefbohrung Söding 1 ausschlaggebend. Etwas günstiger ist die Situation im Hinblick auf den regionalgeologischen Bauplan, zu dem vor allem die Gravimetrie wesentlich beigetragen hat. Durch die boden- und aeromagnetische Vermessung konnten weiters fundierte Aussagen über die Verbreitung der Vulkanite gemacht werden, die im Steinbruch von Weitendorf als Shoshonit aufgeschlossen sind.

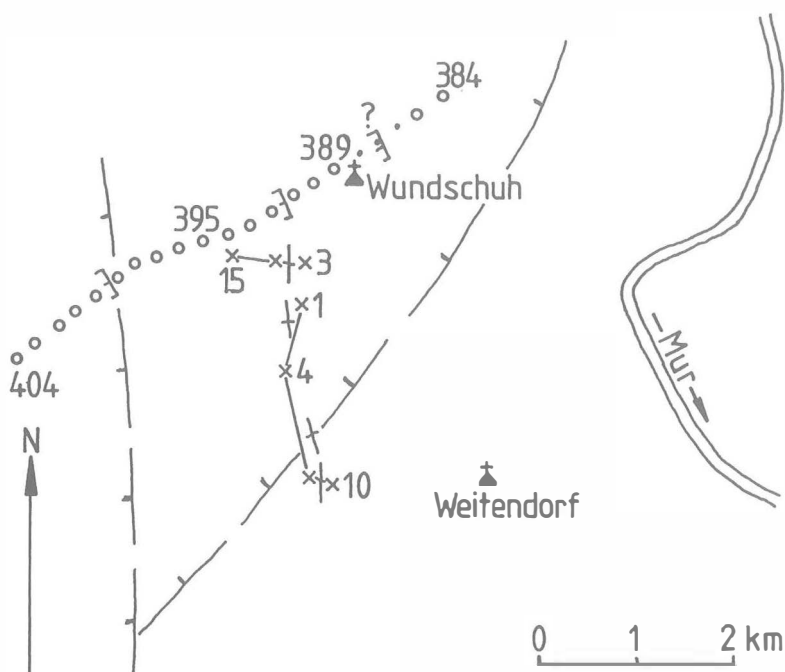
Eine erste Zusammenschau über die geologischen Verhältnisse des Weststeirischen Beckens erfolgte durch KOLLMANN (1965). Ein weiterer Fortschritt wurde im Zusammenhang mit der Herausgabe des Kartenwerkes „Steirisches Becken - Südburgenländische Schwelle“ durch KRÖLL et al. (1988) erbracht. Die Gliederung in drei Teilbecken, das Relief und die Lithologie des Beckenuntergrundes und die Bruchtektonik konnten in den wesentlichen Grundzügen herausgearbeitet werden

Die nunmehr erfolgte Reinterpretation des reflexionsseismischen Profiles F 10 der Rohöl-Aufsuchungs AG kann als eine nützliche Ergänzung in dem geologisch interessanten Abschnitt von Wundschuh betrachtet werden (Abb. 1).

## **2. Feldmessungen und Datenverarbeitung**

Die reflexionsseismischen Messungen erfolgten im Sommer 1952 mit einer 16-kanaligen analogseismischen Apparatur der Magnolia Petroleum Comp./Dallas. Der Abstand zwischen den Schußpunkten betrug konstant 250 m, der Geophongruppenabstand 31,25 m (3 Geophone pro Spur), es wurde eine symmetrische Spaltungsaufstellung registriert. Die Schußtiefe variierte je nach Gelände meist zwischen 20 - 30 m, es wurde nach Möglichkeit im Tertiär, zumindest unterhalb des Grundwasserspiegels geschossen. Die Schußtiefen wurden so gewählt, daß sich entweder ein konstantes Niveau ergab oder das Oberflächenrelief in geglätteter Form nachgebildet wurde.

Die Rohlaufzeiten wurden mittels der Aufzeiten auf die Erdoberfläche korrigiert, die Verwitterungskorrektur berücksichtigt, die Tiefenberechnung durchgeführt und zuletzt die Tiefen der Reflektoren auf Meeresniveau bezogen. Die Reflexionsstärke und die Korrelation der Aufnahmen wurden mit 4 Qualitätsstufen dargestellt. Bei der Tiefenberechnung wurde eine lineare Geschwindigkeitszunahme mit der Tiefe, die damals rechentechnische Vorteile bot, zugrundegelegt. In späteren Jahren wurden diese optischen



- reflexionsseismischer Schußpunkt
- × refraktionsseismischer Schußpunkt
- Achse eines magnetischen Maximums
- Bruch

Abb. 1: Lageplan der geophysikalischen Messungen und Brüche

Registrierungen transcordiert, d.h. auf Magnetband überspielt, dabei verstärkt und im Frequenzbereich von 28 - 66 Hz gefiltert. Dadurch konnte die ursprünglich im Weststeirischen Becken oft mäßige Reflexionsqualität deutlich verbessert werden. Dennoch reichen die Aufnahmen in keiner Weise an die Datenqualität der Digitalseismik heran, wie unter anderem ein Vergleich mit Aufnahmen aus dem Jahre 1989 zeigte, obwohl diese mit oberflächennahen Schußbohrungen geschossen worden waren.

Die transcordierten Profile sind einheitlich auf ein Bezugsniveau von +200 m ü.A. reduziert.

### 3. Auswertung

Der erste Schritt der Auswertung besteht im Erkennen der Reflexionen und deren Korrelation über die Aufstellungen hinweg. Durch die Kriterien der Laufzeit (Hyperbelkrümmung!), der Phasengleichheit und der stärkeren Amplitude war dies auch bei der älteren optischen Registrierung meist unschwer möglich. Eine weitere Aufgabe bildete die Bestimmung von Leithorizonten, die durch eine gute Reflexionsqualität und eine weite Verbreitung im Meßgebiet gekennzeichnet sind. Diese sind für die Erkennung der Lagerungsverhältnisse und der Tektonik besonders wichtig. Ein solcher Leithorizont erster Ordnung ist in der Regel die Tertiärbasis. Allerdings hat sich bei der analogseismischen Registrierung gezeigt, daß die Oberkante des prätertiären Untergrundes nicht immer durch eine Reflexion guter Qualität charakterisiert ist. Dies wurde damals auf verschiedene Ursachen, wie tiefreichende Verwitterung des prätertiären Untergrundes, Vorhandensein von Basiskonglomeraten, also Faktoren die zu einem geringen Impedanzunterschied führen, zurückgeführt.

Die Tiefenberechnung und die Darstellung als Tiefenprofil beinhaltete bei dieser älteren Meßtechnik insofern bereits einen Informationsverlust, als die Tiefen nur bei den Schußpunkten ermittelt und für den Reflektor ein ebener Verlauf zwischen zwei Schußpunkten angenommen wurde. Die Voraussetzung für die Tiefenberechnung bildet die genaue Kenntnis der Geschwindigkeitsverhältnisse. Die Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeiten als Funktion der Reflexionszeit erfolgte vor dem Vorhandensein einer Tiefbohrung, die eine Geophonversenkung gestattet, ausschließlich durch eigene Geschwindigkeitsprofile oder durch eine statistische Analyse der Zeitdifferenzen der Routinemessungen. Die Geschwindigkeitsprofile wurden vornehmlich in den tieferen Beckenbereichen und mit wesentlich größeren Aufstellungslängen als bei der normalen reflexionsseismischen Registrierung ausgeführt. Zum Zeitpunkt der gegenständlichen Messungen fehlten solche Geschwindigkeitsprofile im Weststeirischen Becken und es wurde eine im Oststeirischen Becken ermittelte Zeit-Tiefenfunktion verwendet. Für die nunmehrige Reinterpretation standen zwei Anhaltspunkte für die Geschwindigkeitsverteilung zur Verfügung. Zum einen konnte von refraktionsseismisch ermittelten Geschwindigkeiten ausgegangen werden, die von H. MAURITSCH in den Jahren 1972 - 1974 im Raum Wundschuh - Weitendorf für das Tertiär und die Vulkanite berechnet worden waren. Repräsentativ für ein mächtigeres Baden scheinen Geschwindigkeitswerte von 2250 m/s zu sein, vor allem im Übergangsbereich zu Tuffen treten auch niedrigere Geschwindigkeiten auf. In dichten Vulkaniten wurden Geschwindigkeiten bis 5350 m/s gemessen, als Folge von Verwitterung und zunehmender Porosität können die Vulkanitgeschwindigkeiten jedoch auf Werte unter 4000 m/s absinken. Der Beckenuntergrund wurde bei dieser refraktions-

seismischen Meßserie nicht erreicht, so daß eine Information über die Geschwindigkeiten des tieferen Tertiärs fehlt. Es wurde daher bei der reflexionsseismischen Auswertung von der Geschwindigkeitsanalyse der digitaleismischen Profile im Raum Hitzendorf-Söding aus den Jahren 1987 und 1989 ausgegangen. Da sich hierbei bereits laterale und vertikale Geschwindigkeitsänderungen nachweisen ließen, ist bei einer Extrapolation auf ein weiter südlich gelegenes Meßgebiet grundsätzlich ein gewisser Fehler möglich. Bezeichnend für die Geschwindigkeitsanalysen im Raum Hitzendorf sind die hohen Anfangsgeschwindigkeiten von ca. 2400 m/s, verursacht vermutlich durch das Auftreten von stärker verfestigten klastischen Gesteinen. Weiters scheint unter 0,4 s eine stärkere Zunahme des Geschwindigkeitsgradienten zu erfolgen. Bei der vorliegenden Interpretation wurde von der Annahme einer mehr ton- und sandreichen Beckenfazies ausgegangen. Daher wurde von einer etwas niedrigeren Anfangsgeschwindigkeit von 2350 m/s ausgegangen und der Geschwindigkeitsknick bei 0,4s nicht berücksichtigt.

Es wurde folgende Funktion für die Durchschnittsgeschwindigkeit gewählt:

$$V_d = V_0 + aT_0$$

$$V_0 = 2350\text{m/s}; a = 400 \text{ m/s/s}; T_0 = \text{Reflexionszeit beim Schußpunkt}$$

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Zeitprofil

Auf dem Zeitprofil lassen sich zahlreiche Reflexionen erkennen, deren Reflexionsstärke und Qualität allerdings unterschiedlich sind (Abb. 2). Eine wesentliche Frage ist dabei, ob sich die Tertiärbasis im Zeitprofil reflexionsmäßig abbildet. Diese Frage kann mit großer Wahrscheinlichkeit bejaht werden, da im Zeitbereich von ca. 0,6 - 0,7 s ein Reflektor über größere Strecken korreliert werden konnte, der auch meist durch größere Reflexionsstärke herausragt. Auch der Anschluß im N auf Profil F9 steht mit dieser Annahme im Einklang.

Herausragend ist weiters ein oberflächennaher Horizont im Zeitbereich von ca. 0 - 0,1 s, der als breites Reflexionsband ausgebildet ist. Stellenweise ergibt sich allerdings der Eindruck, daß hier 2 Reflexionen vorliegen, die schlecht aufgelöst sind. Die zwischen diesem Horizont und der Tertiärbasis liegenden Reflektoren weisen meist nur eine mäßige Reflexionsstärke auf, die Längserstreckung beträgt meist nur 0,25 - 0,5 km, seltener bis 0,8 km. An einigen Stellen sind Hinweise auf eine Schrägschichtung und auf auskeilende Schichten gegeben. Ansonsten herrscht weitgehend eine parallele Reflexionskonfiguration vor.

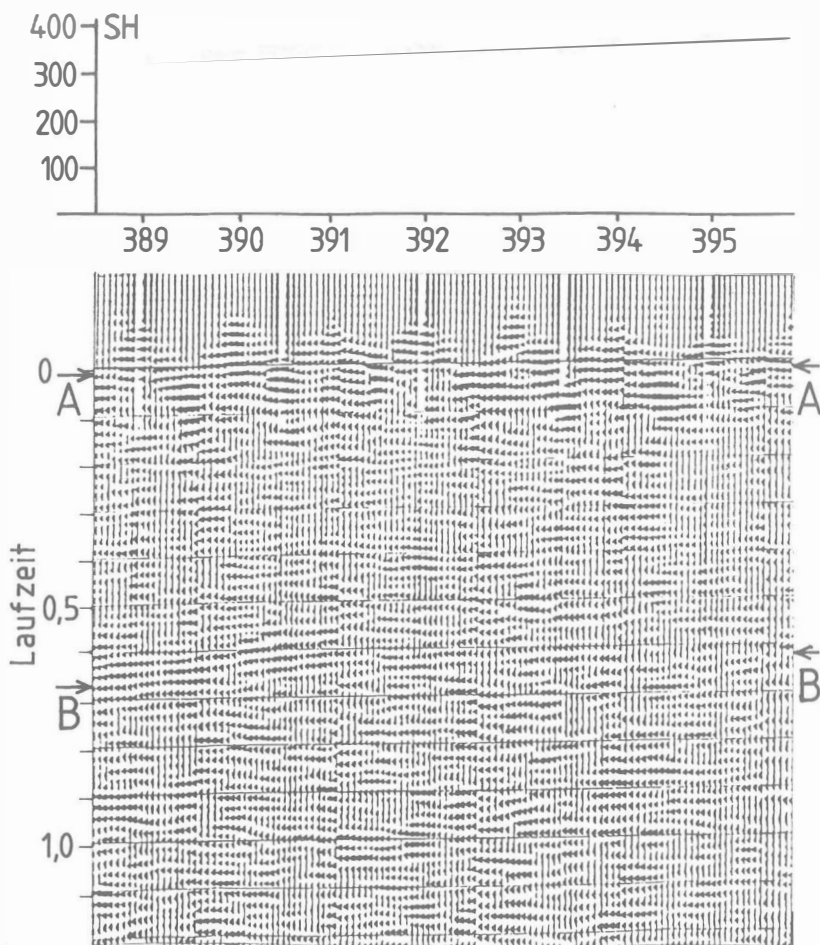
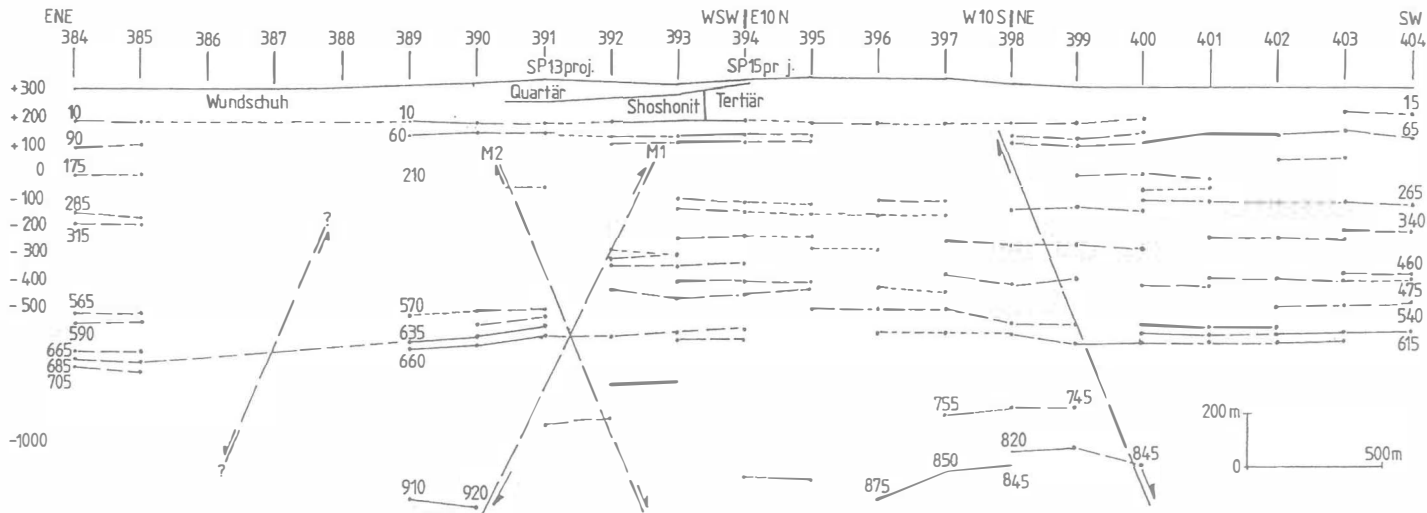


Abb. 2: Ausschnitt aus Zeitprofil F 10 (H= 1:25.000, V: 1cm = 0,1 sec)  
 A = Leithorizont im Unterbadan; B = Leithorizont Tertiärbasis

Unterhalb der Tertiärbasis, also vermutlich im Paläozoikum der Sausalgruppe, in dem nach FLÜGEL (1988) Phyllite dominieren, finden sich bis in größere Tiefen Reflexionen mäßiger Längserstreckung (250 – 750 m), deren Qualität durchaus zufriedenstellend ist. Es könnte sich hierbei um Einschaltung von Quarziten oder Kalken handeln. Die Frage von multiplen Reflexionen ist beim vorliegenden Datenmaterial schwierig zu behandeln, deren Auftreten dürfte jedoch unwahrscheinlich sein.





•635 Reflektor mit Laufzeit 635ms, Reflexionsqualität: — gut, - - - genügend, - - - - schlecht, M 1/2 = Bruchmodell 1/2

Abb. 3: Profil F 10 - Tiefenprofil

## 4.2. Tiefenprofil, strukturelle Aussagen

Das Zeitprofil wurde unter Verwendung der erwähnten Durchschnittsgeschwindigkeit-Laufzeitfunktion in ein Tiefenprofil umgerechnet (Abb. 3). Wie bereits die Strukturkarte von KRÖLL et al. (1988) erkennen läßt, verläuft das Profil F 10 unter spitzem Winkel zur westlichen Flanke der nördlichen Fortsetzung des Sausal. Im Raum Wundschuh erfolgt von SP 384 - 391 ein ziemlich gleichmäßiger Anstieg der Tertiärbasis von ca. - 700 m unter NN auf - 580 m. Zwischen SP 391 und 392 wurde ein Bruch mit einer Sprunghöhe von ca. 40 m angenommen. Dabei wurde auf Grund der Änderungen der Reflexionsstärke eine Fortsetzung dieser Störung in das Hangende, zumindest bis unter den oberflächennahen Leithorizont, angenommen. Dabei sollte die Bruchfläche nach NE einfallen, was einen inversen Bruch ergäbe. Dem widerspricht jedoch die regionalgeologische Stellung dieses Bruches, der in der südlichen Fortsetzung sich in seinem Streichen zum Typus eines Beckenrandbruches entwickelt. Da der Sausal mit Sicherheit herausgehoben ist, wäre also ein normalabschiebender Bruch wahrscheinlicher.

Beim Ort Wundschuh besteht durch die Besiedelung bedingt eine 1 km breite Lücke im Profil. Falls sich die Flachlagerung im Abschnitt SP 384 - 385 weiter nach WSW fortsetzt, wäre im Raum der Ortschaft Wundschuh ein nach NE einfallender Bruch mit einer Sprunghöhe bis etwa 40 m möglich. Im Abschnitt SP 391 - 398 herrschen weitgehend flache Lagerungsverhältnisse vor. Die Tertiärbasisreflexion ist hier schlecht entwickelt und fällt stellenweise ganz aus, was im Zusammenhang mit der Energieabstrahlung durch die Vulkanitdecke stehen könnte. Bei SP 399 wurde der bereits auf der Strukturkarte von KRÖLL (1988) gezeichnete Bruch geringer Sprunghöhe festgelegt. Auf dessen Tiefscholle liegt die Tertiärbasis praktisch bis zum Profilende nahezu horizontal in - 600 m u.A., wobei die Reflexionsstärke gut ist.

Der oberflächennahe Reflektor „A“, liegt im Niveau von + 190 m ü.A. (d.i. ca. 140 - 170 m unter Gelände) nahezu sählig; lediglich mit Zentrum bei SP 391 und SP 397 treten 2 flachwellige Einmuldungen auf, deren Tiefe ca. 20 m beträgt.

Wie die Projektion des nördlichen Endes der refraktionsseismischen Messungen von MAURITSCH (1975) auf das Profil zeigt, dürfte die steil stehende Grenze zwischen Shoshonit und Baden etwa 100 m WSW von SP 393 liegen. Der Reflektor „A“ zieht in + 190 m ü.A. anscheinend ungestört unter dieser vertikalen Diskontinuität mit sählicher Lagerung hindurch, wobei die Reflexionsqualität gut ist (Abb. 4). Bei Richtigkeit dieser Annahme wäre ein Anhaltspunkt für die Mächtigkeit der Vulkanitdecke gegeben, die somit 80 - 90 m betragen könnte. Dieser Wert steht auch größenordnungsmäßig in Übereinstimmung mit der von KALAGHEYTCHI ca. 1 km weiter im SE aus einer magnetischen

Anomalie ermittelten Mächtigkeit von 60 m des Störkörpers, der als horizontale Platte angenommen wurde.

Unter dem Reflektor „A“ liegt in ca. + 100 m ü.A. ein weiterer Reflektor meist in söhligler Lagerung, der lediglich SW von SP 400 etwas steiler nach SW ansteigt. Es könnte sich hierbei um die Grenze Baden/Karpat handeln. Demnach wäre der Großteil der Schichtfolge des Profils F 10 dem Karpat zuzuordnen, wofür auch die seismofazielle Ausbildung als Folge der limnisch-fluviatilen Eibiswalder Schichten sprechen würde.

Im Abschnitt SP 392 - 395 zeichnet sich eine muldenförmige sedimentäre Struktur im Tiefenbereich ca. 150 m über der Tertiärbasis ab, die den Unteren Eibiswalder Schichten zugeordnet werden könnte. Diese Struktur könnte als Sandkanal oder Flußlauf interpretiert werden.

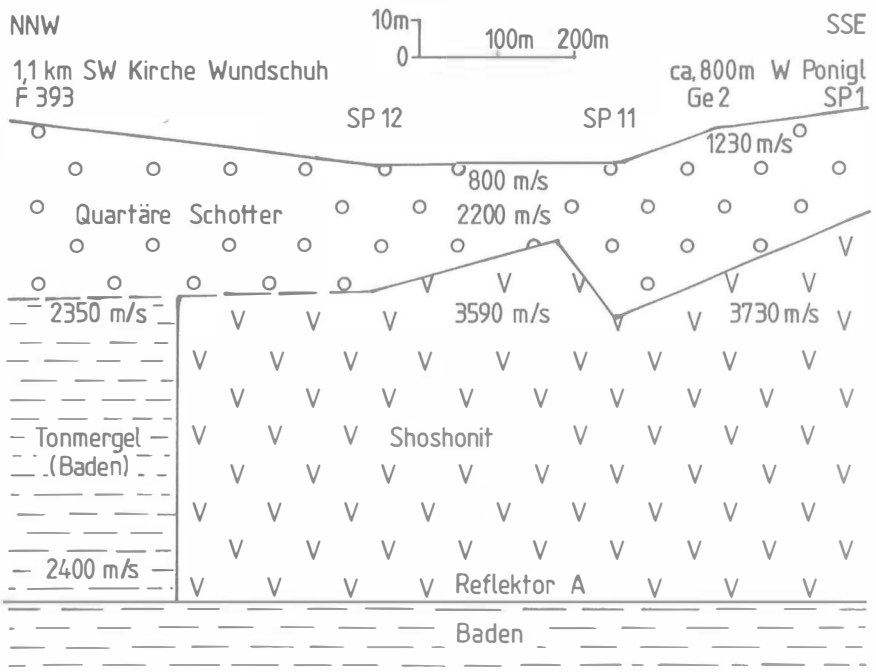


Abb. 4: Geologisch – geophysikalisches Profil SW Wundschuh (mit Benützung der Daten von MAURITSCH 1975)

## 5. Tektonik und Vulkanismus

Bei der magnetischen (Vertikalintensität) Vermessung des Gebietes zwischen Weitendorf und Wundschuh (KALAGHEYTCHI und H. MAURITSCH 1975) konnte eine Reihe von magnetischen Anomalien gefunden werden, die sich zu einem N - S Trend formieren. Dabei ragen zwei Anomalien W des Poniglteiches auf Grund ihrer geometrischen Form und Amplitude heraus, die eine Interpretation als Schlotbereich wahrscheinlich machen. Diese Anomalien streichen generell N - S, eine erste Störkörperberechnung unter Annahme einer senkrecht stehenden Platte ergab eine Dicke derselben von 65 m. Es ist nun bemerkenswert, daß die Fortsetzung der magnetischen Anomalieachse nach N auf den zwischen SP 391 - 392 angenommenen Bruch führt. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Bruch und Magmenaufstieg erscheint daher nicht ausgeschlossen. Es wäre auch untersuchenswert, ob die aus drei magnetischen Teilanomalien bestehende Maximumzone bei Wundschuh mit dem zwischen SP 385 - 389 als möglich erachteten Bruch in Verbindung zu setzen wäre. Jedenfalls sprechen die reflexionsseismischen Ergebnisse durchaus für eine primäre Platznahme des Shoshonits, für die Krainer (1987) überzeugende Argumente beigebracht hat. Um gesichertere Aussagen über den Zusammenhang von Tektonik und Vulkanite machen zu können, wäre allerdings eine detaillierte, möglichst hochfrequente digitale seismische Vermessung des Raumes Wundschuh mit kleinem Geophongruppenabstand erforderlich.

## Danksagung

Für die Freigabe der Unterlagen und die Genehmigung zur Veröffentlichung wird Herrn Vorstandsdirektor DI J. Hieblinger (Rohöl-Aufsuchungs AG) bestens gedankt, weiters ist der Autor Herrn Dr. W. Nachtmann und Herrn J. Eder für fachliche Beratung zu Dank verpflichtet.

## Literatur

- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, H.49, 96 S., Graz.
- EBNER, F. & GRÄF, W. (1977): Die Fauna von Weitendorf. – Jber. Landesmus. Joanneum Graz, 1976, N.F. 6, 157-183, Graz.
- FLÜGEL, H.W. (1975a): Die Geologie des Grazer Berglandes. - 2.Aufl.-Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, SH 1, Graz.

- FLÜGEL, H.W. (1975b): Das Neogen der Grazer Bucht. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 105, 71-77, Graz.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.R. (1984): Steiermark - Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen. - Geol.B.-A., 126 S., 26 Abb., 1 Karte, Wien.
- FRIEBE, J.G. (1990): Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badenium (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., 133, 223-257, Wien.
- FRIEBE, J.G. (1991): Neotektonik an der Mittelsteirischen Schwelle (Österreich): Die „Steirische Phase“. – Zbl. Geol. Paläont., Teil I., Stuttgart.
- HAUSER, A. & KOLLMANN, A. (1954): Ein Andesitvorkommen in Wundschuh bei Graz. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 84, 67-70, Graz.
- HERITSCH, H. (1966): Das vulkanische Gestein aus einer Bohrung bei Wundschuh, südlich von Graz. - Mitt. naturw. Ver. Stmk., 96, 59-68, Graz.
- HERITSCH, H. (1967): Eine chemische Analyse des Basaltes (Shoshonites) von Weitendorf, südlich von Graz, Steiermark. – Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw.Kl., 1967, 223-226, Wien.
- KALAGHEYTCHI, M. (1971): Magnetische Messungen im Raum Weitendorf-Wundschuh. – Unveröff. Diplomarbeit am Inst. F. Geophysik, Montanuniv. Leoben.
- KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken. - Mitt. Geol. Ges., 57, 479-632, Wien.
- KOLMER, H. (1980): Die Verteilung von Rubidium und Strontium in den Basalten von Weitendorf/Stmk. und Kollnitz/Ktn. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 110, 27-31, Graz.
- KRAINER, B. (1987): Sedimentation und Shoshonit von Weitendorf, Badenien, Steirisches Becken. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 80, 143-156, Wien.
- KRÖLL, A., FLÜGEL, H.W., SEIBERL, W., WEBER, F. & WALACH, G. (1988): Steirisches Becken - Südburgenländische Schwelle. - Geologische Themenkarten und Erläuterungen, 49 S., Geol. B.-A., Wien.
- MALZER, O. & SPERL, H. (1993): Das Steirische Becken (Steiermark und Südburgenland. - Erdöl und Erdgas in Österreich, F. BRIX & O. SCHULTZ (Hrsg.), Verlag Nat.hist. Mus. Wien und F. Berger, Horn.
- MAURITSCH, H. (1975): Geophysikalische Untersuchungen an den Vulkaniten im Raum Weitendorf - Wundschuh, Steiermark. - Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl. 42, 269-278, Graz.
- NEBERT, K. (1983): Zyklische Gliederung der Eibiswalder Schichten (Südweststeiermark). - Jb. Geol. B.-A., 126, 259-285, Wien.
- OBERHAUSER, R. (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. - Geol. B.-A. (Hrsg.), Springer Verlag, Wien.
- RATSCHBACHER, L., FRITSCH, W., LINZER, H.-G. & MERLE, O. (1991): Lateral extrusion in the Eastern Alps, 2: Structural analysis. – Tectonics, 10, 257-271; Bern.

- STEININGER, F.F. (Ed.1998): The Early Miocene Lignit Deposit of Oberdorf, N Voitsberg, in Styria, Austria. – Jb. Geol. B.-A., 140, H 4, Wien.
- TOPEREZER, M. (1940): Erdmagnetische Bodenuntersuchungen in der Südoststeiermark. – Berg- u. Hüttenm. Mh., Jg.92, H. 10/11, Wien.
- WEBER, F., SCHMÖLLER, R., FRUHWIRT, R.K. & HARTMANN, G. (1993): Ergebnisse reflexionsseismischer Messungen im Nordteil des Weststeirischen Tertiärbeckens. - Archiv f. Lagerst.forsch. Geol.B.-A., 4, Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A. (1927): Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. – Denkschr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 101, 89-130, Wien.



Anschrift des Verfassers:

Em. Prof. Dr. Franz WEBER  
Institut für Geophysik  
Montanuniversität Leoben  
A-8700 Leoben.

# Das geologische Sachverständigengutachten

Leopold WEBER

Ein anerkannter Baugeologe soll einst auf die Frage, ob ein Hang durch eine Baumaßnahme in seiner Stabilität beeinträchtigt werden könne, während der Verhandlung ein kurzes, schriftliches Statement abgegeben haben: *"Er hält"*. Dies war für die Behörde damals ausreichend. Derartige knappe Aussagen würden heute in Behördenverfahren aber nicht mehr als gutachterliche Äußerung gewertet werden können.

Die oft kritische Haltung von Bürgern gegenüber Projekten, unabhängig von deren Größe, die immer aufwendiger werdenden Verwaltungsverfahren (z.B. Umwelt-Verträglichkeitsprüfungsverfahren), vor allem aber die oft äußerst komplexe Problematik zwingt zur Einholung von Sachverständigengutachten. Die Vielzahl der zu klärenden Fragen setzt ein umfangreiches Fachwissen voraus, welches dem Verfahrensleiter nicht mehr zugemutet werden kann (*"Universalgenie"*). Das fehlende Detailwissen hat die Behörde durch die Befassung von Sachverständigen zu ersetzen.

Die Erfahrung zeigt allerdings, daß selbst anerkannte Persönlichkeiten, die als Sachverständige eingeladen werden, Gutachten verfassen oder Äußerungen abgeben, die von der Behörde kaum als solche anerkannt bzw. verwendet werden können, weil sie entweder mangelhaft oder nicht nachvollziehbar sind.

Für die Abfassung eines Sachverständigengutachtens bestehen keine festen Regeln. Die nachstehenden Ausführungen sollen auch nicht als solche interpretiert werden. Sie sollen aber künftigen Verfassern derartiger Gutachten als Hilfe dienen.

Zum besseren Verständnis werden in den folgenden Zeilen unterschiedliche Arten von Gutachten bzw. von Sachverständigen erläutert:

In der Verwaltung wird zwischen einem *„Privatgutachten“* und einem *„Amts-sachverständigengutachten“* unterschieden:

Ein *„Privatgutachten“* ist ein im Verwaltungsverfahren von der Partei beigebrachtes Beweismittel, das die Behörde aufgrund des § 46 AVG verankerten Grundsatzes der Unbeschränktheit der Beweismittel im Rahmen der freien Beweiswürdigung verwerten kann. Dem Ersteller eines derartigen Gutachtens kann im Verwaltungsverfahren die Funktion eines sachverständigen Zeugen zukommen.

§ 46: Als Beweismittel kommt alles in Betracht, was zur Feststellung des maßgebenden Sachverhaltes geeignet und nach Lage des einzelnen Falles zweckdienlich ist.

Ein „*Amtssachverständigengutachten*“ ist demgegenüber ein Dokument, welches von einem „*Amtssachverständigen*“ erstellt worden ist. Dieser steht in einem öffentlich-rechtlichen Dienstverhältnis. Er ist ein Verwaltungsorgan, der einer Behörde entweder a) beigegeben ist, oder b) zur Verfügung steht. Ein Amtssachverständiger ist der Behörde „*beigegeben*“, wenn er in die Behörde organisationsrechtlich eingegliedert ist. Der „*beigegebene*“ Amtssachverständige braucht nicht bestellt, sondern nur beigezogen werden, wobei die „*Beziehung*“ eine gewisse Formalisierung auszuweisen hat (beispielsweise aktenmäßiges Ansuchen). Der beigegebene Amtssachverständige „*fungiert als Beweismittel*“ und nicht als Behörde. Er braucht auch nicht vereidigt zu werden. Ein Amtssachverständiger steht der Behörde „*zur Verfügung*“, wenn sie sich seiner bedienen kann, obwohl er organisationsrechtlich einer anderen Behörde (auch Oberbehörde) eingegliedert ist.

Der nichtamtliche Sachverständige ist mittels Bescheides zu bestellen. Es handelt sich dabei um einen im Instanzenweg anfechtbaren verfahrensrechtlichen Bescheid. Auch ist der nichtamtliche Sachverständige zu beeden und kommt in ein Unterordnungsverhältnis zur Behörde, nach deren näheren Weisungen er tätig zu werden hat.

Privatgutachten und Amtssachverständigengutachten sind Beweismittel und unterliegen somit der freien Beweiswürdigung. Nach ständiger Rechtsprechung des Verwaltungsgerichtshofs ist die Behörde im Rahmen ihrer freien Beweiswürdigung dazu verhalten, auch die Schlüssigkeit der Sachverständigengutachten zu überprüfen. Eine derartige Schlüssigkeitsprüfung hat somit zwei Voraussetzungen:

- Das Gutachten muß eine entsprechende Begründung aufweisen, und somit nachvollziehbar sein, und
- es muß in sprachlicher Hinsicht so gefaßt sein, daß sein Inhalt auch für Laien verständlich ist.

Eine strenge Bindung einer Behörde an das Sachverständigengutachten besteht nicht. Nach ständiger Rechtsprechung des Verwaltungsgerichtshofs ist jedoch die Behörde berechtigt und verpflichtet, solange schlüssigen Sachverständigendarlegungen zu folgen, als deren Richtigkeit im Verwaltungsverfahren nicht durch andere Beweise widerlegt ist. Daraus ist zu folgern, daß ein vorliegendes Sachverständigengutachten nicht durch das bloße Verlangen nach Beziehung anderer Sachverständiger bzw. durch Einholung weiterer Gutachten entkräftet werden kann.



Wenn der Befund (Sachverhalt) einfach und kurz ist, kann ein Sachverständigengutachten im Zuge der mündlichen Verhandlung abgegeben und in die Niederschrift zur Verhandlung einfließen.

Bei komplexeren oder umfangreicheren Fällen wird jedoch im Zuge des Ermittlungsverfahrens ein gesondertes schriftliches Gutachten zu erstellen sein, welches mitunter sogar bereits bei der mündlichen Verhandlung vorgelegt werden kann. Oftmals reichen aber die während der Verhandlung vorliegenden Unterlagen nicht aus, um ein Gutachten erstellen zu können. Auch können während der Verhandlung neue Dokumente vorgelegt werden, die vom Sachverständigen erst ausgewertet werden müssen. In solchen Fällen kann das Gutachten auch nach dem mündlichen Verfahren abgegeben werden, sobald die entsprechenden Informationen eingeholt oder ausgewertet worden sind.

Ein schriftliches Sachverständigengutachten soll enthalten:

- Titelblatt
- Angaben über den Auftraggeber, Zweck und Umfang des Gutachtens
- Beschreibung der verwendeten oder zur Verfügung gestandenen Unterlagen
- Befund (Sachverhaltsdarstellung)
- Gutachten (Schlußfolgerung)
- gegebenenfalls Vorschreibungen (Auflagen / Bedingungen)
- Datum und Unterschrift

Insbesondere bei umfangreichen Gutachten kann ein Inhaltsverzeichnis die Lesbarkeit wesentlich verbessern.

## **Titelblatt**

Auf dem Titelblatt sollen der Titel des Gutachtens, der (die) Verfasser, der Auftraggeber, Angaben über die Seitenanzahl und Anzahl der Beilagen sowie der Zeitraum der Erstellung enthalten sein. Das Fehlen eines Titelblattes stellt keineswegs einen formalen Mangel dar. Diese Angaben können auch an geeigneter Stelle vermerkt werden.

## **Angaben über den Auftraggeber, Zweck, Umfang und Zeitraum der Erstellung des Gutachtens**

Aus diesen Ausführungen soll klar hervorgehen, wer der Auftraggeber des gg. Gutachtens ist. Auch soll der Zweck des Gutachtens und der Umfang der Fragestellung aus dieser "Einleitung" hervorgehen. Zweckmäßigerweise ist die Fragestellung als wörtliches Zitat wiederzugeben.

Daraus soll für die Behörde oder Außenstehende beispielsweise klar hervorgehen, ob

- das Gutachten von einer fachkompetenten Person verfaßt worden ist,
- ob auch tatsächlich auf die gestellte Frage eingegangen wurde sowie
- in welchem Zeitraum das Gutachten verfaßt worden ist.

Die Zeitangaben können u.U. für die Behörde bei der Beweiswürdigung von Bedeutung sein, da möglicherweise verschiedene beweiskräftige Dokumente oder Bodenaufschlüsse bei der Gutachtenerstellung noch nicht verfügbar waren.

Es ist die Aufgabe des Sachverständigen, Befund und Gutachten zu erstatten, also Tatsachenfeststellungen zu treffen und auf Grund seiner besonderen Erfahrungen Schlußfolgerungen zu treffen. Keinesfalls darf der geologische Sachverständige Rechtsfragen beantworten. Dies ist allein die Aufgabe der erkennenden Behörde. Die Erstellung von Befund und Gutachten durch den Sachverständigen ist somit streng von der Entscheidung von Rechtsfragen zu unterscheiden.

Ist in einem Gutachten jedoch eine fachlich inkompetente Bemerkung enthalten und fließt diese in den Bescheid ein, der dadurch zu einer unrichtigen Entscheidung führt, kann dies als Grund für die Bekämpfung des Bescheides (Berufung) herangezogen werden.

### **Beschreibung der verwendeten oder zur Verfügung gestandenen Unterlagen**

Aus dieser Anführung soll hervorgehen, welche Unterlagen dem Gutachter tatsächlich zur Verfügung gestanden sind. Daraus geht nicht nur der aktuelle Informationsstand des Gutachters hervor, sondern mitunter kann auch abgeleitet werden, ob bestimmte Beweismittel unterdrückt worden sind. *Daher ist es notwendig, alle verwendeten Unterlagen anzuführen.* Die Anführung des Datums der Abfassung der Unterlagen kann ebenfalls von Bedeutung sein, da daraus hervorgeht, ob tatsächlich die aktuellsten Unterlagen zur Verfügung standen.

### **Befund (Sachverhaltsdarstellung)**

Der Befund (Sachverhaltsdarstellung) soll sich auch im Textfluß klar und deutlich von den anderen Punkten abheben. Als Befund bezeichnet man die durch den Sachverständigen - allenfalls unter Zuhilfenahme wissenschaftlicher Feststellungsmethoden - getroffenen Tatsachenfeststellungen. Befund und Gutachten müssen nicht zwingend vom selben Sachverständigen erstellt werden.

Alle Beobachtungen und Beweismittel, wie Urkunden, Projektunterlagen, wissenschaftliche Arbeiten usw., die zur Klärung der Fragestellung dienen, sind dabei ausführlich darzulegen. Wichtige Beweismittel in geologischen Gutachten sind oftmals amtliche Luftbilder. Aus der fotogeologischen Ausarbeitung von Luftbildreihen können bisweilen viele Fragen geklärt werden (z.B. Ablagerung von Abfällen in Kiesgruben, zeitliche Entwicklung einer Tagbaufront, Vernässungszonen, Hangbewegungen etc).

Fotografien, die in den Text integriert sind, sollen durch geeignete Maßnahmen, wie Stempelabdruck oder Unterschrift, vom Foto auf das unterlagernde Papier reichend, austauschbar gemacht werden.

Häufige Fehler in der Sachverhaltsdarstellung sind, daß oft nicht unterschieden wird, ob Fakten übernommen oder selbst erarbeitet wurden. Auch wird fälschlicherweise bereits in der Sachverhaltsdarstellung eine Wertung („*gutachterliche Interpretation*“) durchgeführt.

### **Das Gutachten (Schlußfolgerung)**

Die vom Sachverständigen aufgrund seiner besonderen Fachkenntnisse und Erfahrungen aus dem Sachverhalt gezogenen Schlußfolgerungen werden als Gutachten bezeichnet. Die Schlußfolgerungen ("Gutachten") sollen sich von der vorangehenden Sachverhaltsdarstellung auch im Text durch eine eigene Überschrift abheben.

Das Gutachten muß auf seine Schlüssigkeit hin überprüfbar sein. Dies setzt u.a. voraus, daß es auch in sprachlicher Hinsicht so zu erstatten ist, daß der Inhalt auch für Laien verständlich und somit nachvollziehbar ist (VwSlg 10225/1980).

Ein häufiger Fehler, der den Wert eines Gutachtens beeinflußt, ist dessen Nichtnachvollziehbarkeit. Nichtbegründete Behauptungen sind ebenfalls Mängel. Darüber hinaus können unbestimmte, subjektive Angaben über Größen: z.B.: „*enorm*“, „*schwach*“, „*stark*“, „*äußerst stark*“ die Aussagekraft oder die Nachvollziehbarkeit eines Gutachtens empfindlich beeinträchtigen. Werden solche Angaben getroffen und sind diese für die Entscheidung von Bedeutung, sind sie zu quantifizieren.

Angaben wie: "*mit hoher Wahrscheinlichkeit*", oder "*es ist nicht auszuschließen, daß...*" sind für die Entscheidung der Behörde oft wertlos, da sie keine eindeutigen Aussagen darstellen.

Bestehen entsprechende Normen, sind diese heranzuziehen und zu zitieren (Ausgabedatum der Norm! ). Normen gelten als "vorweggenommene Sachverständigengutachten" und stellen eine wichtige Entlastungsfunktion für das Verwaltungsverfahren dar. Normen können durch Gesetz, Verordnung oder durch Aufnahme in den Spruch eines Bescheides für verbindlich erklärt werden.

Bestehen keine Normen oder andere Regelwerke (z.B. Lebensmittelcodex), jedoch entsprechende Hinweise in der einschlägigen Literatur, ist auf diese zum besseren Verständnis einzugehen. Derartige verwendete Unterlagen sind auch entsprechend zu zitieren.

z.B.: Einteilung der Stollenwasserführung:

- 1) nasse Leibung
- 2) Tropfwasser (schwach bis stark tropfend)
- 3) rinnende Wasseraustritte
- 4) Seihwasser (bis 20 l/sec, zahlreiche dünne Strahlen)
- 5) stärkere Wasseraustritte aus Klüften und Zerrüttungszonen
- 6) starker Wasserandrang aus Spalten

oder:

Klassifikation der Durchlässigkeiten von Lockersedimenten in m/s:

sehr stark durchlässig:	$>10^{-2}$
stark durchlässig:	$10^{-4}$ bis $10^{-2}$
durchlässig:	$10^{-6}$ bis $10^{-4}$
schwach durchlässig:	$10^{-8}$ bis $10^{-6}$
sehr schwach durchlässig:	$<10^{-8}$

Damit wird auch Fachfremden die Lesbarkeit derartiger Gutachten erleichtert.

Bestehen weder Normen noch Literaturhinweise, sind die Größen im Gutachten, wie sie vom Gutachter verstanden werden, zu definieren.

Im Gutachten sollte nach Möglichkeit nur auf konkrete Fragen eingegangen werden. Häufige Fehler von Gutachtern sind Antworten auf Fragen, für deren Beantwortung er auf Grund seiner Ausbildung gar nicht

befugt ist. Wenn ein Geologe Aussagen über die Flora oder Fauna einer bestimmten Region trifft, ist dies keine Aussage, zu der er berechtigt ist.

### **Vorschreibungen (Auflagen und/oder Bedingungen)**

Falls erforderlich, können vom Sachverständigen Vorschreibungen empfohlen werden. Diese dürfen aber nur dann vorgeschrieben werden, wenn sie tatsächlich zur Wahrung der im Gesetz normierten Schutzinteressen erforderlich sind. Zudem muß es sich nach ständiger Rechtsprechung des Verwaltungsgerichtshofes um „bestimmte geeignete Maßnahmen“ handeln.

Es sind daher nur konkrete Auflagen oder Bedingungen zulässig, die geeignet sind, den im Gesetz normierten Schutz zu gewährleisten. Aus diesem Erfordernis ergibt sich auch die Begründbarkeit.

In der Praxis wird oft nicht zwischen Auflagen und Bedingungen unterschieden, obwohl dies unterschiedliche Rechtsfolgen nach sich ziehen kann:

Eine **B e d i n g u n g** bildet mit dem Hauptinhalt des Bescheides ein einheitliches Ganzes. Bis zur Erfüllung der Bedingung ist die Rechtswirksamkeit des Bescheides in Schweben. Erst wenn die Bedingung erfüllt ist, treten die Rechtswirkungen des Bescheides ein.

*Beispiel: Vor Beginn der Herstellung des Tagbaues ist ein hydrogeologisches Beweissicherungsprogramm in Angriff zu nehmen.*

Wird diese Bedingung nicht erfüllt, darf nicht mit den Aufschlußarbeiten begonnen werden.

Auflagen können vom Gutachter empfohlen werden, wenn dies von ihm als notwendig erachtet wird. Sie werden sodann von der bescheidausfertigenden Behörde in imperativer Form übernommen.

*Beispiel: In vierteljährlichen Abständen ist das Grundwasser chemisch und bakteriologisch zu untersuchen.*

Die Erfüllung kann daher erzwungen werden, die Nichterfüllung Straffolgen oder sogar das Erlöschen der Rechtskraft mit sich bringen.

### **Datum und Unterschrift**

Mit dem Datum und der Unterschrift bestätigt der Gutachter, das Gutachten nach bestem Wissen und Gewissen erstellt zu haben.

Das Original des Gutachtens sollte fälschungs- bzw. manipulationssicher sein. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß keine normale Heftklammerung erfolgt, sondern die Seiten mittels einer Dokumentenschnur und einem Siegel verbunden werden. Die Abgabe des Gutachtentextes auf CD-ROM ist ebenfalls ein taugliches Mittel, Manipulationen am Text zu verhindern.

## **Verwendete Literatur:**

- Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz 1995-AVG: BGBl. Nr. 51/1991 i.d.F. des Bundesgesetzes BGBl. Nr. 866/1992 u. BGBl. Nr. 471/1995 sowie Kundmachung BGBl. Nr. 686/1994.
- HALLER, H. & PÖSEL, M.E. (1990): Sachverständige im Verwaltungsverfahren.- Unveröffentl. Skriptum; Verwaltungsakademie des Bundes, Wien.
- WEBER, L.: Vorlesungsunterlagen zur Lehrveranstaltung: "Der Geologe in der Verwaltung - Das geologische Gutachten" am Institut für Geologie der Universität Wien.

Anschrift des Verfassers:

Ministerialrat Univ.-Doz. Dr. Leopold WEBER  
Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten  
Sektion VII Oberste Bergbehörde  
Roh- und Grundstoffe  
Landstrasser Hauptstraße 55-57, 1030 Wien

## Kartographische Darstellungen steirischer Kohlenreviere

Alfred WEISS

Die ab dem ersten Drittel des 19. Jahrhunderts stetig zunehmende Industrialisierung der österreichischen Länder führte gemeinsam mit dem fortschrittlichen Bahnbau zu einer gesteigerten Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen, vor allem nach Kohle. Zur Belebung der Bergbautätigkeit wurde zunächst im Rahmen von Vereinen die geognostische Durchforschung Innerösterreichs und somit auch der Steiermark betrieben (WEISS 1978).

In der Steiermark nahm der Kohlenbergbau besonderen Aufschwung. Die bedeutendsten Kohlenlagerstätten waren bereits im 17. und 18. Jahrhundert entdeckt worden, die Verwendung des neuen Brennstoffes machte jedoch zunächst nur geringe Fortschritte. Den Durchbruch verschaffte der Kohle schließlich ihr Einsatz bei der Eisen- und Stahlerzeugung sowie bei der Lokomotivfeuerung (LACKNER 1988).

Um die Versorgung der neuen Bahnen mit Brennstoffen sicherzustellen, wurden von der Hofkammer in Münz- und Bergwesen im Jahr 1842 für den Bereich sowohl der nördlichen, als auch der südlichen Bahnlinie sogenannte „Steinkohlen-Schürfungskommissionen“ eingesetzt. Ihre Aufgabe war es, die vorhandenen bzw. möglichen Kohlenlagerstätten entlang der geplanten bzw. bereits bestehenden Bahnlinien zu erkunden und aufzuschließen (PICKL 1970).

Der Stagnation der Kohlegewinnung im Kriegsjahr 1866 folgte ein stetiger Anstieg der Förderung. In großen Revieren wurden kleine Grubenbetriebe unter der Gründung von Gewerkschaften und Gesellschaften - insbesondere Aktiengesellschaften - zu leistungsfähigen Großbetrieben zusammengeschlossen. Diese kauften ihrerseits wieder verliehene Grubenmaße und Schürfe auf. Der hierdurch verursachte Preisanstieg für Montanentitäten rief einerseits Spekulanten auf den Plan und zwang andererseits Unternehmer auf noch bergfreie kohlenhöfliche Bereiche auszuweichen (WEBER & WEISS 1983).

Die Tätigkeit der zahlreichen Gewerke machte eine kartographische Darstellung der großen Bergbaugebiete unter besonderer Berücksichtigung der bergrechtlichen Verhältnisse der Lagerstättenverbreitung und Haupteinbaue erforderlich. In der Folge kam es zur Festlegung von Bergrevieren. Ansätze

hierzu finden sich bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Die Bezeichnung „Bergrevier“ wurde von C. v. SCHEUCHENSTUEL im Jahr 1856 als „... jenes geschlossene Landesgebiet, in welchem mehrere Bergwerke unter ähnlichen Betriebsverhältnissen bestehen, die in Angelegenheiten der gemeinsamen Interessen eine Gemeinschaft bilden ...“ definiert. Jedes Revier war mit einem bestimmten Namen zu bezeichnen (SCHEUCHENSTUEL 1856/30).

Das „Allgemeine Berggesetz vom 23. Mai 1854“ maß der Bildung von Bergrevieren besondere Bedeutung bei. Der Gesetzgeber sah im Sinne einer liberalen Zeitströmung in den Bergrevieren den Keim zu einer guten Entwicklung des Bergbaues. Die Gemeinsamkeit der Interessen der unter gleichen oder ähnlichen Bedingungen betriebenen Bergbaue sollte deren Betreiber veranlassen, wichtige, für den einzelnen oft schwer durchzuführende Vorhaben mit vereinten Kräften voranzutreiben. Derartige Vorhaben waren die Schaffung gemeinsamer großer Aufschlüsse („Hauptaufschlüsse“), die Anlage von Hilfsbauten, der Bau von Wassergräben, Teichanlagen, Förderbahnen und Straßen, die Errichtung von gemeinsamen Aufbereitungen und Werkstätten, die Schaffung von Sozialeinrichtungen, wie Krankenhäusern, Werkschulen und vieles mehr (BUSSON 1942/21).

Den neu eingerichteten Berghauptmannschaften wurde aufgetragen, die Möglichkeiten der Bildung von Bergrevieren in ihren Amtsbezirken zu prüfen. Zu diesem Zweck wurden Übersichtskarten - etwa Generalstabskarten - angeschafft und in diese die in Betrieb stehenden Bergbaue eingetragen. Die so geschaffenen Skizzen über allenfalls zu bildende Bergreviere wurden den betroffenen Bergwerkseigentümern mit der Aufforderung vorgelegt, die allfällige Bildung von Bergrevieren zu beraten. Bei Zustimmung wurde unter der Teilnahme eines Beamten der zuständigen Berghauptmannschaft eine konstituierende Sitzung abgehalten, in welcher auch der Reviername gewählt wurde. Über diese Sitzungen mußten Protokolle aufgenommen und der vorgesetzten Bergbehörde, der „Ober Bergbehörde“ vorgelegt werden. Dieser oblag es, die beantragte Bildung des Bergrevieres zu bestätigen und an das Finanzministerium weiterzumelden. Bei den Berghauptmannschaften wurden die Bergreviere in ein Vormerkbuch eingetragen (MANGER 1857/21-22).

Erste Ansätze zur Bildung eines Bergrevieres sind, wie bereits erwähnt, zu Beginn des 19. Jahrhunderts im Raum von Köflach-Voitsberg festzustellen. Hier entstanden auch die ersten zusammenfassenden kartographischen Darstellungen der Bergbauverhältnisse. Die im Jahr 1800 gezeichnete „Köflacher Revierkarte“ von Franz Fiala beschränkt sich auf die Darstellung der Lage der verliehenen Grubenmaße und Stollen in Auf- und Grundriß. Eine Beschreibung am Blatt betrifft die in den sieben dargestellten Stollen angetroffenen Flözverhältnisse (FIALA 1800).



Eine weitere Karte ist die großformatige „Judicial Haupt Mappe über das Vor- und Mittel Gebirge, dann Steinkohlen Haupt-Flöz, und die darauf einkommenden k.k. berggerichtlichen Belehungen, Gruben-Feld-Maassen und privat Gewerkschaftl: Berggebäude; zwischen dem sogenannten Kainach und Tregist Thal bei Oberdorf und Voitsberg, im Grätzer Kreiss Landes Untersteyermark“ des k.k. Oberbergamts- und Bergerichts-Assesors und geschworenen Landmarkscheiders Paul Ignaz Peyrer aus dem Jahr 1805. Auf dieser Karte sind neben den Bergwerksberechtigungen und Haupteinbauten auch die Obertagsverhältnisse in Auf- und Grundriß dargestellt und ausführlich erläutert. Der amtliche Charakter des Werkes wird durch das Siegel des Verfassers betont (WEISS 1979, PEYRER 1805).

Zu den modernen Revierkarten leitet die im Jahr 1848 entstandene „Mappe über das Braunkohlenrevier bei Köflach und Voitsberg“ von Johann Rille über. Ausschließlich im Grundriß werden die bergrechtlichen und topographischen Verhältnisse des Raumes Köflach-Voitsberg dargestellt. Das Relief wird durch verschiedene Grautöne angedeutet. Das Grundgebirge wird in „Glimmerschiefer“ und „Kalkstein“ unterteilt, des weiteren wird das Tertiär mit den Flözausbissen ausgeschieden (RILLE 1848).

Entsprechend den Bestimmungen des „Allgemeinen Berggesetzes für das Kaiserthum Oesterreich“ wurden nach dem Jahr 1854 in den Kohlebergbau-gebieten von Köflach-Voitsberg, Wies-Eibiswald, Fohnsdorf, Seegraben und Ilz Bergreviere gebildet. Sowohl die Topographie als auch die bergrechtlichen Verhältnisse dieser Gebiete wurden kartographisch erfaßt. Im Archiv der Berghauptmannschaft Graz ist eine Folge von Karten im Maßstab 1:2.880 über die Verhältnisse im Köflach-Voitsberger Revier erhalten geblieben, die offenbar als Grundlage für spätere Revierkarten gedient haben. Als Beispiel sei hier das „Blatt V. Schaflos, Obergraden“ angeführt (N.N.1870).

Bereits im Jahr 1864 erschien als „Beilage zu einem berggerichtlichen Constatierungs Protokoll“ die „Übersichtskarte der Grubenmaßen und Freischürfe im Wieser Bergreviere Bezirk Eibiswald des Grätzer Kreises“. Der Verfasser dieser Karte ist ein unbekannter Markscheider. Der Maßstab wird mit „1 Wiener Zoll = 200 Klafter“ (1:14.400) angegeben. Das Relief ist durch braune Schraffen dargestellt. Flußläufe, Wege und Gebäude erleichtern die Orientierung. Insgesamt sind die Grubenmaße und Freischürfe von 27 Bergbauunternehmen festgehalten. Die Karte wurde bei Oscar Weigl in Wien gedruckt (N.N. 1864).

Diesem Werk folgte im Jahr 1875 die von Viktor RADIMSKY und Wenzel MACHACKA verfaßte „Karte des Wieser-Bergrevieres“ im Maßstab „1 Wiener Zoll = 200 Klafter“ (1:14.400) als Beilage zu einem Aufsatz über das Wieser Glanzkohlenrevier in der Zeitschrift des Berg- und Hüttenmännischen Vereines für Kärnten. Die Darstellung der Topographie beschränkt sich auf

Bachläufe, Straßen, Gebäude und Eisenbahnlinien. Die geologischen Ausscheidungen betreffen „Alluvium“, „Diluvium“, „Tertiäre Süßwasserschichten“, „Urkalk“ sowie „Gneis und Glimmerschiefer“. Des weiteren sind Flözausbisse erfaßt. Fündige Bohrungen sind mit den Angaben der Teufe und konstatierten Flözmächtigkeit versehen. Die Darstellung der bergrechtlichen Verhältnisse betrifft die Grubenmaße von zwölf und die Freischürfe von acht Bergbauunternehmern. Die Karte wurde bei der Firma Leykam-Josefthal in Graz gedruckt (RADIMSKY und MACHACKA 1875).

Im Jahr 1913 veranlaßte das K.K. REVIERBERGAMT GRAZ die Herausgabe der „Übersichtskarte des Wies-Eibiswalder Kohlenrevieres“ im Maßstab 1:10.000. Den Druck besorgte die Kartographische Anstalt Freytag & Berndt in Wien. Über einer genauen Darstellung des Geländes - das Relief ist durch Schichtlinien und Höhenkoten deutlich gemacht - mit dem Gewässernetz, Straßen und Eisenbahnlinien sind die bergrechtlichen Verleihungen und Haupteinbaue dargestellt. Berücksichtigungen fanden auch die geologischen Verhältnisse durch die Ausscheidung von „Alluvium“, „Diluvium“, „Marine Tegel (Miocän) und Schichten von Eibiswald“, „Körniger Kalk“ und „Gneis“. Des weiteren werden die Ablagerungsverhältnisse durch Profildarstellungen verdeutlicht. Insgesamt werden die Grubenmaße von 13 Bergbauunternehmen angeführt (REVIERBERGAMT GRAZ 1913).

Im Jahr 1878 erschien eine von Ferdinand FIALA nach amtlichen Daten zusammengestellte und gezeichnete „Karte des Voitsberg-Köflacher Kohlenrevieres“ im Maßstab 1:14.400. Die Darstellung der Topographie erfolgte in einfacher Weise ähnlich jener der drei Jahre zuvor erschienen Karte von RADIMSKY und MACHACKA. Die Darstellung der geologischen Verhältnisse erfolgte sehr detailliert durch die Ausscheidung von „Alluvium“, „Leitha Schotter (Neogen)“, „Süßwasserkalk (Neogen)“, „Süßwasser Schichten mit Braunkohlen“, „Gosau Mergel und Sandstein (Kreide)“, „Glimmerschiefer“ und „Gneis“. Insgesamt sind die Grubenmaße von 30 Bergbauunternehmen ausgewiesen. Den Druck besorgte die Firma Leykam-Josefthal in Graz. (FIALA 1878).

Eine um das Jahr 1900 entstandene Karte mit dem Titel „Voitsberg-Köflacher Kohlen Revier“ im Maßstab 1:20.000 zeigt eine ausgefeilte Geländedarstellung mit Schichtlinien und Höhenkoten. Zur besseren Orientierung wurden das Gewässernetz, Straßen, Eisenbahnen und größere Gebäude in die Darstellung aufgenommen. Die Darstellung der geologischen Verhältnisse erfolgte durch die Unterscheidung von „Alluvium“, „Leitha-Schotter“, „Süßwasserschichten mit Braunkohlen“, „Gosau Mergel u. Sandstein“, „Devonischer Kalk“, „Devonischer Schiefer“, „Gneis und Glimmerschiefer“ sowie des „Ausgehenden der Flöze“. Insgesamt sind die Grubenmaße von 17 Bergbauunternehmen ausgewiesen. Der Verfasser sowie der Herausgeber des in Farblithographie hergestellten Blattes sind unbekannt (N.N. 1900).

Der k.k. Oberbergkommissär Hugo ROTTLEUTHNER ist der Verfasser einer kleinformatigen „Übersichtskarte des Voitsberg-Köflacher Kohlenrevieres“ als Beilage zu dem anlässlich des vom Komitee des allgemeinen Bergmannstages im Jahr 1903 herausgegebenen Werkes „Die Mineralkohlen Österreichs“. Die Darstellung des Reliefs erfolgt durch Schichtlinien und Höhenkoten, die in der Übersichtskarte dargestellten Wasserläufe, größeren Gebäude, Straßen und Eisenbahnen dienen der Orientierung. Die Darstellung der geologischen Verhältnisse erfolgt durch die Unterscheidung von „Alluvium“, „Terrassierte Anschwemmungen“, „Konglomerat“, „Schotter (Belvedere)“, „Sand fluviatil“, „Lehm“, „Tegel und Lehm lakustrisch“, „Gosau-Kreide“, „Dev. Schiefer“, „Dev. Kalkstein“, „Kalkstein paläoz. oder archaisch“, „Gneis“. Insgesamt sind die Grubenmaße von 13 Bergbauunternehmen ausgewiesen (ROTTLEUTHNER 1903).

Die jüngste gedruckte Revierkarte ist die „Übersichtskarte des Voitsberg-Köflacher Kohlenrevieres“ im Maßstab 1:10.000. Sie wurde im Jahr 1911 im Auftrag des K.K. REVIERBERGAMTES GRAZ zusammengestellt und von der Kartographischen Anstalt Freytag & Berndt in Wien gedruckt. Im Maßstab 1:10.000 wurden die topographischen Verhältnisse mit Gewässern, Straßen, Eisenbahnlinien und Gebäuden erfaßt. Das Relief ist durch Schichtlinien und Höhenkoten erfaßt. Die geologischen Unterscheidungen sind die gleichen wie auf der Karte von ROTTLEUTHNER (1903). Die Geologie der einzelnen Teilmulden wird in insgesamt 18 Profilen näher erläutert. Insgesamt werden die Grubenmaße von 11 Bergbauunternehmen ausgewiesen (REVIERBERGAMT GRAZ 1911a).

Im Bereich der Glanzkohlenlagerstätte von Seegraben bei Leoben waren die Besitzverhältnisse durch die geringe Anzahl der Bergbauunternehmungen wesentlich übersichtlicher als in den großen weststeirischen Revieren. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden im Auftrag der einzelnen Bergbautreibenden Übersichtskarten über die einzelnen Bergbaue und die Grenzen der Berechtigungen angefertigt, wie etwa die „Übersichtskarte der Heinrich Ritter Drasche von Wartinbergschen Kohlengrube in Seegraben“ aus dem Jahr 1877 (RICHTER 1877). Diese Karten dienten dem Vorstand des Leobener Revierbergamtes Josef GLEICH als Grundlage für seine im Jahr 1880 in seinem Eigenverlag erschienene „Karte des Braunkohlenrevieres Leoben“ im Maßstab 1:10.000. Über einer topographischen Karte mit dem Gewässernetz, Straßen, Bahnlinien und Gebäuden sowie vereinzelt Höhenkoten sind die Bergwerksberechtigungen der vier damals im Bereich der Lagerstätten Seegraben, Münzenberg und Tollinggraben tätigen Bergbauunternehmer eingetragen, ergänzt durch die Haupteinbaue mit Höhenkoten sowie die Abbaubereiche. Die Angaben zur Geologie umfassen die Schichtfolgen „Diluvium“, „Tertiärformation“, „Silurkalk“ sowie „Glimmerschiefer und Tonschiefer“. In drei „Idealprofilen“ durch den Seegraben, den Münzenberg und den Tollinggraben wird das flözführende

Tertiär weiter untergliedert. Die Erläuterungen zu dieser Karte sind gesondert in einer Broschüre abgedruckt, die insgesamt drei Auflagen erlebte. Der Druck der Karte wurde von der Lithographischen Anstalt M. Dokulil in Wien durchgeführt (GLEICH 1880a, 1880b, 1882).

Die Verhältnisse des Fohnsdorfer Braunkohlenrevieres wurden im Jahr 1880 erstmals von Johann Kobielka im Maßstab 1:10.000 zusammenfassend dargestellt und als Lithographie vervielfältigt. Ein Blatt dieser sehr seltenen Karte befindet sich in Privatbesitz, es konnte nicht eingesehen werden (KOBIELKA 1880; ROTH 1988/274).

Eine weitere Karte des Fohnsdorfer Braunkohlenrevieres mit dem Titel „Braunkohlenbergbau Fohnsdorf der österr. Alpen Montangesellschaft“ ist als Beilage dem oben erwähnten Werk „Die Mineralkohlen Österreichs“ angeschlossen. Das Blatt zeigt im Maßstab 1:10.000 das Grubengebäude des Glanzkohlenbergbaues Fohnsdorf mit den Haupteinbauten, dem Streckennetz und den Abbaubereichen sowie die Grubenmaße der Österreichisch Alpen Montangesellschaft (N.N. 1903).

Die Verhältnisse im Ilzer Braunkohlenrevier wurden im Jahr 1911 im Auftrag des K.K. REVIERBERGAMTES GRAZ kartographisch dargestellt und veröffentlicht. Die Karte im Maßstab 1:10.000 zeigt eine genaue Darstellung des Geländes - das Relief ist durch Schichtlinien und Höhenkoten erfaßt - mit dem Gewässernetz, Straßen und Gebäuden. Die Darstellung der Geologie beschränkt sich auf die Unterscheidung von „Alluvium“, „Lehm“, „Schotter, Flußablagerungen“, „Sand und Ton“ „Pannonische (Congerien) Stufe“. Die Geologie ist in acht Profilen näher erläutert. Des weiteren sind die Grubenfelder von sieben Bergbauunternehmen ausgewiesen, ergänzt durch die Haupteinbaue. Den Druck der Karte besorgte die Kartographische Anstalt Freytag & Berndt in Wien (REVIERBERGAMT GRAZ 1911b).

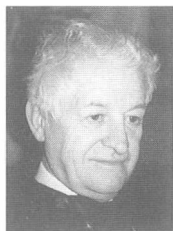
## Literatur

- BUSSON, F. (1942): Kommentar zum allgemeinen Berggesetz der Ostmark. - Wien.
- FIALA, F(ranz) (1800): Köflacher Revierkarte. M. 1:720, O.O. Kolorierte Tuschezeichnung, H 51,0 cm, L 32,5 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- FIALA, F(erdinand) (1878): Voitsberg-Köflacher Kohlenrevier. M. 1:14.400. - Graz.
- FARBLITHOPRAPHIE, H 59,0 cm, L 86,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.

- GLEICH, J. (1880a): Karte des Braunkohlenrevieres Leoben. M. 1:10.000 Leoben. Farblithographie, H 90,0 cm, L 62,0 cm. - Landesmuseum Joanneum Abteilung für Geologie und Paläontologie, Inv. Nr. 94.355, Graz.
- GLEICH, J. (1880b): Das Braunkohlenrevier von Leoben. Commentar zur gleichzeitig erschienen Karte des Braunkohlenrevieres von Leoben. - 1. und 2. Auflage, Leoben.
- GLEICH, J. (1882): Das Braunkohlenrevier von Leoben. Commentar zu der im Jahre 1880 herausgegebenen Geologisch colorirten Uebersichtskarte des Braunkohlenrevieres von Leoben. - 3. Auflage, Leoben.
- KOBIELKA, J. (1880): Karte des Braunkohlenrevieres Fohnsdorf. M. 1:100.000. O.O.Lithographie, H 86,0 cm, L 120,0 cm. - Privatbesitz. (Zitat nach: ROTH, P.W. (Hrsg.) 1988: Glas und Kohle. Katalog zur Landesausstellung 1988, 274, Graz.
- LACKNER, H. (1988): Kohlennutzung und Kohlenbergbau bis um 1850.- in: ROTH, P.W. (Hrsg.) 1988: Glas und Kohle. Katalog zur Landesausstellung 1988, 47-57, Graz.
- MANGER, R. (1857): Das Oesterreichische Bergrecht nach dem allgemeinen Berggesetze für das Kaiserthum Oesterreich vom 23. Mai 1854. - Prag.
- N.N. (1864): Uibersichtskarte der Grubenmaßen und Freischürfe im Wieser Bergreviere Bezirk Eibiswald des Gratzer Kreises als Beilage des berggerichtlichen Protokolle vom 11. Jänner 1864 Exh. N. 1515. M. 1:14.400, Farblithographie, H. 50,0 cm, L 70,0 cm.
- N.N. (1870): Blatt V., Schaflos, Untergraden. M. 1:2.880. O.O. (Graz). Kolorierte Tuschezeichnung, H 58,0 cm, L 61,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- N.N. (1900): Voitsberg-Köflacher Kohlen-Revier. M. 1:25.000. O.O. (Graz). Farblithographie, H 47,0 cm L 57,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- N.N. (1903): Braunkohlenbergbau Fohnsdorf. M. 1:10.000. - KOMITEE DES ALLGEMEINEN BERGMANNSTAGES (Hrsg.): Die Mineralkohlen Österreichs, Lithographie, H. 36,0 cm, L 72,0 cm, Tafel I, Wien.
- PEYRER, P.I. (1805): Judicial Haupt Mappe über das Vor- und Mittel Gebirg, dann Steinkohlen Haupt-Flöz, und die darauf einkommenden k.k. berggerichtlichen Belehungen, Gruben-Feld-Maassen und privat Gewerkschaft! Berggebäude, zwischen dem sogenannten Kainach und Tregist Thal bei Oberdorf und Voitsberg, im Gratzer Kreiss Landes Untersteyermark. M. 1:2.700. O.O. Kolorierte Tuschezeichnung, H. 107,0 cm, L 114,0 cm - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- PICKL, O. (1970): Die Anfänge des steirischen Kohlenbergbaues. - Beiträge zur Geschichte der Industrialisierung des Südostalpenraumes im 19. Jahrhundert (= Forschungen zur geschichtlichen Landeskunde der Steiermark, 24), 47-58, Graz.
- RADIMSKY, V. & MACHACKA, W. (1875): Karte des Wieser-Bergrevieres. M. 1:14.400. Farblithographie, H 62,0 cm, L 90 cm.

- RADIMSKY, V.: Das Wieser Bergrevier. - Ztschr. Berg- u. Hüttenm. Ver. Kärnten, VII, Klagenfurt.
- REVIERBERGAMT GRAZ, K.K. (Hrsg.) (1911a): Übersichtskarte des Voitsberg-Köflacher Kohlenrevieres. M. 1:10.000, Graz. Farblithographie, H 96,0 cm, L 126,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- REVIERBERGAMT GRAZ, K.K. (Hrsg.) (1911b): Übersichtskarte des Ilzer Kohlenrevieres. M. 1:10.000. Graz. Farblithographie, H 96,0 cm, L 79,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- REVIERBERGAMT GRAZ, K.K. (Hrsg.) (1913): Übersichtskarte des Wies-Eibiswalder Kohlenrevieres. M. 1:10.000. Graz. Farblithographie, H 152,0 cm, L 108,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- RICHTER, F. (1877): Übersichtskarte der Heinrich Ritter Drasche von Wartinbergschen Kohlengrube in Seegraben. M. 2 Decimal Zoll = 30 Wiener Klafter (ca. 1:1.080). Seegraben. Kolorierte Tuschezeichnung, H 106,0 cm, L 80,0 cm. - Privatbesitz.
- RILLE, J. (1848): Mappe über das Braunkohlenrevier bei Köflach und Voitsberg. M. 1:11.700. O.O. Kolorierte Tuschezeichnung, H 64,0 cm, L 90,0 cm. - Archiv der Berghauptmannschaft Graz.
- ROTH, P.W. (Hrsg.) (1988): Glas und Kohle. Katalog zur Landesausstellung 1988 – S. 274, Graz.
- ROTTLEUTHNER, H. (1903): Übersichtskarte des Voitsberg-Köflach Kohlenreviers. M. 1:37.500. Farblithographie, H 24,5 cm, L 40,5 cm.- KOMITEE DES ALLGEMEINEN BERGMANNSTAGES (Hrsg.) (1903): Die Mineralkohlen Österreichs, Tafel II, Wien.
- SCHEUCHENSTUEL, C.v. (1856): Idioticon der österreichischen Berg- und Hüttensprache. - Wien 1903.
- WEBER, L. & WEISS, A. (1983): Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen. - Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, 4, 7-11, Wien.
- WEISS, A. (1978): Der geognostisch-montanistische Verein für Steiermark, 1850-1874. - Mitteilungsbl. Abt. Min. Landesmus. Joanneum, 41, 37-42, Graz.
- WEISS, A. (1979): Eine alte Lagerungskarte aus dem Köflach-Voitsberger Braunkohlenrevier. - Österreichischer Kalender für Berg Hütte Energie 1979, 128-131, Wien.

Anschrift des Verfassers:



MR Dipl.-Ing. Mag. iur Alfred WEISS  
Rustenschacher Allee 28, A-1020 Wien.

# Bemerkungen zu Klassifizierungssystemen für Quellen

Hilmar ZETINIGG

## 1. Einleitung

Quellen spielen in Österreich nach wie vor bei der Trinkwasserversorgung eine große Rolle. Nach der Statistik der ÖVGW (Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach) wird auf Grund der beiden Wiener Hochquellenleitungen in Österreich ca. 50 % des Trinkwasserbedarfes der öffentlichen (zentralen) Wasserversorgung aus Quellwasser gedeckt. Quellwasser erfährt bei uns auf Grund der Lage der Quellen im Bergland und nicht zuletzt wegen des guten Rufes der Wiener Hochquellenleitungen eine besondere Wertschätzung. Sowohl die Bemühungen um den Schutz der Quellen als auch die Notwendigkeit, zur Deckung des Wasserbedarfes weitere Quellen zu erschließen machen es notwendig, Quellen und ihre Einzugsgebiete immer genauer zu erkunden. Es ist daher vorhersehbar, daß Quellen als Wasserspender für die Trinkwasserversorgung und balneologische Nutzungen weiterhin das Objekt hydrogeologischer Forschung bilden werden. Große Quellen als auffallendes Naturphänomen haben den Menschen schon immer beeindruckt. Sie waren Kultstätte und begehrte Wasserspende. Schon früh begann der Mensch über ihre Entstehung und die Herkunft des Quellwassers nachzudenken. Die Theorien hierüber, von den griechischen Philosophen (Filtrationstheorie, Kondensationstheorie etc.) bis in das beginnende 19. Jh. zu verfolgen, würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Erst gegen Ende des 17. Jh. erkannte der Mensch den Kreislauf des Wassers und die Herkunft des Quellwassers aus den Niederschlägen. Im 19. Jh. begann die systematische Erforschung des unterirdischen Wassers und damit die Entwicklung der Hydrogeologie als eigenes Fachgebiet. Die Erkundung der Quellen - ihre Typisierung und Klassifizierung - bildeten schon vom Anfang an einen Schwerpunkt dieser Wissenschaft.

## 2. Bestandsaufnahme von Quelltypen

Als Grundlage und Vorläufer der späteren Klassifizierungssysteme erfolgte im 19. Jh. eine Bestandsaufnahme und Beschreibung von Quellen nach hydrologischen und geologischen Kriterien. Diese Kriterien dienten bereits als Grundlage für die Benennung bzw. Typenbezeichnungen von Quellen und für die Gliederung der Bestandsaufnahmen. Als Beispiele hierfür sollen

die Arbeiten über Quellen von LERSCH (1870) und HAAS (1895) zitiert werden. Bei HAAS (1895) finden sich z.B. bereits die Namen "Schichtquelle" für Quellen, die im Grenzbereich von Grundwasserleitern zu Grundwasserstauern entspringen und "Schuttquelle" für solche, die aus Verwitterungsschutt (hier Mulm genannt) austreten. Insgesamt werden in diesen Arbeiten die Quellen nach ihrer Lage und verschiedenen weiteren Eigenschaften individuell beschrieben und soweit damals möglich zu Typen zusammengefaßt. Die Untergliederung in gewöhnliche kalte Quellen (Akratopegen) sowie in Mineral- und Thermalquellen ist dabei bereits vollzogen.

### 3. Klassifizierungssysteme für Quellen

Die Ausarbeitung von Klassifizierungssystemen unter Verwendung der bekannten Typenbezeichnungen samt Aufstellung neuer Quelltypen setzt sodann zu Beginn des 20. Jh. ein. Diese Klassifizierungen erfolgen nach unterschiedlichen Kriterien bzw. einer unterschiedlichen Wertung einzelner Eigenschaften. Daher sind wohl große Ähnlichkeiten bei der Klassifizierung von Quellen durch verschiedene Autoren zu bemerken, ohne daß sich diese Schemata aber decken.

KEILHACK (1912) publizierte in seinem "Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde" eine Klassifizierung der Quellen (Tab. I) nach der Art ihres Austrittes an die Erdoberfläche. Im gleichen Jahr veröffentlichte HÖFER-HEIMHALT (1912) eine Systematik von Quelltypen (Tab. I) und führt dazu aus, daß es sich um keine eigentliche Klassifikation von Quellen handle, da kein einheitliches Klassifizierungsprinzip als Grundlage diene. Seine Quelltypen werden dabei vorwiegend nach den unterirdischen Wasserwegen gegliedert. Die Mineral- und Thermalquellen behandelt HÖFER-HEIMHALT (1912) gesondert, geordnet nach der chemischen Beschaffenheit des Wassers. Demgegenüber stellt KEILHACK (1912) fest, daß Mineralquellen und Thermen in jeder seiner Gruppen auftreten können und nur durch höhere Temperaturen und höhere Gehalte an bestimmten gelösten Stoffen und Gasen ausgezeichnete Abarten darstellen, die durch Übergänge mit den gewöhnlichen Quellen verbunden sind.

Eine weitere Differenzierung und Klassifizierung von Quellen mit neuen Namen bzw. Typenbezeichnungen bietet STINY (1933) (Tab. II) in seiner Monographie "Die Quellen". In dem Kapitel über die "Entstehung und Einteilung von Quellen" geht er von den verschiedenen Bedingungen des Zutagetretens von Grundwasser aus und weicht von der herkömmlichen Bezeichnung der Quellen mehr oder weniger ab. Trotzdem befaßt sich auch er eingehend mit den damaligen Bezeichnungen von Quelltypen und wertet sie nach dem Gesichtspunkt ihrer Anwendung in der Praxis der Wasserversorgung. Seine komplizierten



neugeschaffenen Namen können sich aber nicht durchsetzen. Bereits ein Jahr später stellen PRINZ & KAMPE (1934) im zweiten Band "Quellen" ihres Handbuches der Hydrologie eine weitere Systematik der Quellen (Tab. II) nach der Art der wasserführenden Schichten und der Ursache ihres Zutagetretens vor. Dabei unterscheiden diese beiden Autoren zwischen Quellen, die aus Grundwasser und solchen, die aus unterirdischem Wasser gespeist werden. Zu letzteren zählt neben Karstwasser auch Wasser in Spalten und Klüften des festen Gebirges. Damit wird deutlich, daß der Begriff Grundwasser hier noch auf das Porengrundwasser der Lockergesteine eingeengt ist. Weiters führen die beiden Autoren aus, daß das Schrifttum über Quellen zum großen Teil von Geologen stammt, die sich naturgemäß vor allem mit dem "Gefäß", in dem sich das Wasser sammelt und bewegt, also dem Grundwasserleiter befassen. Demgegenüber wollen sie als Hydrologen die Quellschüttung und die Qualität des Quellwassers stärker berücksichtigen.

Das letzte umfassende Klassifizierungssystem (Tab. III) in einem Lehrbuch der Hydrogeologie bietet THURNER (1967). Er legt dabei den Nachdruck auf die Art der Grundwasserleiter, aus denen Quellen alimentiert werden. Kurz zuvor werden bei WECHMANN (1964) und vor allem danach bei KELLER (1969) Klassifizierungssysteme nur mehr erwähnt bzw. darauf nur kurze Hinweise gegeben. Dafür werden aber einzelne Quelltypen beispielhaft und eingehend behandelt. WECHMANN (1964) hebt als Hydrologe das Schüttungsverhalten der Quellen hervor und gliedert diese danach in perennierende Quellen (dauernd fließend), periodische Quellen (jahreszeitlich fließend), episodische Quellen (gelegentlich fließend) und intermittierende Quellen (rhythmisch kurzzeitig fließend).

#### **4. Individuelle Charakterisierung von Quellen**

Einen Schlußstrich unter die Weiterentwicklung der Klassifizierungssysteme von Quellen in Lehrbüchern der Hydrogeologie ziehen sodann RICHTER & LILLICH (1975) mit folgender Feststellung: "Es gibt eine Fülle von Möglichkeiten für das Zustandekommen von Quellen. Bedenkt man, daß sowohl die Lagerungsverhältnisse von Grundwasserleitern als auch die Formen der Erdoberfläche ungemein vielfältig sind, und daß überdies die Wasserwegsamkeit der Gesteine sehr mannigfacher Art ist, so erscheint es wenig lohnend, die Quellen zu typisieren und systematisch zu ordnen." Danach stellen sie einige der wichtigsten Quelltypen als Beispiele vor. Auch HÖLTING (1980, 1984, 1989, 1992) geht ähnlich vor. Nach dem Hinweis auf frühere Einteilungen von Quellen werden Methoden zu statistischer Auswertung der Ganglinie von Quellschüttungen geboten. Auch hier geht es sohin um die individuelle Charakterisierung von Quellen.

MATTHESS & UBELL (1983) machen ebenfalls auf die unterschiedlichen Beurteilungskriterien von Quellen aufmerksam, führen die wichtigsten Quelltypen beispielhaft vor und verzichten auf eine nähere Darstellung der Klassifizierungssysteme, die sie wohl erwähnen. Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß nach Meinung dieser Autoren eine Klassifizierung von Quellen im Sinne eines umfassenden systematischen Ordnungssystems auf Grund der Vielfalt der Bauformen der Erdkruste nicht zielführend sein kann. Dazu kommt noch, daß mehrere Beurteilungskriterien (Eigenschaften der Quellen) für die Klassifizierung zur Verfügung stehen, die sich nicht in ein einziges System einfügen lassen. Aus diesen Gründen liegt es nahe, Quellen als Individuen zu behandeln und durch Erfassung ihrer wichtigsten Eigenschaften zu beschreiben bzw. zu charakterisieren. Die Verwendung der konventionellen Typenbezeichnungen - wie sie in nahezu allen Lehrbüchern der Hydrogeologie in größerer oder kleinerer Zahl zu finden sind - steht dem nicht entgegen, sondern vereinfacht in vielen Fällen die Beschreibung. Allerdings wäre in diesem Zusammenhang eine Vereinheitlichung und scharfe Definition der Typenbezeichnungen (Namen) von Quellen wünschenswert, wobei die ÖNORM B 2400 - Hydrologie Vorbild sein könnte.

Zur heutigen individuellen Charakterisierung von Quellen ist zu bemerken, daß durch die Isotopenhydrologie ein weiteres Beurteilungskriterium geboten wird. Es ist nun möglich, ein Modellalter des Quellwassers zu ermitteln bzw. festzustellen, ob es sich bei Quellschüttungen um die Mischung von Wasser unterschiedlichen Alters handelt.

Aus aktueller hydrogeologischer Sicht sollten daher zur Feststellung der Eignung einer Quelle für die Trinkwasserversorgung folgende Fakten, die gleichzeitig auch ihre hydrogeologische Charakterisierung ermöglichen, erhoben werden.

1. Die Quellschüttung (zumindest einjährige Ganglinien),
2. die chemisch-physikalische Beschaffenheit des Quellwassers (mehrere Trinkwasseruntersuchungen im Umfang der hygienischen Vorgaben unter Abstimmung auf die Schüttungsschwankungen),
3. die Form des Quellaustrittes, umfassend die Oberflächenform und Beschaffenheit des Untergrundes in der unmittelbaren Umgebung des Quellaustrittes (Quellortes),
4. die Beschaffenheit des Grundwasserleiters und seine Ausdehnung als Einzugsgebiet der Quelle,
5. das Alter des Quellwassers und die Höhenlage des Einzugsgebietes nach isotopenhydrologischen Untersuchungen,
6. die Bewegungsrichtung des Grundwassers (gespannter oder freier Grundwasserspiegel).

## 5. Phasen der Quellenhydrogeologie

Rückblickend lassen sich für den deutschsprachigen Raum aus Lehr- und Handbüchern der Hydrogeologie und Hydrologie folgende Phasen der systematischen, hydrogeologischen Untersuchung und Beschreibung von Quellen abgrenzen:

1. **Phase:** Mitte bis Ende 19. Jh., Bestandsaufnahme und Typisierung von Quellen nach hydrogeologischen Kriterien, Schaffung von zahlreichen Typenbezeichnungen.
2. **Phase:** Ende 19. Jh. bis Mitte 20. Jh., Gliederung von Quelltypen, Schaffung von Klassifizierungssystemen unter Verwendung bereits konventioneller Typenbezeichnungen.
3. **Phase:** Mitte des 20. Jh. bis heute, individuelle Charakterisierung von Quellen unter Verwendung der konventionellen Typenbezeichnungen. Es ist bisher weder eine Weiterentwicklung noch eine Vereinheitlichung der Klassifizierungssysteme zu bemerken. Die bestehenden werden kaum verwendet. Seit den Siebzigerjahren wird das Alter des Quellwassers in zunehmendem Maße zur Charakterisierung von Quellen herangezogen.

Zu den drei Phasen ist anzuführen, daß aus den herangezogenen Lehr- und Handbüchern der Hydrogeologie keine schärferen Grenzen ableitbar sind, da diese hierfür eine zu schmale Basis bilden. So stellt, wie bereits erwähnt, THURNER (1967) noch ein Klassifizierungssystem vor, als andere Autoren, wie z. B. WECHMANN (1964), bereits darauf verzichten.

Wie ALFARO & WALLACE (1994) berichten, wurden auch in Nordamerika zu Beginn des 20. Jh. mehrere Klassifizierungssysteme für Quellen entwickelt. So gliederte z.B. MEINZER (1923) die Quellen nach ihrer Größe, bezogen auf ihre mittlere Schüttung in 8 Klassen. Insgesamt ziehen ALFARO & WALLACE (1994) aus diesen Klassifizierungssystemen den Schluß, daß die Vielfalt der Klassifikationskriterien ein einheitliches und allumfassendes System verhindert haben. Diese Aussage steht sohin mit der Meinung von RICHTER & LILLICH (1975) in Einklang.

Zweifellos haben aber die Bemühungen um eine einheitliche Klassifizierung von Quellen viel zur Aufklärung der Ursachen für den Austritt von Quellen sowie die Lage und Ausdehnung ihrer Einzugsgebiete beigetragen. Eine Notwendigkeit, diese Klassifizierungssysteme in ein einheitliches System überzuleiten und dieses dann auch anzuwenden, ist aber zur Zeit nicht zu erkennen. Eine Vereinheitlichung der Typenbezeichnungen (Schichtquelle,

Schichtgrenzquelle etc.) mit einer genormten Definition erscheint demgegenüber angebracht. Dabei wären auch die Typenbezeichnung in anderen Sprachen, insbesondere im Englischen, zu berücksichtigen und auf die Vergleichbarkeit bzw. Übereinstimmung der Typen zu achten.

## 6. Flächendeckende Quellaufnahmen

Heute bietet die Computertechnik, wie ALFARO & WALLACE (1994) aufzeigen, die Möglichkeit zu einer flächendeckenden und alle Kriterien umfassenden Bestandsaufnahme von Quellen. Dabei kann von der Lage und Schüttung über die geologischen Verhältnisse einer Quelle bis zu den Eigentumsverhältnissen und der Nutzung alles erfaßt und verknüpft werden. Auch die Berücksichtigung von alten Klassifikationssystemen ist dabei möglich.

Sicherlich bietet die Datenverarbeitung nunmehr Möglichkeiten, Quellen sowohl lagemäßig als auch bezüglich ihrer Eigenschaften so zu erfassen, daß sie hydrogeologisch beschrieben und nach ihrer Eignung für die Wasserversorgung beurteilt werden können.

Ein besonderes Interesse an der Lage und Verteilung sowie Größe und Wasserqualität von Quellen hat in Zusammenhang mit der Sicherung der Wasserversorgung die wasserwirtschaftliche Planung (gemäß § 54 WRG 1959 i.d.g.F.). Von dieser wurde z.B. in der Steiermark mit der flächendeckenden Kartierung von Quellen bereits im Jahr 1970 im Koralpengebiet begonnen. Ziel dieser Arbeit war es, geeignete Quellen für die Trinkwasserversorgung im angrenzenden Steirischen Tertiärbecken - einem Wassermangelgebiet - ausfindig zu machen. Die Kartierungsergebnisse sind in einem Quellkataster zusammengefaßt, der sich bei dieser Dienststelle befindet und über dessen Aufbau, Umfang und Inhalt PLASS (1996) und ZETINIGG (1996) berichten. Die Arbeiten wurden sukzessive auf andere Landesteile, auch Karstgebiete, ausgeweitet und erfassen heute ca. 20% der Landesfläche.

Die Kartierung der Quellen ist bezüglich der Quellschüttung nur eine "Momentaufnahme" und läßt daher keine Aussagen über die Schüttungsschwankungen zu. Sie kann nach ZETINIGG (1996) daher vor allem nur Grundlage für die Auswahl von Quellen für die Dauerbeobachtung sein. Nach Fertigstellung der Quellaufnahme des Koralpengebietes wurde von BERNHART et al. (1981) versucht, durch statistische Auswertungen und Vergleich der Quellschüttungen mit den mehrmals gemessenen Abflüssen in den Bächen bzw. mit der Abflussspende kleiner Einzugsgebiete Bereiche auszuscheiden, die mehrere Quellen mit günstigen Schüttungsverhalten aufweisen, um dort mit weiteren Untersuchungen für die Trinkwasserversorgung anzusetzen.

Um auch für die Niederen Tauern Möglichkeiten zur Beurteilung des Quellwasserangebotes zu erhalten, wurde das Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung (Joanneum Research) - dessen Leiter Walter Gräf ist - von der wasserwirtschaftlichen Planung bereits 1987 beauftragt, ausgewählte Teileinzugsgebiete einer Quellkartierung und Untersuchung zu unterziehen, die heute noch läuft bzw. mit einer wasserwirtschaftlichen Beurteilung in ca. zwei Jahren abgeschlossen werden soll. Im Zuge dieser Arbeit wurde festgestellt, daß sich die größten Quellen dieses Gebietes im Stirnbereich von Blockgletschern befinden. Diese Quellen wurden daher von UNTERSWEIG & SCHWENDT (1995) als "Blockgletscherquellen", also als ein eigener Quelltyp beschrieben. Es zeigt sich also, daß großflächige systematische Quellkartierungen und Untersuchungen in Gebieten, die hydrogeologisch im Detail noch nicht oder kaum bearbeitet sind, auch bei Quellen noch nicht erfaßte Varianten finden lassen.

Die Darlegungen über flächendeckende systematische Quellkartierungen in Verbindung mit Computertechnik machen es notwendig, diese aus der dritten Phase der hydrogeologischen Behandlung von Quellen besonders hervorzuheben.

Auf die Parallelen zu den Ausführungen von ALFARO & WALLACE (1994) über die Bestandsaufnahme von Quellen soll besonders hingewiesen werden. Die flächendeckende Kartierung hat sich bei uns aus den praktischen Bedürfnissen der Wasserwirtschaft ab den Siebzigerjahren entwickelt. Nur durch eine derartige Vorgangsweise mit Verwendung geographischer Informationssysteme ist es in rationeller Weise möglich, Beweissicherungen bei Großbauvorhaben (z.B. Tunnelbau, Straßenbau) oder die Auswahl von Quellen für die Trinkwasserversorgung zu bewerkstelligen. Bei derartigen Bestandsaufnahmen (Quellkartierungen) ist die Verwendung von Typenbezeichnungen für Quellen durchaus hilfreich. Die Notwendigkeit eines umfassenden Klassifizierungssystems mit Einordnung aller Quelltypen ist aber auch hier nicht zu erkennen.

## **7. Quellmessungen durch den hydrographischen Dienst**

Erst mit der Novellierung des Hydrographiegesetzes im Jahr 1987 (BGBl. Nr. 317/1987) wurde die Beobachtung von Quellen als Aufgabe des hydrographischen Dienstes eindeutig festgelegt. Mit der Wasserrechtsnovelle 1990 (BGBl. Nr. 252/1990) wurden die Quellen auch in die Erhebung der Wassergüte einbezogen. Ob diese späte Einbeziehung der Quellen in die systematische Dauerbeobachtung von hydrographischen oder finanziellen Gründen abhängig war, soll dahingestellt bleiben.

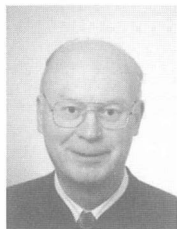
Über die Einrichtung und Zielsetzung dieser Quellbeobachtung berichtet FABIANI (1996) ausführlich. Für die Beobachtung sollen Quellen ausgewählt werden, deren Einzugsgebiete sich geologisch, morphologisch und klimatologisch unterscheiden. Darüber hinaus soll es sich auch um verschiedene Quelltypen handeln. Dies bedeutet aber, daß die Auswahl der Quellen für die Dauerbeobachtung umfangreiche Voruntersuchungen erfordert. Dafür kann die flächendeckende Quellkartierung der wasserwirtschaftlichen Planung als Ausgangsbasis dienen. Auch dabei können sich die Typenbezeichnungen zur Charakterisierung von Quellen vereinfachend und hilfreich auswirken. Umfassende Klassifizierungssysteme scheinen auch hierbei nicht erforderlich zu sein.

## 8. Literaturverzeichnis

- ALFARO, C. & WALLACE, M. (1994): Origin and classification of springs and historical review with current applications. - *Environmental Geology*, 24, S. 112-124, Springer, Berlin
- BERNHART, L. et al. (1981): Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 5. Teil, Ökologie, Morphologie, Quellaufnahmen, Abfluß, Auswertung. - *Berichte d. wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd. 57, Graz.
- FABIANI, E. (1996): Systematische Quellbeobachtung des Hydrographischen Dienstes in der Steiermark. - *Berichte d. wasserwirtschaftl. Planung*, Bd. 79/I, S. 45-84, Graz.
- HAAS, H. J. (1895): Quellenkunde, Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers. - *Verlagsbuchhandlung v. J.J. Weber*, Leipzig.
- HÖFER-HEIMHALT, H. (1912): Grundwasser und Quellen. Eine Hydrogeologie des Untergrundes, Vieweg u. Sohn, Braunschweig.
- HÖLTING, B. (1992): Hydrogeologische Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. - (1. Aufl. 1980, 2. Aufl. 1984, 3. Aufl. 1989, 4. Aufl. 1992, 5. Aufl. 1996), Enke, Stuttgart.
- KEILHACK, K. (1912): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. - *Bornträger*, Berlin.
- KELLER, G. (1969): Angewandte Hydrogeologie. - *Verl. Wasser u. Boden*, Hamburg - Blankenese.
- LERSCH, B. M. (1870): Hydro-Physik oder Lehre vom physikalischen Verhalten der natürlichen Wässer, namentlich von der Bildung der kalten und warmen Quellen. - 2. Aufl. (Neuausgabe durch Zusätze vermehrt), *Verl. A. Henry*, Bonn.
- MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie - Grundwasserhaushalt. - *Lehrbuch der Hydrogeologie*, Bd. 1, Gebr. Bornträger, Berlin - Stuttgart.

- MEINZER, O. E. (1923): Outline of groundwater hydrology with definitions. - US Geol. Survey, Water Supply Paper 494, Washington D.C.
- PLASS, N. (1996): Der Quellkataster der Steiermark, zusammenfassende Darstellung. - Berichte d. wasserwirtschaftl. Planung, Bd. 79/II, Graz.
- PRINZ, E. & KAMPE, R. (1934): Quellen (Süßwasser- und Mineralquellen). - Handbuch der Hydrologie, 2. Bd., Springer, Berlin.
- RICHTER, W. & LILLICH, W. (1975): Abriß der Hydrogeologie. - Schweizerbarth, Stuttgart.
- STINY, J. (1933): Die Quellen: Die geologischen Grundlagen der Quellenkunde für Ingenieure aller Fachrichtungen sowie für Studierende der Naturwissenschaften. - Springer, Wien
- THURNER, A. (1967): Hydrogeologie. - Springer-Verl., Wien - New York.
- UNTERSWEIG, TH. & SCHWENDT, A. (1995): Die Quellen der Blockgletscher der Niederen Tauern. - Berichte der wasserwirtschaftl. Planung. - Bd. 78, Graz.
- WECHMANN, A. (1964): Hydrologie. - Oldenbourg, München - Wien.
- ZETINIGG, H. (1996): Die systematische Kartierung von Quellen in der Steiermark und der Quellkataster der wasserwirtschaftlichen Planung. - Berichte d. wasserwirtschaftl. Planung, Bd. 79/I, S. 3-43, Graz.

Anschrift des Verfassers:



Hofrat Univ.-Doz. Dr. Hilmar Zetinigg  
Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
Fachabteilung III a – Wasserwirtschaft  
Stempfergasse 7, 8010 Graz

## Tabelle I

### Einteilung der Quellen nach KEILHACK (1912)

1. Absteigende Quellen
  - a) Quellen durch Profilverengung im Wasserträger
  - b) Quellen durch natürliche Endigung des Wasserträgers
  - c) Schichtquellen, an durch Erosion herbeigeführten Endigungen des Wasserträgers
  - d) Überfallquellen
  - e) Stau- oder Barrierenquellen
  - f) Spaltenquellen
  - g) Verwerfungsquellen

Als Anhang betrachten wir die intermittierenden Quellen.

2. Aufsteigende Quellen
  - a) Quellen durch hydrostatischen Druck
    - Schichtquellen
    - Verwerfungsquellen
  - b) Quellen durch Auftrieb mittels Gasen
    - durch Wasserdampf
    - durch Kohlensäure
    - durch Kohlenwasserstoff

### Einteilung der Quellen nach HÖFER-HEIMHALT (1912)

- I. Abfallende Quellen
  1. Gehängequellen
    - a) Gletscherquellen
    - b) Schuttquellen
    - c) Lavaquellen
    - d) Kalktuffquellen
    - e) Moorquellen
  2. Grundwasserquellen
  3. Schichtquellen
    - a) Grenzschichtquellen
    - b) Schichtfugenquellen
    - c) Flözquellen



4. Überfallquellen
  - a) Überfallquellen im engeren Sinn
  - b) Sackquellen
5. Höhlen- oder Karstquellen (Vauclusequellen, submarine Höhlenquellen, Stauquellen, Meermühlen)
6. Absteigende Spaltenquellen, Gipfelquellen
- II. Aufsteigende Quellen (hydrostatische Druckquellen)
  - a) artesische Schichtquellen
  - b) artesische Schichtverwurfquellen
  - c) Spaltenverwurfquellen

#### Mineralquellen

1. Thermen
2. Carbonatquellen oder Sauerlinge
3. Haloid- oder Solequellen
4. Sulfatquellen
5. Schwefelquellen
6. Radioaktive Quellen
7. Borquellen
8. Kieselsäurequellen
9. Salzsäurequellen

## Tabelle II

### Einteilung der Quellen nach STINY (1933)

1. Freifließende Quellen (Rieselquellen, Fließquellen = Auslaufquellen)
  - a) Grenzflächen-Fließquellen
    - Höhlen-, Röhren-, Schlauchquellen
    - Spaltquellen
    - Störungstreifenquellen
    - Lavaquellen
    - Haldenquellen
    - Gehängeschuttquellen
    - Schwemmkegelquellen
    - Gehängemoorquellen
    - Sinterquellen
  - b) Kerbquellen (Ritzquellen, Zapfquellen)
    - Verschneidungsquellen
    - Furchenquellen
    - Talquellen
    - Gerinnequellen
    - Prallstellenquellen
  
2. Überlaufquellen
  - Geländemuldenquellen
  - Kraterquellen
  - Baumuldenquellen
  - Grabensenkenquellen
  - Verwerfungsbarrenquellen
  - Sackquellen
  
3. Wallerquellen

Ruhedruckfließende Quellen, wallende Quellen, Waller, Steigquellen

  - a) Wallerquellen aus weiten Wasserbahnen
    - Aufwallende Spaltquellen
    - Aufsteigende Schlauchquellen
  - b) Wallquellen aus Verteiltgrundwasser in mehr oder minder geschlossenen Behältern
    - Kniefaltensteigquellen
    - Schenkelsteigquellen
    - Muldensteigquellen
    - Linsensteigquellen
    - Sacksteigquellen

- c) Wallquellen aus Verteiltgrundwasser  
in freien Körpern infolge Querschnittsverengung des Grundwasserkörpers
  - Spornquellen
  - Inselbergquellen
- 4. Besondere Quellen
  - Heberquellen (Aussetzende Quellen)
  - Stoßquellen (Springer)
  - Untertagquellen
  - Unterwasserquellen
  - Gasquellen
  - Gesundbrunnen und Heilquellen

#### Einteilung von Quellen nach PRINZ & KAMPE (1934)

1. Quellen, durch Grundwasser gespeist  
(Aquifer, Lockergestein, Grundwasser- oder Schuttquellen)
  - a) Qualmwasser (Grundwasserblänke)
  - b) Grundwasserquellen oder Grundwasseraufstöße
  - c) Schuttquellen
2. Quellen, durch unterirdische Wasserläufe gespeist  
(Aquifer, Festgestein, Kluft- oder Bergquellen sind nach Art ihrer Herkunft und ihres Austrittes so mannigfaltig, daß sie sich in ein System kaum einordnen lassen. "Jede Quelle ist ein Einzelwesen für sich".)
3. Quellen unterschieden nach der Art ihres Zutagetretens
  - a) Schichtquellen
  - b) Stauquellen
  - c) Überlauf- oder Überfallquellen
  - d) Spaltenquellen
  - e) Verwerfungsquellen
  - f) absteigende und aufsteigende Quellen  
(nach der Bewegungsrichtung des Wassers)
4. Scheinbare Quellen
  - a) Karst- oder Vaclusequellen
  - b) Flußschwinden und Flußkimmen

5. Besondere Quellarten

- a) Zeitweilige oder intermittierende Quellen
- b) Submarine Quellen
- c) Artesische Quellen
- d) Moorquellen
- e) Künstliche Quellen
- f) Neue Quellen

## Tabelle III

### Einteilung der Quellen nach THURNER (1967)

#### I. Wasser und Quellen in Hartgesteinen

1. Wasser in Klüften, Spalten, auf Schichtflächen und Karsthohlräumen
  - a) Wasser in Klüften und Spalten (Kluft- und Spaltenquellen)
  - b) Wasser auf Schichtflächen (Schichtquellen, Schichtstauquellen, Grenzflächenquellen)
  - c) Rutschflächenquellen
  - d) Wasser in Karsthohlräumen (Karstquellen)
  
2. Wasser in unterirdischen Wasserwegen, die mit Lagerungsformen in Verbindung stehen
  - a) Wasser in Zerrüttungstreifen (Zerrüttungstreifenquellen)
  - b) Wasser in Bruch- und Verwerfungszonen (Bruch- und Verwerfungsquellen)
  - c) Wasser in gefalteten Schichten
    - Wasser in Falten
    - Überfließquellen aus schüsselförmigen Mulden
    - Überfließquellen in Mulden mit Längsachsen
  - d) Aufsteigendes Wasser (Wallerquellen)
    1. Aufsteigende Schlauchquellen
    2. Aufwallende Spaltquellen
    3. Verwerfungswaller
    4. Schichtstauwaller
    5. Grundwasserwaller in Lockergesteinen

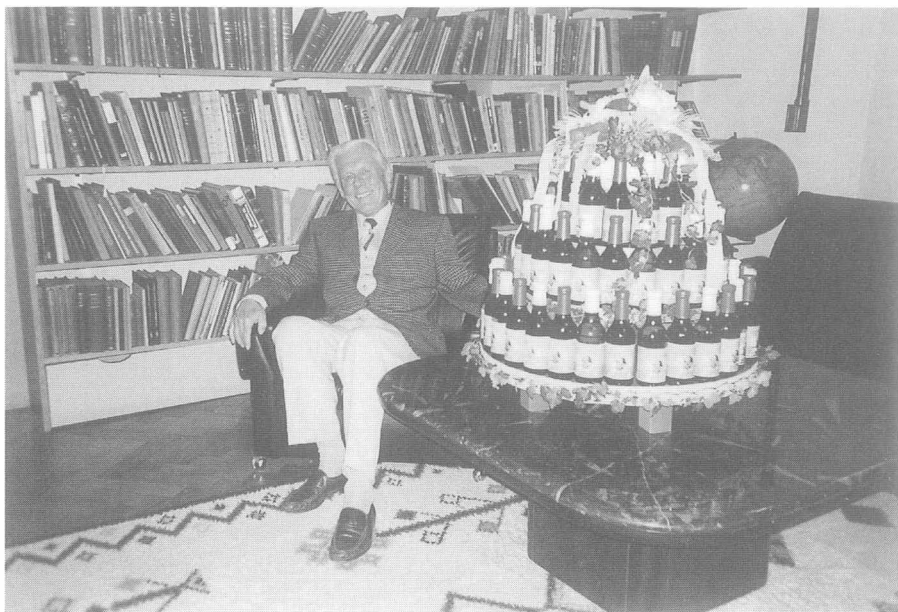
#### II. Wasser in Lockergesteinen (spezielles Grundwasser oder Porengrundwasser)

1. Porengrundwasser mit einem Grundwasserspiegel
2. Porengrundwasser ohne Grundwasserspiegel
  - a) Wasser in Verwitterungs- und Gehängeschutt (Hangschuttquellen)
  - b) Wasser in Schutthalden (Schutthaldenquellen)
  - c) Schuttkegelquellen
  - d) Bergsturzquellen
  - e) Talschuttquellen
  - f) Moränenschuttquellen

### III. Wasser mit verschiedenen Wasserwegen

1. Kombinierte Quellen (Folgequellen)
2. Quellen nach morphologischen Gesichtspunkten
  - Hangkerbquellen
  - Verschneidungsquellen
  - Furchenquellen
  - Muldenquellen
  - Windungsquellen (Schleifenquellen)
  - unechte Windungsquellen
  - Sumpf- und Moorquellen
  - Sinterquellen
3. Quellen mit volkstümlichen Namen

(Heilwässer werden besonders behandelt.)



Walter Gräf, 29. Oktober 1998

