

# EIN BEITRAG ZUR FAZIES DER PREBICHLSCHICHTEN ZWISCHEN ST. JOHANN I.T. UND LEOGANG (TIROL/SALZBURG)

von V. Stingl\*)

mit 2 Tab., 9 Abb. und 1 Fototaf.

## Zusammenfassung

Die bis zu 800 m mächtigen permischen Klastika können aufgrund der lithologischen Ähnlichkeiten mit den altersgleichen Serien im Osten Österreichs als "Prebichlschichten" im Sinne einer Formation zusammengefaßt werden. Sie liegen zwischen St. Johann i.T. und Leogang mit sedimentärem Kontakt auf dem verkarsteten devonischen Spielbergdolomit der Nördlichen Grauwakkenzone. Die ins Unterrotliegende zu stellende Basisbreccie stellt den lokalen Hangschutt des Dolomits dar. Im hangenden Abschnitt der Breccie macht sich aquatischer Einfluß in Form von Rinnenrückstandssedimenten bemerkbar. Über der Breccie folgt der geringmächtige Spielbach-Tonschiefer (Unterrotliegend), der als lakustrin interpretiert wird. Als Folge der Saalischen Phase werden die Quarzporphyrgerölle führenden, quarzreichen Konglomerate und Sandsteine des Spielberglkonglomerats. (Oberrotliegend-Zechstein) sedimentiert. Aufgrund der Sedimentstrukturen wird diese grobklastische Fazies als Produkt ephemeraler, verzweigter Rinnensysteme auf einem alluvialen Schuttfächer angesehen. Lateral verzahnt mit den Konglomeraten der Mühlbach-Tonschiefer, eine tonig dominierte Abfolge mit wenigen Sandsteineinschaltungen. Diese stellt eine Playa-Schwemmebene dar, in die das Material durch unkanalisierte Schichtfluten (sheet flows) eingebracht wurde. Als wichtigste Argumente für eine Playa werden die Einbindung in einen kontinental-terrestrischen Rahmen, die oxydierenden Bedingungen, die fehlenden Anzeichen für Gezeiten und Strömungen, Bodenbildungen, sowie die sporadischen Gipsvorkommen genannt.

Den im Profil Spielbach beobachteten fining-upward-Megazyklen wird eine jeweils kurzfristige Wiederbelebung des Hinterlandes oder eine Absenkung des Sedimentationsraumes zugrunde gelegt.

---

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. Volkmar Stingl, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, Universitätsstraße 4/II, A-6020 Innsbruck, Austria.

## Summary

The Permian "Prebichl-Formation" between St. Johann i.T. and Leogang reaches up to 800 m in thickness. It overlies the karstified Devonian "Spielberg-dolomite" with sedimentary contact. The "Basisbreccie" (basal breccia, Lower Rotliegendes) represents the talus cones of the dolomite. Channel-lag-deposits show the fluvial influence in the upper part of the breccia. The breccia is overlain by the thin "Spielbach-shale" (Lower Rotliegendes), which is interpreted as lacustrine sediment. The "Spielberg-conglomerate" (Upper Rotliegendes and Zechstein) is the product of ephemeral braided rivers, which dissected the surface of an alluvial fan. Laterally the conglomerates are interconnected with the "Mühlbach-shale", a clay-dominated sequence with rare sandstone interlayers. The fine-grained sediments were laid down on a playa-mudflat. The sediment was supplied by unchannelized sheet flows. Following features are considered to be the most important for a playa interpretation: the continental depositional framework, the oxidizing conditions, the lack of indicators for tides and currents, pedogenesis and the occurrence of gypsum. The fining-upward megacycles in the Spielbach section are caused by short phases of tectonic rejuvenation of the hinterland or the sedimentation area.

## Inhalt

### Einleitung

- Profile: 1. Spielbach  
2. Bürglkopf  
3. Krotenbach  
4. Mühlbach

- Sedimentgefüge: 1. Basisbreccie  
2. Spielbach-Tonschiefer  
3. Spielberg-Konglomerat  
4. Mühlbach-Tonschiefer

- Interpretation: 1. Basisbreccie  
2. Spielbach-Tonschiefer  
3. Spielberg-Konglomerat  
4. Mühlbach-Tonschiefer

### Megazyklen

### Literatur

## EINLEITUNG

Die Permoskythsedimente im östlichen Tirol ziehen in einem breiten Streifen von Wörgl im W bis in den Salzburger Raum. Im N werden sie von der Mitteltrias der Nördlichen Kalkalpen überlagert, gegen S ist der ursprünglich sedimentäre Verband mit der Nördlichen Grauwackenzone durch tektonische Überarbeitung weitgehend verwischt, was frühere Bearbeiter (HEISSEL, 1957) an einem primären Zusammenhang von Grauwackenzone und Permoskyth zweifeln ließ. Vereinzelt ungestörte Aufschlüsse der Auflagerung, sowie das untergrundbezogene Geröllspektrum des basalen Permoskyth belegen jedoch eindeutig einen sedimentären Kontakt.

Die lithostratigraphische Gliederung der fossilleeren, bunt zusammengesetzten Klastika von CATHREIN (1886) ist durch spätere Bearbeiter (z.B. BARNICK, 1962; EISBACHER, 1963; MOSTLER, 1972 a) immer wieder im wesentlichen bestätigt worden. Vor allem MOSTLER (1972 a) hat in einer grundlegenden Arbeit die mögliche Ausgliederung von fünf kartierbaren Einheiten verdeutlicht und diese auch zeitlich einstuft können.

TOLLMANN (1976) übernahm die Gliederung von MOSTLER und führte für die permischen Anteile der Sedimente im Raum zwischen Schwaz und Hochfilzen den Terminus "Hochfilzener Schichten" ein, wobei er die unterrotliegende Basalbreccie als "Hochfilzener Liegendserie" bezeichnet und die mächtige Konglomerat-Sandstein-Tonschieferfolge als "Hochfilzener Hangendserie" zusammenfaßt. Als Kriterium für die Einführung dieses Begriffes führt TOLLMANN (1976) nur an, daß es sich um klastische Flachwasserbildungen des Perm handeln soll (im Gegensatz zu den rein terrestrischen Bildungen des Alpiner Verrucano und der basalen Prebichlschichten), wobei aus der Diagnose nicht klar zu erkennen ist, um welches Milieu es sich dabei handelt. Die lithologische Entwicklung jedenfalls gleicht jener der Prebichlschichten, die nach SOMMER (1972) in ein "Basiskonglomerat" (Konglomerate und Breccien aus Lokalschutt der Grauwackenzone) und das "Prebichlkonglomerat" (Quarkonglomerate) gegliedert werden können. Ins Hangende nimmt der Anteil an Sandsteinen und Tonschiefern zu, bis diese allmählich in die Werfener Schichten übergehen.

Selbst TOLLMANN (1976) erwähnt die auffallenden Gemeinsamkeiten seiner "Hochfilzener Schichten" mit den "Prebichlschichten". Eine völlige Analogie ist ja wegen der variablen Bildungsbedingungen in einem terrestrischen Environment sowie der unterschiedlichen Lithologie der Liefergebiete nicht zu erwarten.

Aufgrund der großen Ähnlichkeiten der beiden klastischen Abfolgen, auf die u.a. auch schon SCHWINNER (1929) hingewiesen hat, wird in dieser Arbeit der Bezeichnung "Prebichlschichten" (SCHWINNER, 1929) der Vorzug gegeben. Der Name "Prebichlschichten" ist dabei als lithologische Einheit im Rang einer Formation zu verstehen, deren Unterteilungen dementsprechend etwa der Rang eines Members zukommen würde.

Die Gliederung der Prebichlschichten (Abb. 1) zwischen St. Johann i. T. und Leogang stützt sich völlig auf jene von MOSTLER (1972 a). Die Basisbreccie wird von den basalen Tonschiefern (hier Spielbach-Tonschiefer, nach dem mächtigsten Vorkommen im oberen Spielbach bei der Huber-Alm) überlagert. Diese beiden Einheiten sind nach MOSTLER (1972 a) und eigenen Aufnahmen ins Unterrotliegend zu stellen. Das erste Auftreten von Quarzporphyruschutt in polymikten Konglomeraten markiert die Untergrenze des Oberrotliegend.

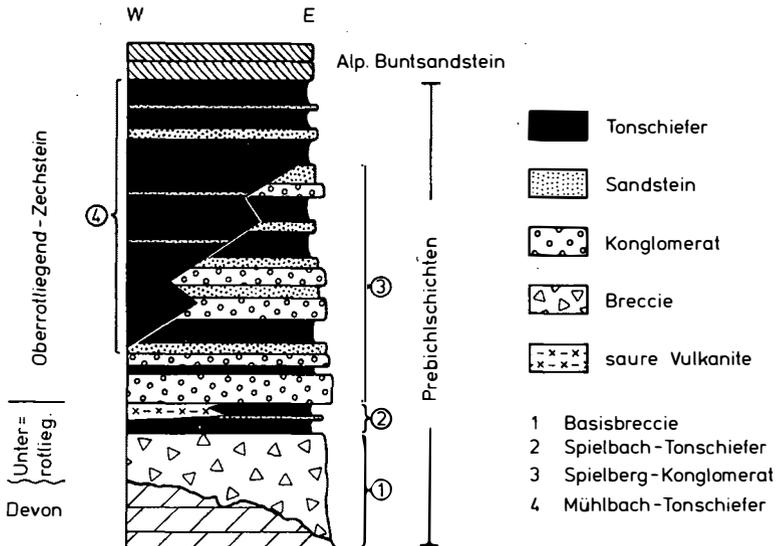


Abb. 1: Schematisiertes Idealprofil der Prebichschichten zwischen St. Johann in Tirol und Leogang

Die über den Spielbach-Tonschiefern einsetzende Abfolge von Konglomeraten und Sandsteinen, untergeordnet Tonschiefern, die den E des behandelten Gebietes beherrscht, wird in dieser Arbeit als Spielberg-Konglomerat bezeichnet. Die im W dominierende tonige Fazies des Oberperm wird vorläufig als Mühlbach-Tonschiefer zusammengefaßt. Die beiden letzten Einheiten lassen einen lateralen Fazieswechsel erkennen, d.h. sie stellen z.T. zeitliche Äquivalente dar. Zeitlich umfassen das Spielberg-Konglomerat und die Mühlbach-Tonschiefer wahrscheinlich das gesamte Oberrotliegend und den Großteil des Zechstein (siehe MOSTLER, 1972 a), wo sie dann vom Alpinen Buntsandstein abgelöst werden.

Die vorliegende Arbeit behandelt den Bereich zwischen St. Johann i. T. im W und Leogang (Salzburg) im E. Die Prebichschichten wurden profilmäßig erfaßt und erstmals einer faziellen Interpretation anhand von sedimentologischen Untersuchungen unterzogen. Die vier bearbeiteten Profile sind die besterschlossenen in diesem Gebiet und liegen lateral jeweils 4-5 km voneinander entfernt. Über die Lage der Profile gibt Abb. 2 Aufschluß.

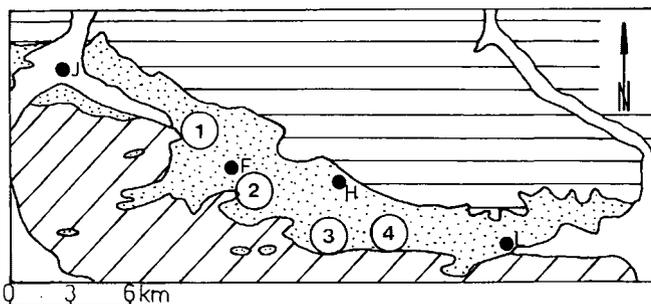


Abb. 2: Permoskyth zwischen St. Johann und Saalfelden  
 Horizontale Schraffur: Nördliche Kalkalpen, schräge Schraffur:  
 Nördliche Grauwackenzone, punktiert: Permoskyth.  
 J = St. Johann, F = Fieberbrunn, H = Hochfilzen, L = Leogang  
 1 - Profil Mühlbach, 2 - Profil Krotenbach, 3 - Profil Bürglkopf,  
 4 - Profil Spielbach

## Profile

### 1. Spielbach (Abb. 3)

Die Aufschlüsse befinden sich im oberen Teil des Spielbachgrabens, der knapp E' des Grießen-Passes mündet. Die Basis beginnt bei 1600 m SH N' des Kuhfeldhörndls, von wo das Profil im Graben bis 1200 m herab zu verfolgen ist. Ab hier wurden durch eine Forststraße neue, gute Anrisse geschaffen. Die Mächtigkeit beträgt hier ca. 750 m von der basalen Auflagerung bis zum Alpenen Buntsandstein.

## Beschreibung der Sedimente

Die Basis im Profil Spielbach bilden Dolomitbreccien (Einheit 1: MOSTLER, 1972; "Hochfilzener Basalbreccie": TOLLMANN, 1976), die dem Spielbergdolomit des Spielberghorns direkt auflagern. Die Oberfläche des Spielbergdolomits zeigt ein ausgeprägtes Erosionsrelief, Karstschlächte mit rotem, tonig-dolomitischem Material greifen einige Zehnermeter weit in den Untergrund. Die Breccien bestehen ausschließlich aus eckigen bis kantengerundeten, hellgrauen und selten rosafarbenen Komponenten des unter- bis mitteldevonischen Dolomits.

Während die Basis noch grobblockig ausgebildet ist, herrschen im Großteil der Breccie Korngrößen zwischen 5 und 10 cm vor. Eine Schichtung oder Bankung ist auf 100 m Mächtigkeit nicht entwickelt, ebenso fehlt eine Regelung der Gerölle.

Die Zwickelräume werden von einer roten, tonigen Grundmasse eingenommen, die bei mikroskopischer Betrachtung neben Illit/Sericit noch kleine, maximal 0.5 mm große, eckige, undulöse Quarzeinkristalle führt. Polykristalliner Quarz zeigt deutlich metamorphen Charakter. Neben Biotit und Muskowit ist noch ein kleiner Anteil an Schwermineralen zu bemerken. Diagenetischen Ursprungs ist der Dolomitcement, der die detritische Matrix verdrängt und auch die Quarze schwach korrodiert. Der farbgebende Hämatit geht wahrscheinlich ebenfalls fast vollständig auf die Diagenese zurück.

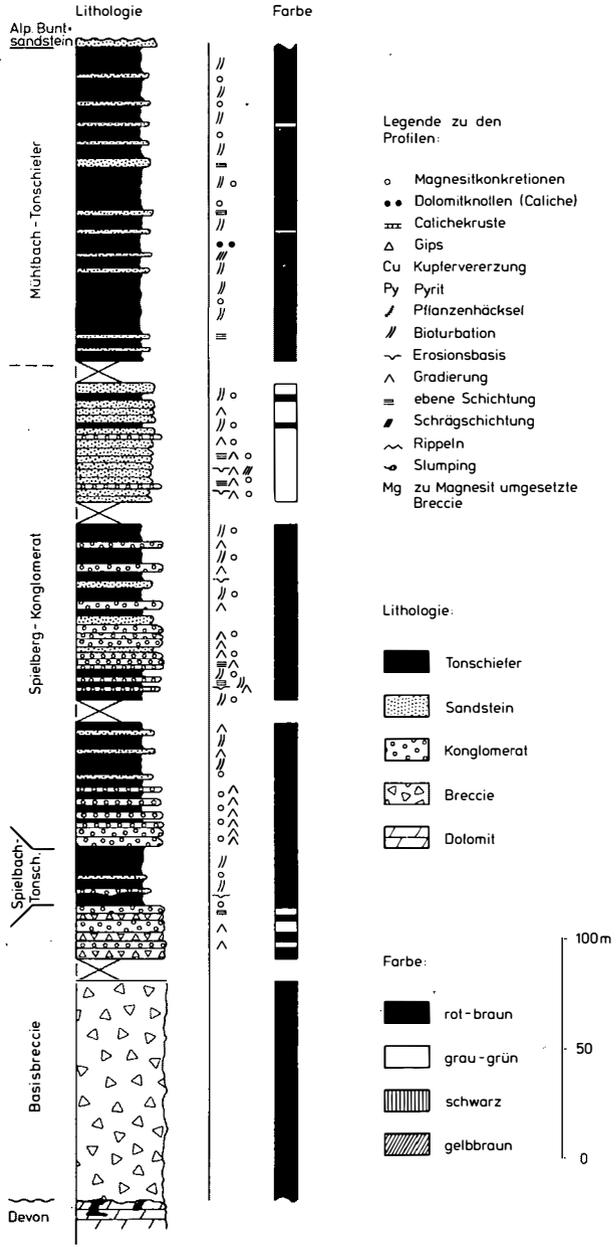


Abb. 3: Profil Spielbach

Nach einer größeren Aufschlußlücke folgt am Top der Breccien eine Wechsellagerung von Breccien und Konglomeraten. Die Breccien zeigen zwar immer noch dasselbe Bindemittel, der Geröllbestand ist jedoch schon besser sortiert und es bestehen alle Übergänge zu Konglomeraten mit seltenen gradierten Gefügen.

Die Konglomerate treten in m-mächtigen, dolomitisch gebundenen Bänken auf. Neben einer guten Sortierung und Rundung zeichnen sie sich durch Einregelung länglicher Komponenten aus. Auch fällt ein höherer Anteil von dunkelgrauen bis schwarzen Dolomiten auf.

Nach dem Ende der Schuttanlieferung ging die Ablagerung der roten, tonig-siltigen Sedimente weiter. Die folgende, ca. 20-25 m mächtige tonige Entwicklung entspricht der Einheit 2 von MOSTLER (1972 a). Sie zeigt wohl anfangs noch geringe Nachwirkungen der Brecciensedimentation als auch schon Anklänge an die folgende Konglomeratabfolge.

Die Breccienrekurrenzen äußern sich in einigen erosiv in die Tonschiefer einschneidenden Grobschüttungen mit scharfkantigem Dolomidetritus und resedimentierten Tongallen. Etwas höher finden sich Tonscherbenbreccien sowie Sandsteineinschaltungen. Einzelne Quarzgerölle bis zu 15 cm Durchmesser schwimmen in den Feinklastika. Die Tonschiefer erhielten durch starke Bioturbation ein flaseriges und fleckiges Aussehen.

Die darüber einsetzende Abfolge von Konglomeraten, Sandsteinen und Tonschiefern zeigt deutlich einen ausgeprägten zyklischen Aufbau. Die Kleinzyklen beginnen mit groben Konglomeraten mit sandiger Matrix, seltener mit kiesigen Grobsandsteinen. Eine Korngrößenabnahme ins Hangende ist meist gut ausgeprägt. Den Top bilden oft rote Feinsandsteine bis Tonschiefer, in höheren Teilen schon häufiger siltige Tonschiefer, wobei der Feinanteil mindestens dieselbe Mächtigkeit wie die der sandigen Konglomerate erreicht (Abb. 7).

Im Spielbach fällt eine mindestens dreimalige Wiederholung von Großzyklen auf, die jeweils eine Entwicklung von konglomeratischen Kleinsequenzen bis zu sandig-tonig dominierten Einheiten aufweisen. Auf die mögliche Ursache dieser zwischen 100 und 150 m mächtigen Megazyklen wird noch eingegangen.

Der anfangs noch hohe Anteil von Karbonatkomponenten in den Konglomeraten vermindert sich im Profil nach oben zusehends zugunsten einer Vormacht von Quarz- und Metamorphitkomponenten. Neben größeren roten und weißen Quarzen kommen auch grüne, feinschiefrige Fragmente, porphyroidähnliche Gerölle, Lydite, Quarzite, sowie aufgearbeitete Sandsteine und Tonschiefer zur Ablagerung, letztere offensichtlich aus der Aufarbeitung liegender Zyklen.

Von Beginn der Quarzkonglomeratschüttungen an sind in den Dünnschliffen kleine Komponenten von mikrokristallinem Quarz, teilweise mit Hämatit pigmentiert, zu beobachten, die vereinzelt noch größere, nicht undulöse Quarzfragmente oder umgesetzte Feldspäte führen. Sie stellen die Gerölle des permischen Quarzporphyrvulkanismus dar. Ein weiterer Hinweis auf den sauren Vulkanismus sind die spärlich vertretenen korrodierten Quarze mit geringer bis fehlender Undulosität.

Den fluviatilen Charakter der Ablagerungen belegen neben den gradierten Kleinzyklen noch kleindimensionale Rinnenfüllungen mit einer scharfen Erosionsbasis. Dachziegellagerung fehlt und nur äußerst selten konnte Schrägschichtung beobachtet werden. Ist überhaupt eine Schichtung erkennbar, dann handelt es sich meist um eben laminierte Lagen von Millimeterdicke, die durch Farbunterschiede (rot und grauweiß) hervortreten.

Die roten Silt- und Tonschiefer zwischen den grobklastischen Lagen sind fast durchwegs durchwühlt. Ungefähr ab Profilmittle schlägt die Sedimentfarbe in den Sandsteinen von rot plötzlich zu hellgrau bis grünlich um, nur die zwischengeschalteten Tonschiefer bleiben weiterhin rot. Der Konglomeratanteil ist in diesem Abschnitt schon wesentlich geringer als bisher.

Im höchsten Profilabschnitt setzen die Grobschüttungen völlig aus und feine, sehr matrixreiche Sandsteine, aber vor allem Silt- und Tonschiefer beherrschen das Bild. Die Sandsteineinschaltungen sind geringmächtig, aber lateral stark ausgedehnt. Ebene Lamination und selten Schrägschichtung sind die einzigen sedimentären Gefüge. Die Silt- und Tonschiefer haben ein kompaktes Aussehen und zeigen völlig unregelmäßige Bleichungsstellen von grünlicher Farbe. In einem Niveau treten helle, erdig verwitternde Dolomitkonkretionen von einigen Zentimetern Durchmesser auf, die sich deutlich von den im gesamten Profil vertretenen Magnesitkonkretionen unterscheiden (siehe Abb. 3).

Das erste Auftreten von sehr reifen Orthoquarziten bzw. eingekieselten Quarzsandsteinen über den i. w. aus Grauwacken bis Quarzwacken aufgebauten Prebichlschichten markiert den Sedimentationsumschwung im Oberperm.

## 2. Bürglkopf (Abb. 4)

Das Profil liegt am Ofenberg, an der NE-Flanke des Bürglkopfes, wo sich die Aufschlüsse erst in einem Seitengraben des Spielbergbaches verfolgen lassen und an einer Forststraße gegen N ihre Fortsetzung finden. Die Gesamtmächtigkeit von der Basis bis zum Buntsandstein beträgt ca. 500 m, wovon nur die tieferen 270 m fast vollständig aufgeschlossen sind.

### Beschreibung der Sedimente

Über einem tief eingreifenden Paläokarstrelief (Karstschlächte bis 40 m Tiefe mit rotem Material sind sichtbar, der Tiefgang ist aber sicher wesentlich größer) liegt die völlig untergrundbezogene Basisbreccie aus Komponenten von devonischem Spielbergdolomit in roter, tonig-dolomitischer Matrix. Die 20 m mächtige Breccie wird nach 10 m von einer Störungsfläche gequert, oberhalb welcher sämtliche Dolomitkomponenten in Magnesit umgesetzt sind.

Sie wird von einem ca. 15 m mächtigen Tonschieferkomplex überlagert, der massenhaft kleine Magnesitkonkretionen führt (Einheit 2: MOSTLER, 1972 a).

Die folgende, ca. 70 m umfassende Folge zeigt wie im Spielbach einen zyklischen Aufbau. Die Einzelzyklen stellen deutliche Rinnenfüllungen mit erosiver Basis und einem von Konglomeraten bis Sandsteinen, seltener bis Tonschiefern gradierten Sedimentinhalt dar (Tafel 1, Fig. 1). Die mäßig gerundeten Gerölle zeigen keine auffällige Einregelung; Sedimentstrukturen sind auf Gradierung und ebene Schichtung in manchen Sandsteinen beschränkt. Die Tiefe der Rinnen überschreitet nie 0.5 m, lateral erstrecken sie sich über wenige Meter.

Das Geröllspektrum wird von weißen bis rötlichen Quarzgeröllen metamorpher Herkunft beherrscht. Graue bis schwarze Dolomitkomponenten sind anfangs noch stärker vertreten, sind aber meist entweder zu Magnesit oder Fe-Karbonat (Siderit) umgestanden. Gegen das Hangende verringert sich der Anteil der Karbonate zugunsten der Quarzföhrung. Daneben treten vor allem in tieferen Teilen noch grüne und graue, z.T. phyllitische Schiefer auf. Selten sind Diabasgerölle zu finden. Einen nicht unwesentlichen Anteil stellen Resedimente (Orthoquarzite, Sandsteine und vor allem aufgearbeitete Tonschiefer). Der Feldspatanteil ist gering, vorwiegend sind Kalifeldspäte vertreten, von denen nur der Mikroklin relativ frisch erhalten ist. Orthoklas und Plagioklase zeigen Zerfallserscheinungen bis zu völliger Sericitisierung. Rote Quarzporphyrkomponenten sind immer wieder zu beobachten. Sie föhren in einer mikrokristallinen Quarzgrundmasse häufig Quarzeinsprenglinge, sericitisierte Feld-



Die roten Sandsteine werden von 70 m mächtigen, hellgrauen bis weißen Grobsandsteinen überlagert; rötliche Farben sind selten. Einschaltungen von mächtigen roten Tonschieferlagen sind zu bemerken. Auch in diesem Abschnitt schneiden sich öfters Feinkiesschüttungen rinnenartig ein, die eine Korngrößengradierung bis zu laminierten roten Feinsandsteinen zeigen können (Taf. 1, Fig. 2).

Der oberste aufgeschlossene, ca. 50 m mächtige Teil beinhaltet eine Wechsellagerung von hellen Grobsandsteinen mit roten, z.T. stark durchwühlten Tonschiefern. Letztere wurden auch von darübergreifenden Grobsand-schüttungen aufgearbeitet und in die Schichtung eingeregelt. Darüber folgt bis zum Buntsandstein eine schlecht aufgeschlossene, vorwiegend sandig-tonige rote Abfolge mit vereinzelt Konglomerateinlagerungen.

### 3. Krotenbach (Abb. 5)

Das Profil befindet sich im Graben neben der Sessellift-Talstation Lindau E' Fieberbrunn und läßt sich auf ca. 350 m Mächtigkeit gegen S verfolgen. Der Top des Profils liegt ca. 70-100 m unter dem Alpenen Buntsandstein, die Basis ist nicht aufgeschlossen. In einem Seitengraben gegen S hin ist zwar eine 200-300 m mächtige Tonschieferabfolge erschlossen. Da hier offensichtlich tektonische Komplikationen vorliegen und mit einer Verdoppelung der Schichtfolge zu rechnen ist, können diese Tonschiefer nicht ohne weiteres als Fortsetzung des Profils ins Liegende angesehen werden.

### Beschreibung der Sedimente

Die Schichtfolge beinhaltet vorwiegend rote Tonschiefer mit vereinzelt Sandsteineinschaltungen im Dezimeterbereich. Erst im hangenden Teil nimmt der Anteil an strukturlosen unreifen Quarzsandsteinen zu. Diese sind meist grau bis grünlich gefärbt, auch rote Typen kommen vor. Sedimentgefüge sind wahrscheinlich durch tektonische Überprägung verwischt.

In diesem Profil fallen mehrere Horizonte auf, die roten Gips führen. Dieser ist zwar meistens als Mobilisat in Klüftchen abgewandert, jedoch lassen kleine Gipsknollen im Sediment bzw. einmal das Auftreten des Gipses als Sandsteinzement eine Niveaugebundenheit erkennen (Taf. 1, Fig. 3). Der Gips tritt einerseits in roten Tonschiefern zusammen mit Magnesit und Quarz (letzterer wahrscheinlich als Verdrängungsrest aus dem Sediment) auf, andererseits kommt er, wie schon erwähnt, als Zement in grauen Sandsteinen vor. Ein drittes Vorkommen stellt eine Kluftmineralisation von Gips und Kupfererzen (Fahlerz und Kupferkies; SCHULZ & LUKAS, 1970) in gebleichten grauen Tonschiefern dar.

Ein weiterer auffallender Horizont sind ca. 1 m mächtige schwarze Tonschiefer mit deutlicher Pyritführung. Diese sowie die grauen Tonschiefer und Sandsteine wurden hinsichtlich ihrer Uranführung von SCHULZ & LUKAS (1970) beschrieben, die eine Bindung der Pechblende an Pflanzenreste feststellten und einen primären Wechsel von reduzierendem und oxydierendem Milieu annehmen.

Der Mineralbestand der feinkörnigen Sedimente wurde röntgendiffraktometrisch bestimmt und ist in Tabelle I zusammengestellt.

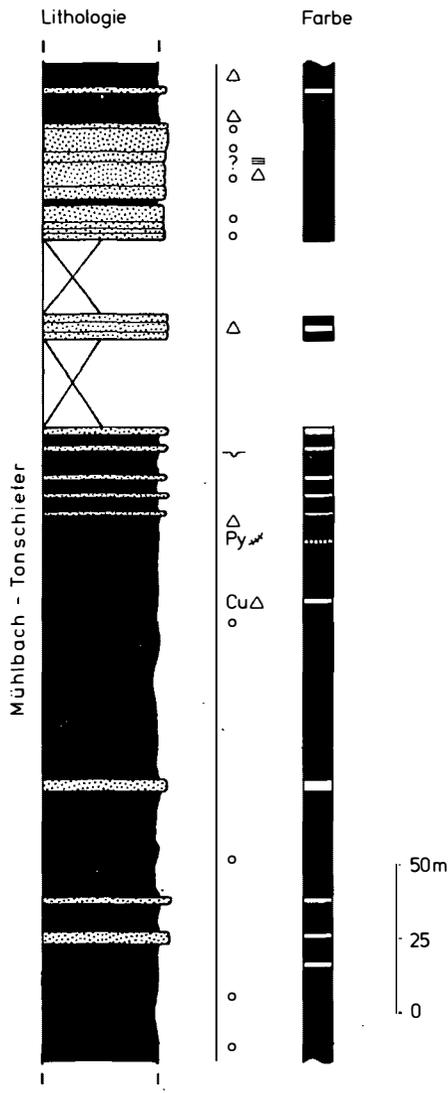


Abb. 5: Profil Krotenbach (Legende siehe Abb. 3)

	Qz	Mu	Chl	Plag	Kfsp	Mg	Häm	Gi	Py
KB 1 (T)	x	x	x		x	x	x		
KB 2 (S)	x	x						x	
KB 3 (T)	x	x	x					x	
KB 3a (T)	x	x	x	x		x	x		
KB 4 (T)	x	x	x	x					x
KB 5 (S)	x	x	x		x	x			
KB 6a (T)	x	x	x	x		x	x		
KB 6b (T)	x	x	x	x	x	x			

Tabelle I: Röntgendiffraktometrisch ermittelter Mineralbestand von Tonschiefern (T) und Sandsteinen (S), Krotenbach

#### 4. Mühlbach (Abb. 6)

Das Profil beginnt bei 780 m SH hinter den letzten Häusern von Winkel/Sonnseite E' St. Johann im Mühlbach und ist bis auf geringfügige Lücken bis zum Alpenen Buntsandstein durchgehend aufgeschlossen. Es handelt sich um 300 m vorwiegend roter Tonschiefer mit Einschaltungen von geringmächtigen Sandsteinen, die bevorzugt im oberen Profilverbereich auftreten. Die basalen Grobklastika sind nicht aufgeschlossen.

#### Beschreibung der Sedimente

Die ersten 50 m werden von grauen und grünen Farbtönen beherrscht, rot dominiert erst über diesem Teil. In den grünen Tonschiefern finden sich örtlich Pflanzenhäcksels, die in einzelnen Lagen angereichert sein können. Öfters ist auch diagenetisch neugebildeter Pyrit zu beobachten, einmal wird auch durch Malachitanflüge eine Kupfervererzung angezeigt. Die roten Tonschiefer zeigen häufig unregelmäßig bis lagig verteilte Magnesitkonkretionen, meist hohl und mit Aragonitkristallen ausgekleidet. Die grünen Typen führen zwar ebenfalls diese Konkretionen, hier sind sie aber oft schon herausgewittert, so daß nur Hohlräume mit einer chloritischen Wandung übrigbleiben.

Sofern eine Schichtung erkennbar ist, handelt es sich um ebene bis flaserige Ausbildung.

Nach ungefähr 100 m ist den Tonschiefern eine 3 cm mächtige Lage von gelbem, mürbem Dolomit (XRD-Bestimmung) zwischengeschaltet, die man als Caliche-Bildung auffassen könnte. Der Fe-hältige Dolomit ist kryptokristallin ausgebildet und führt noch kleine Quarzfragmente aus den umgebenden Klastika.

In den oberen 100 Profilm Metern schalten sich in die Tonschiefer öfters Sandsteine ein. Grobkörnige Varietäten dominieren über feinere. Die meisten Typen zeigen weiße, graue und grünliche Farben, rote Sandsteine treten fast völlig zurück. Die maximale Mächtigkeit dieser Einschaltungen liegt bei 1.5 m. Wo sie mit dünnen Tonschieferlagen wechsellagern, finden sich über diesen auch Aufarbeitungsprodukte derselben in den Sandsteinen.

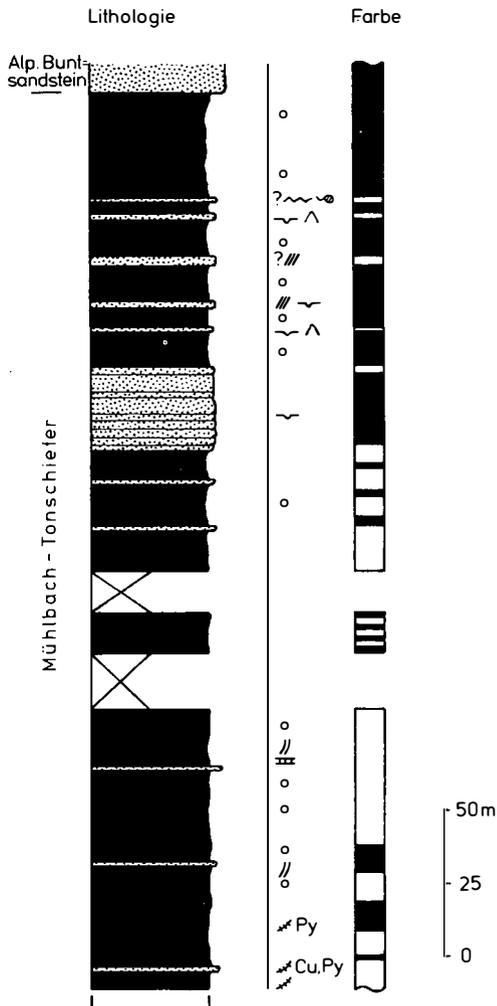


Abb. 6: Profil Mühlbach (Legende siehe Abb. 3)

Häufig sind die sandigen Bänke nur wenige Zentimeter dick und zeigen erosive Unterflächen, an der Oberseite werden sie scharf von Tonschiefern überlagert oder gehen durch Korngrößenabnahme in diese über. Interngefüge konnten, bis auf reliktsche Schrägschichtung in einem Einzelfall, nicht beobachtet werden (Taf. 1, Fig. 4). Die Bankoberflächen tragen sehr selten äußerst flache und kaum kenntliche Strömungsrippeln. Auffällig ist eine 1.5 m mächtige Einschaltung von weißem, grobem Quarzsandstein, die durch ihren kompakten Habitus von den übrigen Typen abweicht.

Die Zusammensetzung der Sandsteine (i.w. lithische Grauwacken bis Quarzwacken) wird von monokristallinem Quarz dominiert; polykristalliner Quarz metamorpher Abkunft und Quarzgerölle stellen die weiteren wesentlichen Bestandteile. An Feldspäten finden sich spärlich Kalifeldspäte und Plagioklas, wobei vor allem letzterer zum Großteil schon völlig sericitisiert vorliegt. Die Grundmasse besteht einerseits aus Sericit-Quarz-Zement, andererseits wird sie nur von Karbonatzement gebildet. Über die Mineralzusammensetzung der Tonschiefer gibt Tab. II Auskunft.

	Qz	Mu	Chl	Plag	Kfsp	Mg	Häm
MB 1	x	x			x	x	x
MB 2	x	x		x		x	x
MB 3	x	x	x	x	x		x
MB 4	x	x	x	x	x	x	
MB 5	x	x	x	x	x	x	x
MB 6	x	x	x	x	x		x

Tabelle II: Röntgendiffraktometrisch bestimmter Mineralbestand von Tonschiefern, Mühlbach

## Sedimentgefüge

### 1) Basisbreccie

Die Basisbreccie stellt einen völlig unsortierten Schuttkörper dar, dessen vorwiegend 5-10 cm große Komponenten höchstens schwache Kantenverrundung besitzen. Eine Schichtung bzw. eine Bankung ist im Großteil der Breccie nicht vorhanden, erst am Top finden sich linsige Einschaltungen von gut gerundeten Konglomeraten, deren Gerölle häufig eingeregelt sind und manchmal eine imbricate Lagerung andeuten können. Eine Korngrößenabnahme ins Hangende der Bänke ist ausgeprägt.

Auffallend ist, daß diese Konglomerateinschaltungen rein karbonatisch gebunden sind, während die Breccien von detritärem, tonig-dolomitischem Material verkittet werden und eine ausgeprägte bimodale Korngrößenverteilung besitzen.

### 2) Spielbach-Tonschiefer

Die roten Tonschiefer, die sich aus der Breccie herausentwickeln, zeigen starke Durchwühlung durch grabende Organismen. Die Grabgänge verlaufen willkürlich im Sediment. Eine Zerstörung der Schichtung wird auch teilweise durch das Wachstum der hier massenhaft auftretenden, mm-großen Magnesitkongkretionen herbeigeführt. Auffallend ist, daß der Magnesit oft an die Zwickel zwischen den Grabgängen gebunden ist und nie in den Gängen selbst zu finden ist.

Austrocknungserscheinungen, wie Trockenrisse, sind nirgends zu beobachten. Allerdings finden sich dm-mächtige Lagen von Tonscherbenbreccien.

Anfangs schalten sich noch kleine, m-breite Rinnen mit Erosionsbasis ein, die scharfkantigen Dolomitschutt in einer grobsandigen Matrix führen. Die Tiefe dieser Rinnen beträgt zwischen 10 und 20 cm. In höheren Teilen der Tonschiefer treten vereinzelt Lagen von gradierten Quarzkies- und -sandschüttungen auf, die im Aufschlußbereich keine Mächtigkeitsschwankungen zeigen. In den Tonschiefern selbst findet man hin und wieder isolierte übergroße Gerölle bis zu 15 cm Durchmesser.

### 3) Spielberg-Konglomerat

In den von Konglomeraten dominierten Profilen Spielbach und Bürglkopf findet sich eine größere Anzahl von Sedimentgefügen, die eine Aussage über das Environment erlauben. Fast alle Gefüge deuten auf starke Strömungsverhältnisse (upper flow regime). Das Fehlen von Anzeichen schwächerer Strömung ist wohl darauf zurückzuführen, daß diese beim raschen Nachlassen der Fließenergie nur geringmächtige Lagen am Top der Schüttungskörper bilden und durch nachfolgende hochenergetische Fluten erodiert werden (PICARD & HIGH, 1973).

In erster Linie sind die erosiv in den Untergrund eingreifenden Rinnen zu nennen, die mit grobklastischem, schlecht sortiertem Material verfüllt sind (Taf. 1, Fig. 1 und 2). Diese Rinnenfüllungen zeigen eine Abnahme der Korngrößen nach oben, wo sie von ungeschichteten oder eben geschichteten Sandsteinen bis Tonschiefern überlagert werden (Abb. 7). Eine deutliche Imbrication der groben Gerölle konnte nirgends beobachtet werden, was aber eventuell auf den Schnitteffekt zurückzuführen ist. Die Rinnen sind nämlich meist mehr oder weniger senkrecht zur Schüttungsrichtung angeschnitten, und eine Einregelung der Partikel geschieht in Fließrichtung, da die Lagerung mit flußaufwärts einfallenden Flächen die stabilste darstellt.

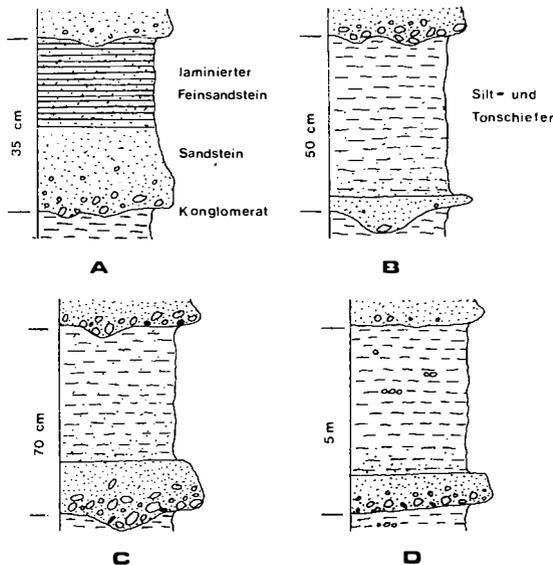


Abb. 7: Kleinzyklen im Spielberg-Konglomerat: A-C: basale Sequenzen (Rinnenfüllungen) aus den Megazyklen, D: hangende Abschnitte der Megazyklen

Die eben geschichteten Sandsteine zeigen hohe Fließgeschwindigkeiten und starke Strömungsbedingungen an. In einem fluviatilen System sind sie vor allem in Rinnenfüllungen vertreten (PICARD & HIGH, 1973).

Außerst selten kann man trogförmige Schrägschichtung (festoon cross-stratification, PICARD & HIGH, 1973) in dm-mächtigen Lagen im oberen Teil von sandigen Rinnenfüllungen erkennen. Sie ist ein Hinweis auf laterale Anlagerung bei mäßigen Strömungsgeschwindigkeiten im lower flow-regime (HARMS & FAHNESTOCK, 1977).

Die Rinnen mit ihren konglomeratischen bis grobsandig-kiesigen und nach oben gradierten Füllungen sind eindeutig fluviatilen Ursprungs, wobei das linsige Auftreten eine oftmalige und rasche Verlagerung der Rinnen anzeigt, und der gradierte Inhalt typisch für einen Wechsel der Strömungsbedingungen von hoher zu niedriger Energie ist. Im oberen Teil der grobklastischen Profilabschnitte wird der Top der Kleinzyklen öfters von roten Tonschiefern bis siltigen Tonschiefern, die eine starke Bioturbation aufweisen, aufgebaut. Die durch grabende Organismen verursachte Durchwühlung führte zur völligen Entschichtung der feinklastischen Ablagerungen. Die Grabgänge erreichen bis zu 0.5 cm Durchmesser und sind in keiner bestimmten Richtung orientiert. Verzweigungen wurden nicht beobachtet.

Nicht durchwühlte Tonschieferlagen lassen durch die tektonische Überarbeitung kaum Strukturen erkennen. Lediglich selten finden sich kleine, siltige bis feinsandige Flasern ohne Interngefüge. Die Untergrenze der Tonschieferlagen zu den grobklastischeren Ablagerungen ist großteils sehr scharf. Durch nachfolgende Grobschüttungen im Zuge der Verlagerung von Rinnen werden die roten, tonigen Sedimente teilweise erodiert und in Scherben bis zu mehreren Zentimetern Größe in diese eingearbeitet, was voraussetzt, daß die Tone zur Zeit der Aufarbeitung schon einigermaßen verfestigt waren.

#### 4) Mühlbach-Tonschiefer

In den westlich gelegenen Profilen Krotenbach und Mühlbach und am Top des Profils Spielbach ist die Anzahl an Sedimentstrukturen wesentlich geringer, bedingt durch die Vorherrschaft an tonigen Sedimenten vor sandigen.

In den Tonschiefern selbst finden sich keine verwertbaren Strukturen, auch Bioturbation tritt nirgends auf. Lediglich ein oftmaliger schichtgebundener Wechsel von oxydierendem (Rotfärbung) zu reduzierendem Milieu (Grau- und Grünfärbung) fällt auf. Eine Zerstörung der Schichtung wird allenfalls durch das Wachstum der in dieser Fazies häufig vertretenen Magnesitknollen herbeigeführt. Bodenbildungen in Form von Caliche-ähnlichen dolomitischen Knollen und Krusten sind nur jeweils einmal ausgeprägt.

Die im Krotenbach zwischengeschalteten Sandsteine sind durch die Nähe einer größeren Störung tektonisch derartig überprägt, daß nur mehr in Einzelfällen Relikte von ebener Schichtung erhalten blieben. Im Mühlbach hingegen finden sich, vorwiegend im hangenden Abschnitt, cm-mächtige Sandsteinbänkchen, die eine deutliche, aber nicht tiefgreifende Erosionsbasis besitzen (Taf. 1, Fig. 4). Sie zeigen an Internstrukturen reliktsche Schrägschichtung und häufig eine ausgeprägte Korngrößengradierung in die darüberfolgenden Tonschiefer. Sie sind als Produkte von distalen, hochenergetischen episodischen Fluten anzusehen.

In Sandsteinbänken mit größerer Mächtigkeit (bis 1.5 m) lassen sich keine Internstrukturen erkennen. Ob eine großdimensionale Linsenschichtung vorliegt, läßt sich aufgrund der geringen lateralen Einsicht in den Aufschlüssen nicht sagen. Texturell sind diese Sandsteine jedenfalls noch ziemlich unreif.

## Interpretation

### 1) Basisbreccie

Das Gefügebild, die kompositionelle Untergrundbezogenheit des Materials und die starken Mächtigkeitsschwankungen auf kurze Distanzen sprechen für die von MOSTLER (1972 a) postulierte Deutung der Breccie als "reliefauffüllendes, lokales Schuttmaterial". Lediglich das rote Bindemittel läßt sich nicht aus der unmittelbaren Unterlage (im bearbeiteten Gebiet devonischer Spielbergdolomit) beziehen, sondern stellt ortsfremdes Material von schwach metamorphen Ausgangsgesteinen dar. Dieses muß entweder nachträglich in den Porenraum des Schuttkörpers infiltriert worden sein, ein Vorgang, der (trotz des Fehlens von Anlagerungsgefügen) sicherlich wirksam war, oder die Sedimentation der Grundmasse und des Breccienschutts ging mehr oder weniger gleichzeitig vonstatten, worauf die örtlich (z.B. Hörndlinger Graben; Wilde Hag/Kitzbühel) auftretenden Tonschiefer- und Siltsteinlinsen in den Grobklastika, sowie die lokal zu beobachtende Matrixstützung der Komponenten hinweisen. Großteils handelt es sich aber um später eingebrachtes, beim Durchgang der an Suspensionsfracht reichen Wässer ausgefiltertes Feinmaterial. Man kann also das texturell und strukturell unreife Sediment, das offenbar an die Flanken von Hochzonen gebunden ist bzw. hier die größeren Mächtigkeiten erreicht, als Hangschuttkegel interpretieren, die ihr Material aus der Erosion der darunterliegenden Devondolomite bezogen.

Eine Mitbeteiligung von Wasser (außer bei der Sedimentation der Grundmasse) ist erst im Hangenden des Breccienkomplexes zu bemerken. Nicht nur das verbesserte Korngefüge der Breccien deutet eine zumindest kurzfristige Umlagerung an, sondern vor allem Konglomerateinschaltungen mit gut gerundeten, sortierten und eingeregelten Geröllen weisen auf einen Transport in fließendem Wasser hin. Die laterale Ausdehnung der Bänke ist nicht erkennbar, es scheint sich jedoch um linsige Konglomerate zu handeln. Die Korngröße der Gerölle nimmt innerhalb einer Bank nach oben hin ab. Auffallend ist das Fehlen einer feinkörnigen Grundmasse wie in den Breccien. Als Bindemittel fungiert ein karbonatischer Zement. Es handelt sich bei den linsigen Konglomeraten, die der Basisbreccie zwischengeschaltet sind, um Rinnenrückstands-sedimente aus Gerinnen von nur kurzer Existenz, die auf dem Schuttfächer eingeschnitten waren.

### 2) Spielbach-Tonschiefer

Die roten Tonschiefer über den Basisbreccien sind als Fortsetzung der Sedimentation des roten Bindemittels der Breccien anzusehen, die dann von den grobklastischen Schüttungen des Spielberg-Konglomerats abgelöst werden. Anfangs schalten sich noch kleindimensionale Rinnenfüllungen mit viel Dolomitschutt ein, während in höheren Teilen der Tonschiefer vorwiegend geringmächtige Quarzsande und -konglomerate zwischengeschaltet sind, die eine flächenhafte Ausdehnung besitzen und häufig aufgearbeitete Tonscherben im Geröllspektrum führen. Sie können als sheet-flow-Sedimente gedeutet werden, die eine den Schuttfächern vorgelagerte, von tonigen Ablagerungen beherrschte Ebene übergreifen.

MOSTLER (1972 a) nennt neben der starken Durchwühlung noch Karbonatlagen mit Ostracoden und fraglichen Algen aus diesem Horizont, die allerdings nicht als Anzeiger für ein spezielles Environment (marin oder lakustrin) gewertet werden können. Die Fossilien setzen eine zumindest zeitweilig länger

dauernde Wasserbedeckung des Substrats voraus. Die Aufarbeitung der Tone als Scherben wiederum deutet die fallweise Austrocknung der Sedimente an. Es ist wahrscheinlich, daß diese Scherben von randlich gelegenen, relativ höheren Bereichen mit den sheet flows in die Depression transportiert wurden, da in den aufgeschlossenen Tonschiefern keinerlei Trockenrisse gefunden werden konnten.

NIEDERMAYR et al. (1981) kamen aufgrund von geochemischen Untersuchungen an Magnesiten zur Auffassung, daß die Magnesitbildung auf die Metasomatose eines Karbonataltbestandes in einem hypersalinen, marinen Milieu (Küstensabkha) zurückzuführen ist. Vor allem die weiträumige Verbreitung der Magnesitführung in permoskythischen Sedimenten wird als Hinweis auf ein spezielles Ablagerungsmilieu gewertet. Letztgenannte Autoren haben in ihrer Arbeit auch Proben aus dem klastischen Perm des östlichen Tiroler Raumes untersucht und legen diesen Magnesiten ebenfalls eine Entstehung in randmarinen, übersalinen Bereichen zugrunde.

Aufgrund des Fehlens von marinen Sedimenten in der Umgebung des bearbeiteten Raumes zur Sedimentationszeit der Basisbreccie und der Spielbach-Tonschiefer muß man allerdings, entgegen der Auffassung von NIEDERMAYR et al. (1981), wohl eher auf eine Inlandwanne als Ablagerungsraum schließen. Die massenhaft vertretenen Magnesitkonkretionen zeigen zwar eine erhöhte Salinität der Porenwässer an, so daß unter den herrschenden ariden Klimabedingungen ein Sabkha-ähnliches Milieu anzunehmen ist; es muß dabei allerdings darauf hingewiesen werden, daß es nirgends irgendwelche Anzeichen der Beeinflussung durch marine Wässer gibt.

Der hohe Anteil an Magnesitkonkretionen, an zu Magnesit umgesetzten Dolomitkomponenten, sowie die diskordant durchgreifenden wolkenigen Magnesitschlieren in der Basisbreccie und den Spielbach-Tonschiefern sind auffallend an den Hof von Magnesitlagerstätten im paläozoischen Untergrund gebunden. Diese Beobachtung machte schon SIEGL (1964). Allerdings sah er als Ursache dafür die zeitgleiche Bildung der Spatlagerstätten im Paläozoikum der Grauwackenzone und der permoskythischen Vorkommen. SIEGL (1964) war der Ansicht, daß aufsteigende Hydrothermen zuerst im tieferen Stockwerk eine Metasomatose der devonischen Dolomite zu Spatmagnesiten verursachten und in den permoskythischen Sedimenten die Konkretionsbildung als Folge hatten. Daß die Lagerstättenbildung im Perm schon abgeschlossen war, belegt aber der Fund von Spatmagnesitkomponenten in der Basisbreccie durch SCHRAMM (1973). Damit ist der unmittelbare genetische Zusammenhang der Vorkommen im Devon und Permoskyth widerlegt.

Allerdings spielt das hohe Magnesiumangebot aus dem Untergrund der Breccien eine wesentliche Rolle. Durch die Aufarbeitung und Verkarstung der paläozoischen Dolomite und der damit verbundenen Magnesitlagerstätten stand genügend Material zur Verfügung, aus dem durch die Verwitterung bzw. durch den Lösungsumsatz im aquatischen Milieu, in dem die Tonschiefer und die Brecciengrundmasse sedimentiert wurden, ausreichend Mg bereitgestellt werden konnte. Die Evaporation dieser Mg-reichen Lösungen führte letztlich zur Bildung der großen Magnesitmengen in den basalen Einheiten (H. MOSTLER, in Vorbereitung).

### 3) Spielberg-Konglomerat

Die über den Spielbach-Tonschiefern und der Basalbreccie einsetzenden grobklastischen Schüttungen spiegeln eine tektonische Belebung wieder, die entweder eine Hebung des Hinterlandes oder eine Absenkung des Ablagerungsraumes zur Folge hatte. Diese Bewegungen werden von MOSTLER (1972 a) zur Saalischen Phase gestellt. Im Einklang mit dieser Ansicht steht die Tatsache, daß mit den ersten Grobschüttungen schon spärlich Quarzporphyrmaterial mitgeliefert wird. Nach verschiedenen Autoren (z.B. RIEHL-HERWISCH, 1965) überschreitet der subsequente variszische Vulkanismus die Grenze Unter- zu Oberrotliegend nicht, so daß sich auch im ersten Auftreten der Aufarbeitungsprodukte desselben diese Zeitmarke ablesen läßt (MOSTLER, 1972 b).

Die Grobklastika (Konglomerate bis kiesige Grobsandsteine) des Spielberg-Konglomerats zeigen großteils Sedimentstrukturen, die auf einen Transport in alluvialen Rinnen hindeuten (Taf. 1, Fig. 1 und 2). Dabei herrschten vor allem Strömungsbedingungen des hochintensiven oberen Fließregimes. Das rasche laterale Auskeilen bedeutet, daß die Rinnen nur kurzzeitig aktiv waren und bei nachfolgenden Fluten eine Verlagerung stattfand. Pointbar-Abfolgen, wie sie für mäandrierende Flußsysteme typisch sind, sind im bearbeiteten Raum nicht entwickelt. Die geringen Mächtigkeiten (meist unter 1 m) sowie der hohe Anteil an Schleppfracht sprechen für Ablagerungen in einem verzweigten Rinnensystem (MIALL, 1977).

Zieht man die klimatischen Bedingungen zur Zeit des Perm im Ablagerungsraum in Betracht, so deutet vieles (z.B. die Rotfärbung, spärliche bis fehlende Vegetation, salinärer Einschlag durch Gips und Magnesit) auf trockene, semi-aride bis aride Verhältnisse, die die Existenz eines kontinuierlichen Flußsystems nicht erlauben. Vielmehr ist ein nur nach periodischen starken Niederschlägen im Hinterland aktives, ephemerales System anzunehmen, das normalerweise trockenlag. Hinweise auf synsedimentäre Tektonik (Megazyklen im Profil Spielbach, s.u.) lassen darauf schließen, daß nicht eine mehr oder weniger stabile ephemerale Flußebene vorlag, sondern daß die Rinnen die Oberfläche eines alluvialen Schuttfächers auf einer vor dem gegliederten Hinterland liegenden Ebene durchziehen. Dabei zeigt diese Zyklizität eine mehrmalige Belebung des Reliefs an, wodurch anfangs jeweils verstärkt Grobmaterial verfügbar war, das im proximalen Teil des Fächers liegenblieb. Durch die allmähliche Auffüllung des Reliefs kam es zur Verschiebung des "intersection point" (HOOKE, 1967), des Austrittspunktes der anfänglich eingeschnittenen Rinnen an die Oberfläche, in Richtung des Fächerapex. Als Folge werden vorwiegend feinklastische Sedimente als die Rinnenfüllungen in Form von Schichtfluten (sheet flows, HUBERT & HYDE, 1982) abgelagert. Der extrem flache Sedimentationsraum führte zu rascher Abnahme der Fließenergie. Als letztes fielen die feinsten Korngrößen aus dem schon stehenden Wasser aus.

Die Ausbildung von "sieve-deposits" (das Feinmaterial wird beim Durchgang der suspensionsbeladenen Wässer durch grobklastische Sedimente ausgefiltert, HOOKE, 1967), die für eher distale Fächerbereiche typisch sind, wird durch das Fehlen von durchlässigem grobem Schutt in den Spielbergkonglomeraten verhindert. Der hohe Feinanteil ist unter anderem unmittelbar von der Lithologie des Einzugsgebietes abhängig. Im vorliegenden Fall ergaben Gerölluntersuchungen als maßgebliches Liefergebiet die Nördliche Grauwackenzone mit ihren ca. 1000 m mächtigen Wildschönauer Schiefen, so daß der extrem hohe Anteil an feinsten Korngrößen im Perm nicht verwundert. Ebenso sind die polykristallinen Quarze metamorphen Charakters aus den Wildschönauer Schiefen zu beziehen.

Rote Tonschieferlagen zwischen gradierten Bänken zeigen öfters ziemlich starke Bioturbation, wodurch eine länger dauernde Wasserbedeckung vorausgesetzt wird. Es scheint sich bei diesen Lagen um Randzonen der Mühlbach-Tonschiefer zu handeln, mit denen die Konglomeratfazies verzahnt. Vor allem im Hangenden der Megzyklen im Spielbach ist eine Wechsellagerung von geringmächtigen gradierten Folgen mit bis zu mehrere Meter mächtigen Feinklastika ausgeprägt. Wenige cm- bis dm-dicke siltige bis leicht sandige Tonschiefer zwischen den grobklastischen Rinnenfüllungen können aber wohl eher noch als Absätze in lokalen Tümpeln nach einem Ausgreifen der Fluten über die Kanäle hinaus bei Hochwasser angesprochen werden (topstratum deposits, ALLEN, 1965).

Zusammenfassend kann man die Spielberg-Konglomerate als Sedimente eines ephemeralen Rinnensystems auf einem oder mehreren alluvialen Schuttfächern deuten, die randlich an Bruchstrukturen gebunden sind und mit den tonigen "Beckensedimenten" wechsellagern bzw. verzahnen (Abb. 8).

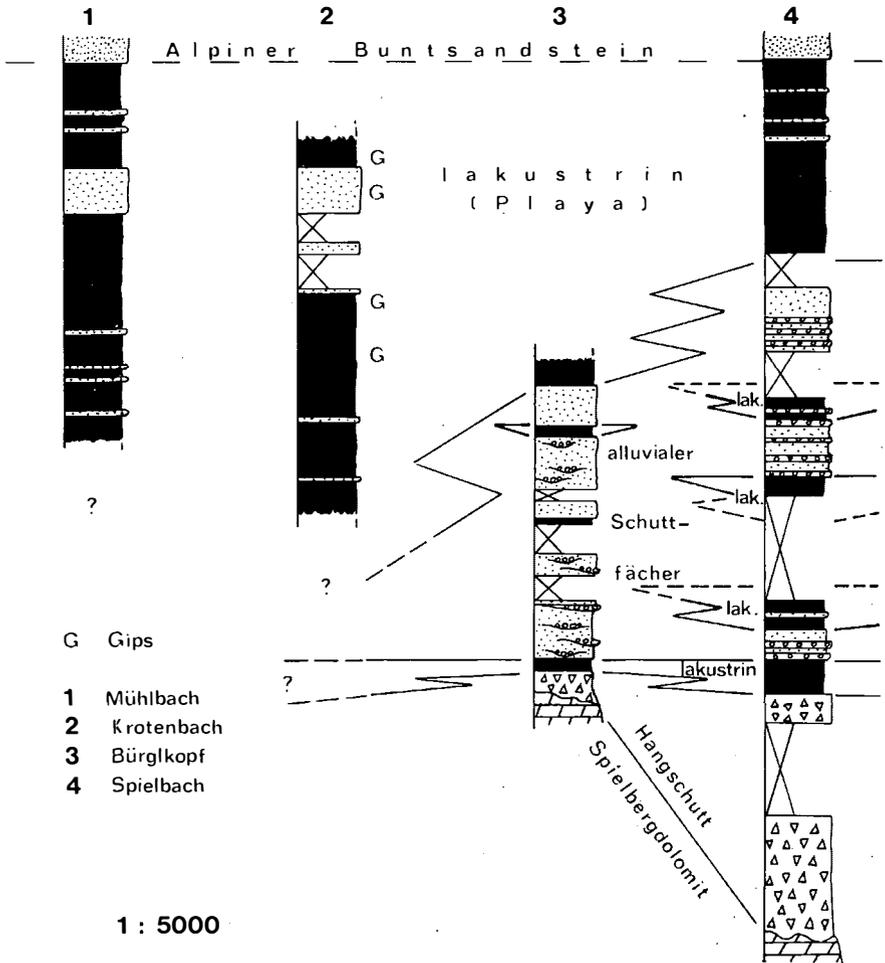


Abb. 8: Faziesverteilung in den Profilen zwischen St. Johann i.T. und Leogang (Legende zur Lithologie siehe Abb. 3)

#### 4) Mühlbach-Tonschiefer

Der Großteil der Prebichlschichten (hangende Abschnitte der Profile Spielbach und Bürglkopf, Profile Mühlbach und Krotenbach) wird von einer mehrere 100 m mächtigen Tonschieferabfolge beherrscht, die nur untergeordnete Sandsteineinschaltungen führt. Sie entwickelt sich durch die schon erwähnte Relieffauffüllung aus der Konglomeratfolge nach oben heraus bzw. vertritt sie diese auch lateral und verzahnt mit derselben (Abb. 8).

Einige Kriterien, wie die feinen Korngrößen, die gute Sortierung das Fehlen von Anzeichen einer Strömung, die horizontale Schichtung, sprechen für Stillwassersedimentation in Depressionen. Ein terrestrisches, lakustrines Milieu muß im Widerspruch zu NIEDERMAYR et al. (1981) aufgrund folgender Kriterien angenommen werden (PICARD & HIGH, 1972; CLEMMENSEN, 1979):

- 1/ Fehlen von marinen permischen Sedimenten im weiteren Umkreis des bearbeiteten Raumes;
- 2/ Fehlen von marinen Fossilien (die Rotserien allerdings sind völlig fossilfrei);
- 3/ Rotfärbung zeigt oxydierende Bedingungen an, wie sie zur Erhaltung eines primären bzw. zur in-situ-Bildung des rotfärbenden Hämatitpigments notwendig ist;
- 4/ ein hinsichtlich der Sedimente eindeutig kontinentaler Rahmen mit alluvialen Schuttfächern und intermittierenden Rinnensystemen;
- 5/ Fehlen von durch Gezeiten oder Strömungen verursachten Sedimentstrukturen;
- 6/ Pedogenese: dolomitische Calichekruste im Mühlbach und Dolomitknollen im Spielbach zeigen eine beginnende Bodenbildung an. Inwieweit die sehr oft in s-parallelen Lagen auftretenden Magnesitkonkretionen mit einer Bodenbildung zusammenhängen könnten, wird in einer in Vorbereitung befindlichen Arbeit von H. MOSTLER behandelt.

Der im Profil Krotenbach auftretende Gips (Taf. 1, Fig. 3) spricht für saline Bedingungen und starke Evaporation, wie sie in Playas bzw. in ephemeren salinaren Seen zu finden sind (HARDIE et al., 1978; CLEMMENSEN, 1979; HUBERT et al., 1982). Eine Beeinflussung durch marines Grundwasser kann nicht festgestellt werden, ist aber grundsätzlich nicht auszuschließen.

Auffallend ist allerdings, daß außer den Bodenbildungen keinerlei Anzeichen von Austrocknung zu sehen sind. Es wäre auf jeden Fall bei den stark tonigen Sedimenten die Bildung von Trockenrissen, die durch äolische Sedimente oder die nächste alluviale Schüttung plombiert werden, zu erwarten. Das Fehlen dieses Merkmals kann mit der tektonischen Überprägung der Tonschiefer zusammenhängen. Bei nur sehr oberflächlichen Rissen von nur wenigen Millimetern Tiefe besteht durchaus die Möglichkeit, daß diese durch die darübergegangene Schieferung verwischt wurden und sich so der Beobachtung entziehen. Eine zweite Möglichkeit, das Fehlen von Trockenrissen zu erklären, ist der homogene Aufbau der Tone. Die sicherlich vorhanden gewesenen Austrocknungserscheinungen können sich nur erhalten, wenn sie durch rasche sandige Schüttungen konserviert werden. Bei einer Durchfeuchtung der trockenen Tone zerfallen diese leicht wieder und werden in die darüberfolgenden tonigen sheet flows eingebaut, wodurch keine Möglichkeit der Beobachtung gegeben ist. Aufgearbeitete Tonscherben findet man allenthalben in den sandigen Schichtfluten.

In die Rotfazies eingeschaltet finden sich öfters graue bis grün gefärbte konkordante Lagen, manchmal reich an Pflanzenhäcksel. Diese grauen Schichten sowie der auffällige, 1 m mächtige schwarze Tonschieferhorizont

im Krotenbachgraben stellen die an Uran angereicherten Horizonte dar, die von SCHULZ & LUKAS (1970) beschrieben wurden. Diese Autoren nehmen für die Genese der Uranvererzungen eine Zufuhr von U-hältigen Oberflächenverwitterungslösungen und eine Fällung der Erze in "seichten Beckenabschnitten mit zeitweise reduzierendem Milieu" an. Die Pechblende ist dabei an die Pflanzenreste gebunden bzw. verdrängt die pflanzliche Substanz.

SCHULZ & LUKAS (1970) stellen die vererzten Horizonte zum Buntsandstein. Wie aber schon die Gliederung von MOSTLER (1972 a) zeigt, ist eine Zusammenfassung aller permoskythischen Klastika als "Buntsandstein", wie es in früheren Arbeiten immer wieder geschah, unzulässig und verwirrend. Vorliegende Untersuchungen lassen die eindeutige Zuordnung der U-führenden Schichten zur Mühlbach-Tonschieferfazies der Prebichschichten erkennen. Damit fallen sie ins Liegende der Sedimente, die heute als "Alpiner Buntsandstein" anzusprechen sind, und sind zeitlich ins Oberperm einzustufen. Die von SCHULZ & LUKAS (1970) festgestellte inverse Lagerung der klastischen Abfolgen kann nicht bestätigt werden, es ist lediglich eine Verdoppelung der Schichtfolge im Krotenbach wahrscheinlich.

Bei den schichtgebundenen Grauhorizonten dürfte es sich um kleinere Depressionen in der Playaebene handeln, in denen genügend Pflanzenhäcksel zusammengeschwemmt wurden, um bei deren Zerfall reduzierende Bedingungen zu schaffen. Der Zerfall pflanzlicher Substanz beginnt aerobisch, entwickelt sich aber durch ungenügende Sauerstoffzufuhr zu anaerobischen Bedingungen. Dadurch entsteht ein leicht alkalisches und stark reduzierendes Milieu, das die Fällung von U aus Lösungen begünstigt (RACKLEY, 1976). Um das reduzierende Milieu zu erhalten, muß genügend Durchfeuchtung (Grundwasser) gegeben sein.

Die Zufuhr des Urans erfolgte sicher auf dem Lösungsweg. Das Ausgangsgestein ist in diesem Fall nicht bekannt. Möglich wäre ein Leaching des Urans aus Graniten, aus den sauren Vulkaniten des Perm, oder es stammt aus der Verwitterung präexistenter U-Konzentrationen in den paläozoischen Klastika der Wildschönauer Schiefer, die die Schuttanlieferung im Perm maßgeblich mitgestalteten.

Zur Genese der mächtigen Sandsteineinschaltungen im hangenden Teil der Mühlbach-Tonschiefer kann noch nicht sicher Stellung genommen werden, da schlüssige Aussagen aufgrund des Fehlens von Sedimentstrukturen durch die starke Tektonisierung nicht möglich sind. Lediglich äolischer Transport kann durch die hohen Matrixanteile ausgeschlossen werden.

Die wenige Zentimeter dicken Sandsteine mit z. T. turbiditähnlichem Aufbau (Übergang von gradierten Sandsteinen mit selten kenntlicher ebener Schichtung in eben geschichtete Tonsteine) oder mit Strukturen, die auf ein Nachlassen der hohen Transportenergie schließen lassen (Schrägschichtung mit ziemlich steilen foresets und Strömungsrippeln am Top; Taf. 1, Fig. 4), können als Absätze von Schichtfluten (sheet flow deposits) im Sinne von HUBERT & HYDE (1982) interpretiert werden. Beim Austritt der suspensionsbeladenen hochenergetischen Fluten aus den Rinnen an der Oberfläche der alluvialen Schuttfächer breiten sich die Schüttungen willkürlich auf der davor liegenden Schwemmfläche aus. Obwohl nur mehr Sand und Ton abgelagert werden, herrschen z. T. noch Bedingungen des oberen Fließregimes, wie die entsprechenden Sedimentstrukturen zeigen. Die Erklärung dafür ist die geringe Tiefe der Wasserschicht von nur wenigen Zentimetern (HARDIE et al., 1978). Durch das Abflauen der Strömung werden in den distalen Sandlagen Strukturen des unteren Fließregimes, wie Schrägschichtung oder Rippeln, abgebildet. Als letztes fällt aus der Suspension die Tonfraktion im Zentrum der Depression bzw. auf der Playa-Schwemmfläche aus.

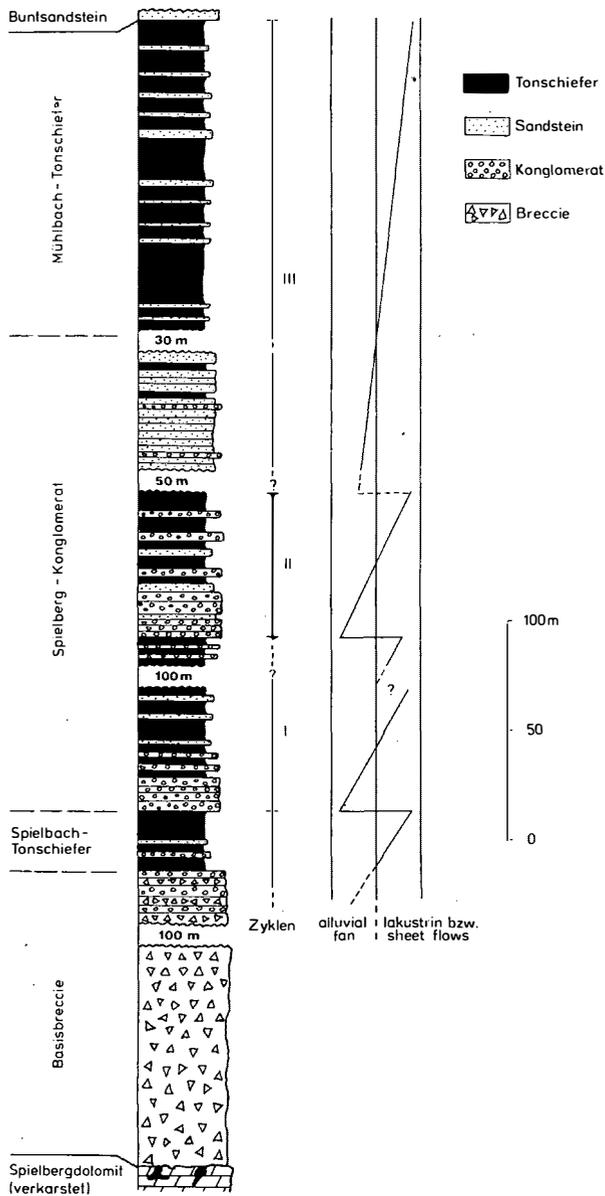


Abb. 9: Profil Spielbach mit schematischer Darstellung der Faziesentwicklung in den Megazyklen

## Megazyklen

Im Profil Spielbach läßt sich deutlich eine Zyklizität feststellen, die sich in mindestens drei Abfolgen von grobklastisch dominierten zu vorwiegend von tonig-siltigem Material beherrschten Kleinzyklen abbildet (Abb. 9). Ob in einer größeren Aufschlußlücke von ca. 100 m noch ein weiterer Zyklus versteckt ist, kann auch aus Vergleichen mit benachbarten Profilen nicht mit Sicherheit gesagt werden. Die Mächtigkeit der drei Abfolgen liegt zwischen 100 und 150 m, die der sie aufbauenden Kleinzyklen schwankt sehr stark. Die konglomeratischen Rinnenfüllungen überschreiten selten 1 m, während nach oben eine kontinuierliche Zunahme des Feinanteils ein Anschwellen der Mächtigkeiten auf bis zu 5 m bewirkt.

Diesen "fining-upward"-Megazyklen scheint eher eine tektonische Ursache zugrunde zu liegen als ein langzeitiger klimatischer Wechsel. Diese Aussage stützt sich auf die Beobachtung, daß das Einsetzen der Grobschüttungen an der Basis jeweils ziemlich abrupt erfolgt. Ein Klimatrend hätte wohl eher ein allmähliches Größerwerden zur Folge. Die Megazyklen lassen sich also als Auswirkungen kurzer Perioden tektonischer Wiederbelebung des Hinterlandes bzw. einer Absenkung des Sedimentationsraumes verstehen. Die Folge ist ein Vorgreifen der an die Randzonen der Hochgebiete gebundenen Schuttfächer, bis durch die Erosion das Relief des Liefergebietes wieder dem Niveau des Sedimentationsbeckens angeglichen wird. Letzteres läßt sich am weiteren Ausgreifen der feinkörnigen sheet-flow- und Playa-Sedimente in den hangenden Teilen der Großzyklen ablesen.

## Dank

Die vorliegende Arbeit ist Teil des Projekts 4453 des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, das am Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck durchgeführt wird. Für fruchtbare Diskussionen danke ich den Herren Prof. Dr. H. MOSTLER, Doz. Dr. W. RESCH, Dr. R. BRANDNER und Dr. K. KRÄINER. Herrn Dr. KRÄINER bin ich, ebenso wie Herrn G. POSCHER, für die Unterstützung bei den Geländearbeiten dankbar. Den Herren Prof. Dr. H. MOSTLER und Dr. R. BRANDNER bin ich für kritische Durchsicht meines Manuskripts verpflichtet. Die Untersuchungen wurden vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt 4453) und durch ein Forschungsstipendium des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung finanziert.

## Literatur

- ALLEN, J.R.L. (1965): A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. - *Sedimentology*, 5 (1965), 89-191.
- BARNICK, H. (1962): Tektonite aus dem Verband der permotriadischen Basisschichten der mesozoischen Auflagerung auf der Nördlichen Grauwackenzone. - *Verh. Geol. B.-A.*, Jg. 1962, H. 2, 295-316, Wien.
- CATHREIN, A. (1886): Zur Gliederung des rothen Sandsteins in Nordosttirol. - *Verh. Geol. R.-A.*, Jg. 1886, No. 13, 307-311, Wien.
- CLEMMENSEN, L.B. (1979): Triassic lacustrine beds and paleoclimate: The "Buntsandstein" of Helgoland and the Malmros Klint Member of East Greenland. - *Geol. Rdsch.*, Bd. 86, H. 2, 748-774.
- COLLINSON, J.D. (1980): Alluvial sediments; lakes; deserts. - in: READING, H.G. (ed.): *Sedimentary environments and facies*, 15-95, Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- EISBACHER, G. (1963): Sedimentpetrographische Untersuchungen am alpinen Buntsandstein im Raume Innsbruck-Saalfelden. - Unveröff. Diss., Univ. Innsbruck, 85 S.
- GLENNIE, K.W. (1972): Permian Rotliegendes of Northwest Europe interpreted in light of modern desert sedimentation studies. - *AAPG Bull.*, v. 56, no. 6 (June 1972), 1048-1071.
- HARDIE, L.A.; SMOOT, J.P. & H.P. EUGSTER (1978): Saline lakes and their deposits: a sedimentological approach. - *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* (1978), 2, 7-41, Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- HARMS, J.C. & R.K. FAHNESTOCK (1977): Stratification, bed forms and flow phenomena (with an example from the Rio Grande). - *SEPM Reprint Series No. 3*, 95-127, Tulsa.
- HEISSEL, W. (1957): Zur Tektonik der Nordtiroler Kalkalpen. - *Mitt. Geol. Ges.* 50, 95-132, Wien.
- HOOKE, R.LeB. (1967): Processes on arid-region alluvial fans. - *J. Geol.*, 75, 438-460.
- HUBERT, J.F. & M.G. HYDE (1982): Sheet flow deposits of graded beds and mudstones on alluvial sandflat-playa system: Upper Triassic Blomidon Redbeds, St. Mary's Bay, Nova Scotia. - *Sedimentology*, v. 29, no. 4, 457-474.
- KLEBELSBERG, R.v. (1935): *Geologie von Tirol*. - Gebr. Borntraeger, Berlin.
- MADER, D. (1981): Fluviale Sedimentation im Oberen Buntsandstein der Westeifel. - *Z. dt. geol. Ges.*, 132, 383-420, Hannover.
- MIALL, A.D. (1977): A review of the braided-river depositional environment. - *Earth Sci. Rev.*, 13 (1977), 1-62.
- MOSTLER, H. (1968): Anhydrite and gypsum in low-grade metamorphic rocks along the northern margin of the Grauwackenzone (Tyrol, Salzburg). - UNESCO-Symposium on the geology of saline deposits, Hannover 1968 (Abstract).
- MOSTLER, H. (1972 a): Zur Gliederung der Permoskyth-Schichtfolge im Raume zwischen Wörgl und Hochfilzen (Tirol). - *Verh. Geol. B.-A.*, Jg. 1972, 155-162, Wien.

- MOSTLER, H. (1972 b): Die permoskythische Transgressionsserie der Gailtaler Alpen. - Verh. Geol. B.-A., Jg. 1972, 143-149, Wien.
- MOSTLER, H. (in Vorbereitung): Nachweis einer weitverbreiteten jungpaläozoischen Verkarstung und einer damit verbundenen Fahlerz-Baryt-Magnesit- und Sideritmineralisation in der Nördlichen Grauwackenzone.
- NIEDERMAYR, G.; SCHERIAU-NIEDERMAYR, E.; BERAN, A. & R. SEEMANN (1981): Magnesit im Perm und Skyth der Ostalpen und seine petrogenetische Bedeutung. - Verh. Geol. B.-A., Jg. 1981, H. 2, 109-131, Wien.
- ORTLAM, D. (1969): Paläoböden im höheren Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes. - Geol. Jb., 87, 61-88, Hannover.
- PICARD, M.D. & L.R. HIGH (1972): Criteria for recognizing lacustrine rocks. - SEPM, Spec. Publ. No. 16: Recognition of ancient sedimentary environments, 108-145.
- PICARD, M.D. & L.R. HIGH (1973): Sedimentary structures of ephemeral streams. - Dev. in Sedimentology, 17, 223 S., Elsevier Publ. Comp., Amsterdam-London-New York.
- RACKLEY, R.I. (1976): Origin of Western States type uranium mineralization. - Handbook of strata-bound and stratiform ore-deposits, vol. 7, 89-156, Elsevier Publ. Comp., Amsterdam-Oxford-New York.
- RIEHL-HERWISCH, G. (1965): Die postvariszische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg. - Mitt. Ges. Geol. Berbaustud., 14.-15. Bd., 1963-64, 229-266.
- SCHRAMM, J.-M. (1973): Magnesitkomponenten in der Basalbrekzie (? Unterrotliegend) östlich Saalfelden (Salzburg). - Festschrift W. Heißel, Veröff. Univ. Innsbruck, Bd. 86, 281-288, Innsbruck.
- SCHULZ, O. & W. LUKAS (1970): Eine Uranerzlagerstätte in permotriadischen Sedimenten Tirols. - TMPM, 14, 213-231.
- SCHWINNER, R. (1929): Geröllführende Schiefer und andere Trümmergesteine aus der Zentralzone der Ostalpen. - Geol. Rdsch., 20, 211-244 u. 343-370, Berlin.
- SIEGL, W. (1964): Die Magnesite der Werfener Schichten im Raume Leogang bis Hochfilzen sowie bei Ellmau in Tirol. - Radex-Rdsch., H. 3, 178-191.
- SOMMER, D. (1972): Die Prebichlschichten als permotriadische Basis der Nördlichen Kalkalpen in der östlichen Grauwackenzone (Steiermark, Österreich). - Verh. Geol. B.-A., Jg. 1972, 119-122, Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. - 580 S., Verlag F. Deuticke, Wien.

#### Erläuterungen zu Tafel 1

- Fig. 1: Grobklastische Rinnenfüllungen mit Erosionsbasis, Spielberg-Konglomerat, Bürglkopf
- Fig. 2: Grobsandig-kiesige, nach oben gradierte Rinnenfüllung, am Top eben geschichtete Feinsandsteine, Spielberg-Konglomerat, Bürglkopf
- Fig. 3: Gipsführende Sandsteine der Mühlbach-Tonschiefer, Krotenbach
- Fig. 4: Sheet flow mit erosiver Basis und reliktscher Schrägschichtung, Mühlbach-Tonschiefer, Mühlbach. Unterlage in Millimeterraster, Pfeil zeigt nach oben.

