

Faziesanalyse fluviatiler Sedimente – eine Fallstudie in den Oberangerberger Schichten (Oberoligozän, Tirol)

Von PETER KROIS & VOLKMAR STINGL*)

Mit 9 Abbildungen

*Tirol
Unterinntal-Tertiär
Oberoligozän
Oberangerberger Schichten
Fluviatile Sedimente
Verzweigtes Flußsystem
Lithofazieskonzept
Faziesarchitektur*

Österreichische Karte 1 : 50 000
Blatt 120

Inhalt

Zusammenfassung	299
Abstract	299
1. Einleitung	300
2. Geröllpetrographie	300
3. Beschreibung und Interpretation der Lithofaziestypen	301
3.1. Konglomerattypen	301
3.2. Sandsteintypen	302
3.3. Siltige Typen	302
4. Interpretation der Lithofazies-Vergesellschaftung nach MIALL	303
5. Gegenüberstellung zweier unterschiedlicher Einzelprofile	303
6. Faziesarchitektur	305
7. Diskussion	307
8. Schlußbetrachtung	307
Dank	307
Literatur	308

Zusammenfassung

Die fluviatilen Sedimente der chattischen Oberangerberger Schichten des Unterinntaltertiärs werden an der Lokalität Mosen einer detaillierten faziiellen Analyse unterzogen. Hervorragende laterale Aufschlußverhältnisse erlauben eine Interpretation als großräumiges verzweigtes Flußsystem, dessen hochmobile Gerinne im wesentlichen durch hochenergetische Strömungsbedingungen gekennzeichnet sind. Grobklastische Longitudinalbänke stellen das dominierende Element dar. Der Vergleich zwischen dem an vertikalen Profilen orientierten Lithofazieskonzept und faziesarchitektonischen Aufnahmen zeigt die Bedeutung der Einbeziehung der lateralen Komponente für die Interpretation fluviatiler Sedimente.

Facies Analysis of Fluvial Sediments – An Example from the Oberangerberg Beds (Upper Oligocene, Tyrol)

Abstract

A detailed facies analysis is carried out on the fluvial sediments of the Chattian (Upper Oligocene) Oberangerberg beds of the Unterinntal Tertiary. An interpretation as an extended braided river system with highly mobile channels characterized by high-energy conditions is favoured. Coarse grained longitudinal bars are the dominating element. Splendid outcrop conditions give the possibility to apply the concept of facies architectural-element analysis and to demonstrate the validity of this concept in comparison with vertical profiling.

*) Anschriften der Verfasser: Mag. PETER KROIS, ÖMV-AG, Exploration Inland, Gerasdorferstraße 151, A-1211 Wien; Dr. VOLKMAR STINGL, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

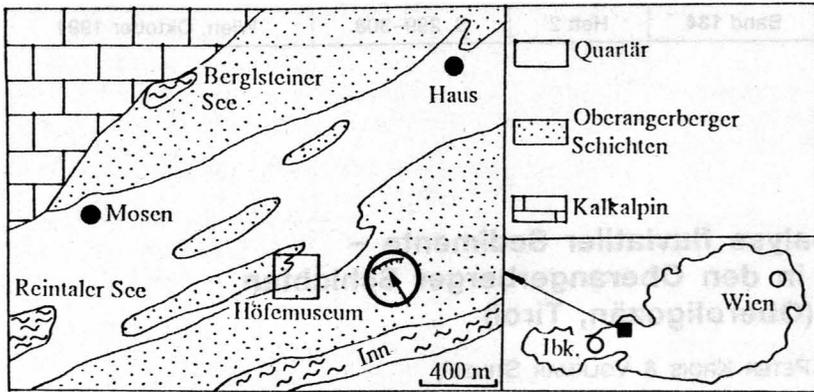


Abb. 1. Lageskizze der Schotterentnahmestelle „Mosen“ (Pfeil) am Oberangerberg, Tirol.

1. Einleitung

Das Alttertiär zwischen Kramsach (Tirol) und Reit im Winkl (Bayern) umfaßt paläozäne bis oligozäne Sedimente, die über kalkalpinen Untergrund und Gosau transgredieren. Im Unterinntal tertiär engeren Sinnes (Raum Häring und Angerberg) setzt die Sedimentation im Unteroligozän mit marinen Abfolgen diskordant über den permotriadischen Serien des Tirolikums ein. Der Sedimentationsraum erfuhr durch tektonische Subsidenzereignisse und eustatischen Meeresspiegelanstieg eine rasche Eintiefung. Dadurch werden über Sedimenten eines flachen randmarinen Environments (Häring Basisserie mit Kohlen) sowie vermittelnden Feinklastika eines restriktiven Schelfareals (Bitumenmergel) die pelagischen Zementmergel der Häring Schichten abgelagert (STINGL & KROIS, 1991). Deren Fauneninhalt weist auf Wassertiefen von mehreren hundert Metern (HAGN et al., 1981) hin. Die allmählich zunehmende Sedimentation turbiditischer Sandsteine und Konglomerate (Unterangerberger Schichten) zeigt den Vorbau submariner Fächer im Vorfeld eines schuttliefernden fluviatilen Systems, wodurch es zur sukzessiven Auffüllung und Verflachung des Ablagerungsraumes kommt. Mit der weltweit zu beobachtenden, glazial induzierten (z.B. KEIGWIN & KELLER, 1984) starken Meeresspiegelabsenkung an der Rupel/Chatt-Grenze wird das Becken durch den Vorbau eines großen Deltakomplexes zur Gänze verfüllt, bis letztlich die anfangs noch marin beeinflussten Oberangerberger Schichten in rein fluviatile Sedimente übergehen (KROIS et al., 1991).

Die Oberangerberger Schichten zeigen zwischen Kramsach und Breitenbach (Oberangerberg) ihre größte Verbreitung. Spärliche Faunen- und Florenreste geben ein oberoligozänes Alter an (SCHLOSSER, 1909; ZÖBELEIN, 1952). Durch sequenzstratigraphische Überlegungen bietet sich als Untergrenze der Oberangerberger Schichten das sog. „Höllgrabenkonglomerat“ (HAMDI, 1969; MOUSSAVIAN, 1983) bei der Ortschaft Kleinsöll am Unterangerberg an, das durch frühere Autoren aufgrund seines marinen Charakters noch zu den Unterangerberger Schichten gestellt wurde.

Der namensgebende Oberangerberg wird mit Ausnahme von quartären glazialen und glazigenen Sedimenten ausschließlich durch die chattischen Oberangerberger Schichten aufgebaut. Die Wechsellagerung konglomeratischer und feinerklastischer Lagen führt durch selektive Erosion zur Herausprägung eines reizvollen Landschaftsbildes. Östlich des bekannten Tiroler Bauernhöfemuseums Kramsach befindet sich eine ehemals für den Autobahnbau angelegte Schotterentnahmestelle

(Lokalität Mosen), die auch durch Pflanzenfossilfunde bekannt ist (Abb. 1). Dieser künstliche Aufschluß erschließt auf eine Breite von ca. 130 m und einer Höhe von ca. 12 m einen Konglomeratkomplex der Oberangerberger Schichten, der eine leichte tektonische Verstellung mit mittelsteilem Einfallen nach N aufweist. Durch einen senkrecht dazu verlaufenden Weegeschnitt erhält man auch noch Einblick in die dritte Dimension. Daher bot sich dieser Aufschluß für eine Faziesstudie in den fluviatilen Sedimenten an.

Mit dieser Studie soll aufgezeigt werden, daß die Anwendung unterschiedlicher Methoden (Lithofazieskonzept nach MIAL, 1977, 1978; RUST, 1978; Faziesarchitektur nach MIAL, 1985a,b, 1988a,b) je nach den Aufschlußverhältnissen zu divergierenden Ergebnissen führen kann. Dieses Problem wird anhand einer lateralen und vertikalen Erfassung des Gesamtaufschlusses sowie der Gegenüberstellung zweier voneinander abweichender vertikaler Teilprofile näher beleuchtet. Zur vollständigen Charakterisierung wurden 10 Profile nach lithofaziellen und faziesarchitektonischen Kriterien aufgenommen. Gleichzeitig wurden die vektoriellen Gefüge, erste granulometrische Daten und die Geröllpetrographie erfasst.

2. Geröllpetrographie

Zur überblicksmäßigen Erfassung der petrographischen Zusammensetzung der Konglomerate (Abb. 2) wurden im Aufschlußbereich über 1500 Gerölle ausge-

Geröllspektrum > 1 cm (Mosen)

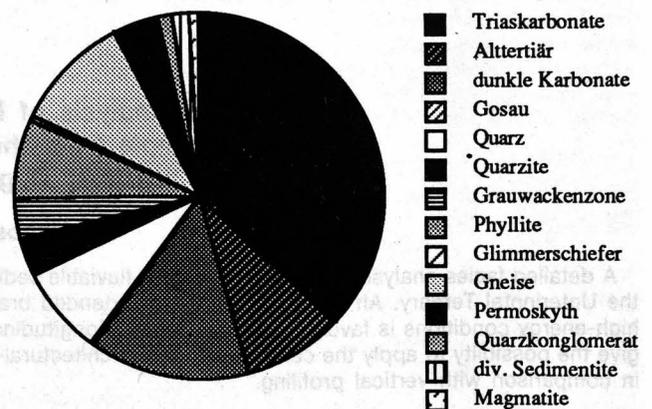


Abb. 2. Geröllspektrum der Konglomerate von Mosen.

wertet. Für die karbonatischen Gerölle wurden die Durchschnittswerte von MOUSSAVIAN (1983) mit den eigenen Ergebnissen kombiniert. Dabei zeigt sich eine starke Vormacht von Triaskarbonaten und Alttertiärgeröllen sowie von wahrscheinlich aus der Grauwackenzone stammenden dunklen Dolomiten. Bei den nicht-karbonatischen Geröllen überwiegen Gneise, Quarz (Gangquarze, aufbereitete Quarzknuern) sowie Phyllitkomponenten. Untergeordnet finden sich Gesteine aus der Grauwackenzone (Tuffite, Wildschönauer Schiefer, Quarzite), Glimmerschiefer sowie klastisch entwickeltes Permoskyth. Den Rest nehmen makroskopisch nicht eindeutig zuordenbare metamorphe und sedimentäre Komponenten ein.

3. Beschreibung und Interpretation der Lithofaziestypen

Bei der Profilaufnahme im Gelände wurden einzelne Lithofaziestypen nach dem Schema von MIALI (1977, 1978) sowie RUST (1978) verwendet. Dabei wird aufgrund granulometrischer und struktureller Kriterien eine Klassifikation vorgenommen, die gleichzeitig Hinweise auf die hydrodynamischen Bedingungen des Ablagerungssystems liefern kann. Granulometrisch können im Aufschlußbereich 3 Gruppen von lithologischen Einheiten unterschieden werden, die das gesamte Korngrößenspektrum von Grobkonglomeraten (über 25 cm Durchmesser) bis zu Feinsilt umfassen.

3.1. Konglomerattypen

Massige, ungeschichtete bis undeutlich horizontal geschichtete, intern strukturelose Konglomerate, die z. T. Matrixstützung zeigen (entsprechen dem Typ Gms nach MIALI, 1978), führen die größten Gerölle bis über 25 cm und treten vorwiegend in den hangenden Abschnitten des Aufschlusses auf. Vereinzelt zeigen sie durch schwach ausgeprägte Trennflächen (Korngrößenunterschiede) eine Amalgamation mehrerer Schüttungskomplexe an. Sie erreichen Mächtigkeiten von maximal 3 bis 4 m. Die Unterkanten zeigen durch schwache Undulationen erosive Tätigkeit an.



Abb. 4. Imbrikation von Geröllen im Lithofaziestyp Gm.

Der bei weitem vorherrschende Lithofaziestyp im grobklastischen Bereich sind normal gradierte Konglomerate (Typ Gm; Abb. 3). Bis zu m-mächtige Komplexe zeigen ein rinnenförmiges, z. T. stark erosives Eingreifen in ihren Untergrund. Geringmächtige gradierte Konglomerate besitzen eine eher flächige Verbreitung und eine kaum erosive Unterkante. Die maximalen Korngrößen sind an der Basis dieser Komplexe konzentriert, während der hangende Bereich der einzelnen Körper



Abb. 3. Schwach erosives Eingreifen von longitudinalen Kiesbanksedimenten (Gm) in sandige Konglomerate einer älteren Kiesbank. Reste von bei abflauendem Hochwasser sedimentierten Sanden mit Pflanzenresten. Gradiertes Internaufbau der Konglomerate mit Geröllimbrikation. Großer inkohlter Holzrest (rechts des Maßstabes). Profil 4.

eine sukzessive Korngrößenverringering von 10 bis zu 2 cm aufweist. Häufig ist in diesem Konglomerattyp Dachziegellagerung der Komponenten festzustellen (Abb. 4), vereinzelt auch parallele Anlagerung nach den Längsachsen. Die Schüttungsrichtung, ermittelt aus der Imbrikation, liegt im Mittel bei 110°. An der Basis einzelner Schüttungskörper sind aufgearbeitete Kohlefragmente bis zu 40 cm Länge vorhanden (Abb. 3). Eine Aufarbeitung des Untergrundes wird durch siltig-tonige Intraklaste (bis zu 20 cm Größe) angezeigt.

In einem Fall wurde inverse Gradierung mit Korngrößen bis zu 10 cm beobachtet. Diese Konglomeratschüttung steht auffallenderweise mit sehr feinklastischen Sedimenten in Verbindung.

Troglförmig und planar schräggeschichtete Konglomerate (Typen Gt bzw. Gp) weisen generell geringere Korngrößen auf (5 bis 10 cm) und treten im Aufschlußbereich nur untergeordnet auf. Einzelne geringmächtige schräggeschichtete Feinkonglomerate bilden den Abschluß von gradierten Sequenzen. Größerdimensionale Körper zeigen die gleichen Schüttungsrichtungen wie aus der Imbrikation, während kleindimensionale (dm-Bereich) z. T. stark abweichende Richtungen aufweisen können.

Die massigen Konglomerate weisen auf hochenergetische Transportbedingungen in fließendem Wasser hin und können im wesentlichen auf in Fließrichtung migrierende Longitudinalbänke, die zu Zeiten stärkerer Wasserführung aktiv waren, zurückgeführt werden. WESCOTT & ETHRIDGE (1983) interpretieren ähnliche, ebenfalls intern strukturlose Konglomerate als Surge Flows, die unter Hochwasserbedingungen sedimentiert wurden und auf die Mobilisation einer gesamten Rinne zurückgehen. Die Konzentration der größten Gerölle an der Basis kann man als meist gut ausgewaschenes Rinnenrückstandssediment ansehen. Troglförmig schräggeschichtete Typen weisen auf eine Verfüllung erosiv eingeschnittener Rinnen durch kiesige Großrippeln bzw. auf eine Abdeckung grobklastischer Longitudinalbänke bei nachlassender Strömungsenergie hin. Planar schräggeschichtete Konglomerate werden als linguoide Kiesbänke interpretiert. Die invers gradierte Bank deutet die Vorherrschaft von intergranularem Verteilungsdruck in einem hochkonzentrierten Kornge-

misch an und kann als density-modified Grain Flow (LOWE, 1982) oder Debris Flow aufgefaßt werden.

3.2. Sandsteintypen

Neben den dominierend auftretenden, oben beschriebenen Konglomeraten finden sich auch schwach verfestigte Sandsteine, die z. T. starke Kieseinstreuungen zeigen. Letztere können sowohl diffus verteilt, als auch in Form von Geröllschnüren und Nestern angereichert sein. Aufgrund sedimentärer Gefüge können troglförmig (Abb. 5) und planar schräggeschichtete Sandsteine (Typ St bzw. Sp) und horizontal geschichtete bis extrem flach schräggeschichtete Sandsteine, deren Schichtung durch Geröllschnüre akzentuiert wird, unterschieden werden (Typ Sh). Durch die Auflast nachfolgender Konglomeratschüttungen wurden lokal Deformationsgefüge (Belastungsmarken) produziert. In diesen Sandsteinen sind auf Schichtflächen Pflanzenreste angereichert.

Die troglförmig schräggeschichteten Sandsteine können zwanglos als sandige Dünen bzw. Großrippeln angesprochen werden und zeigen niedrigerenergetische Strömungsbedingungen an. Planare Schrägschichtung in Sandsteinen wird als Hinweis auf linguoide oder transversale Sandbänke, die ebenfalls im unteren Fließregime produziert wurden, gewertet. Das Auftreten von Horizontalschichtung in feinkörnigen Sandsteinen weist auf laminare Fließbedingungen unter relativ geringer Wasserbedeckung hin.

3.3. Siltige Typen

Geringmächtige siltige Einschaltungen sind im wesentlichen durch Horizontalschichtung gekennzeichnet (Typ Fl bzw. Fsc). Auch sie führen in geringem Maße Pflanzenreste und Kohlestückchen.

Diese feinkörnigen Typen können durch ein starkes Nachlassen der Fließenergie, was durch Rinnenverlegung oder durch einen plötzlichen Rückgang der Wasserführung verursacht sein kann, zur Ablagerung kommen. Daneben ist ein Teil dieser Sedimente auch dem Überschwemmungsbereich zuzuordnen (Abb. 6).

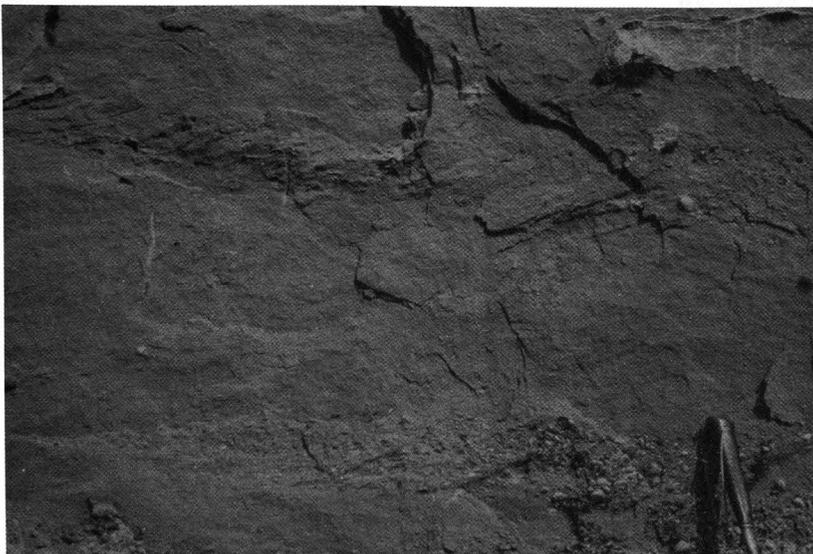


Abb. 5. Erosionskontakt von Lithofaziestyp Fl und Gm. Siltige Tonmergel füllen eine erosiv in Kiesbänke eingeschnittene, inaktive Hochwasserdurchbruchsrinne. Profil 9.



Abb. 6.
Lithofaziestyp St (sandige Großrippeln, etwas kiesig) mit Pflanzenresten auf den Leebläthern.
Profil 1.

4. Interpretation der Lithofazies-Vergesellschaftung nach MIALL

Aufbauend auf einer hauptsächlich vertikalen Verknüpfung der einzelnen Lithofaziestypen erstellte MIALL (1978) sechs Endglieder verzweigter fluviatiler Systeme. Jedes dieser Endglieder ist durch bestimmte Sedimentationsprozesse bzw. deren Produkte in Abhängigkeit von der Reife des Flußsystems gekennzeichnet. Als Modellfall dienen sechs rezent aktive alluviale Sedimentationsräume in Nordamerika. Die Studien von MIALL streichen deutlich hervor, daß es sich um Modelle handelt und zwischen diesen jeder Übergang möglich ist. Die Problematik einer allzu modellbezogenen Interpretation fluviatiler Klastika zeigt beispielsweise auch BRYANT (1983) auf.

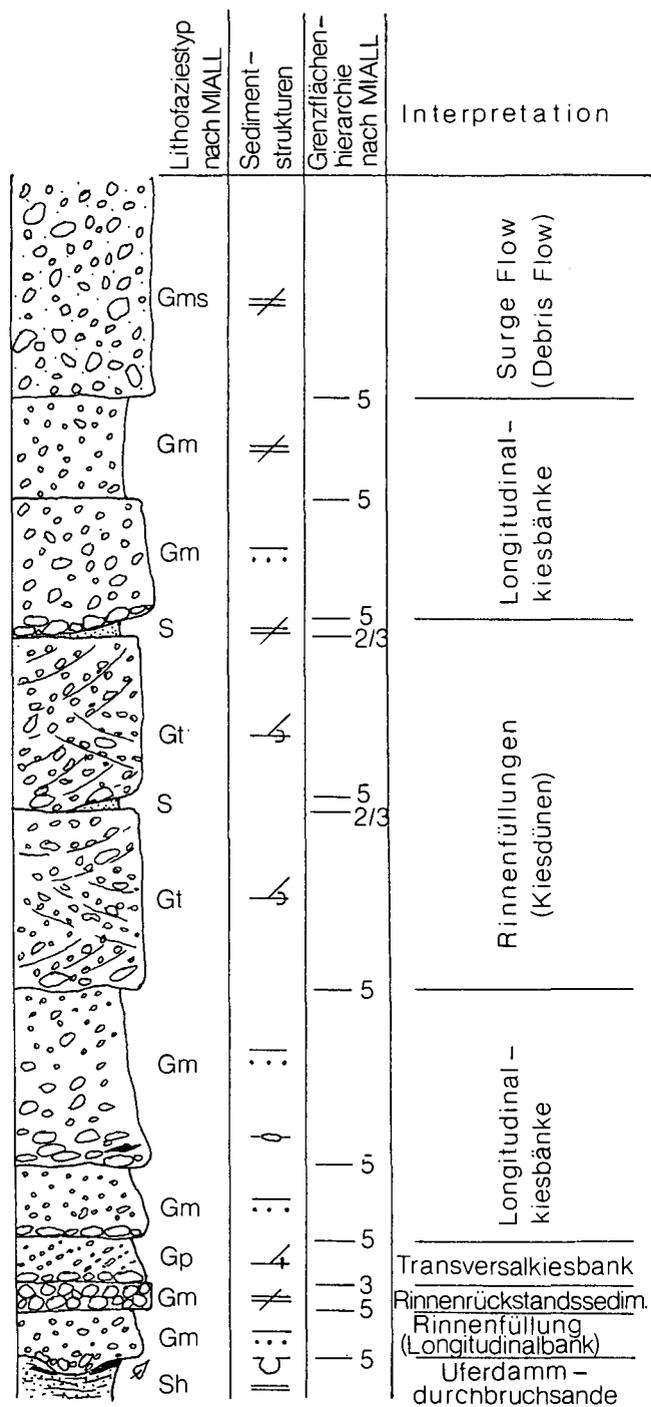
Der bearbeitete Aufschluß Mosen ist durch eine starke Vorherrschaft konglomeratischer Typen charakterisiert. Die Einzelprofile werden beinahe vollständig durch Konglomerate aufgebaut, was im wesentlichen bei gleichzeitiger Beachtung des Strukturinventars einem (nach der Klassifikation von MIALL, 1978) proximalen, schwach sinuosen, verzweigten und bodenfrachtdominierten Flußsystem mit ständiger Wasserführung entspricht. Die grobklastische Entwicklung weist

auf einen relativ starken Gefällsgradienten hin, ebenso der geringe Anteil bzw. das Fehlen von feinklastischen Überflutungssedimenten in den meisten Einzelprofilen. Der Sedimentationsablauf wird hauptsächlich durch Rinnenauffüllung in Form von Longitudinalbänken und Großrippeln verschiedener Dimension dominiert (ähnlich den Verhältnissen, die RAMOS & SOPENA, 1983, aus dem iberischen Buntsandstein beschreiben). Das entspricht im wesentlichen dem „Scott-Typ“ (MIALL, 1977) bzw. G_{II} (RUST, 1978, 1984), die vorwiegend durch die Stapelung vieler Kiesbankgenerationen aufgebaut werden, oder mit Einschränkungen dem „Donjek-Typ“ bzw. G_{III}, wenn der Kiesanteil unter 90 % sinkt. Die Konstanz der Schüttungsrichtungen, die aus Imbrikation und großdimensionalen Schrägschichtungskörpern ermittelt wurden, spricht für das Vorhandensein verzweigter Gerinne. Die abweichenden Richtungen der kleindimensionalen Körper, die meistens Fazies G_m überlagern, kann mit dem Zerschneiden der Kiesbänke bei abnehmendem Wasserstand und Produktion von Großrippeln in Sekundärgerinnen erklärt werden. Durch die starke erosive Tätigkeit kommt es aber meist nur zur Überlieferung hochenergetischer Ereignisse, die sich in Form von „diffuse gravel sheets“ (strukturlose, höchstens gradierte Konglomeratbänke, Typ G_m, und bei hohem Matrixgehalt G_{ms}) äußern. Der geringe Anteil an Feinklastika aus dem Überschwemmungsbereich unterstützt die Interpretation als proximales, verzweigtes Flußsystem.

5. Gegenüberstellung zweier unterschiedlicher Einzelprofile

Um Probleme in der faziellen Interpretation, die bei einer eingeschränkten lateralen Einsicht in die fazielle Entwicklung entstehen, aufzuzeigen, werden Profil 5 und 10 aus Abb. 5 gegenübergestellt und getrennt anhand der vertikalen Lithofaziesverknüpfung interpretiert. Es ist zwar in vielen Fällen (z.B. in Bohrungen oder bei Profilen in schmalen Gräben) unumgänglich, sich ausschließlich auf die vertikale Abfolge zu stützen, wobei auch die Interpretation im Kern zum gleichen Ergebnis führt, allerdings muß man sich bewußt sein, daß im Detail sehr leicht eine Überinterpretation die Folge sein kann. Auch statistische Methoden (z.B. Markov-Ketten-Analyse) können hier nur als Zusatzinformation dienen und sollten für interpretative Zwecke nicht überbewertet werden (vgl. GODIN, 1991).

Profil 5 mit ca. 8 m Mächtigkeit wird im wesentlichen durch Lithofaziestyp G_m aufgebaut (Abb. 7). Die meisten der bis zu 1 m dicken Sequenzen zeigen normale Gradierung bzw. sehr diffuse interne Schichtung, die höchstens durch imbrikierte oder nach den Längsachsen eingeregelt Gerölle angedeutet wird. Dieser Lithotyp repräsentiert in den meisten Fällen longitudinale Kiesbänke, die die Plombierung einer Rinnenstruktur nach sich ziehen. Lediglich die geringmächtige gradierte G_m-Bank nahe der Basis des Profils kann auch als unkanalisierte Schichtflut aufgefaßt werden, wofür auch ihre kaum undulierende Unterkante spricht. Ebenfalls an der Profilbasis findet sich ein gut sortiertes, beinahe matrixfreies Konglomerat mit Korngrößen von ca. 10 cm, das als Rinnenrückstandssediment (channel lag) zu interpretieren ist. Diese ehemalige Rinnenbasis wird durch eine geringmächtige Lage von G_p überla-



Legende zu Profil 5 und 10:

- | | | | |
|---|------------------------------|---|------------------|
| ≠ | strukturlos | ↘ | flache |
| — | ebene Schichtung | ○ | Geröllregelung |
| ∴ | normale Gradierung | ∴ | Imbrikation |
| ∴ | inverse Gradierung | ∩ | Belastungsmarken |
| ↘ | planare Schrägschichtung | ↘ | Pflanzenreste |
| ↘ | trogförmige Schrägschichtung | | |

1 m

Abb. 7. Vertikale Lithofaziesentwicklung von Profil 5 (aus Abb. 5). Lithofaziestypen nach MIALL (1977, 1978; Erklärung im Text), Grenzflächenhierarchie nach MIALL (1988a).

gert, die als Produkt einer linguoiden Kiesbank oder einer Transversalbank angesehen wird. In Profilmitteln schalten sich zwei Körper trogförmig schrägschichteter Konglomerate ein (Gt), die ebenfalls Rinnenfüllungen, allerdings in Form von Kiesdünen bzw. -großrippeln, darstellen. Auf Grund der Tiefe von jeweils ca. 1 m könnte es sich um Hauptgerinne, die Kiesbankformen seitlich umrahmen, handeln. Den Abschluß des Profils im Hangenden bildet ein Komplex von unstrukturierten Konglomeraten, die bei Nichtkenntnis der lateralen Verhältnisse auf Grund ihrer lokalen Matrixstützung entweder als Debris Flow (Schuttstromsediment) oder als Surge Flow im Sinne von WESCOTT & ETHRIDGE (1983) – und somit als Rinnensediment – interpretiert werden können. Feinklastika zeigen sich im gesamten Profil lediglich in Form eines horizontal geschichteten Sandsteins an der Basis bzw. durch geringmächtige Erosionsrelikte von massigen, ungeschichteten Sandsteinen zwischen den Konglomeratkomplexen.

Eine Interpretation dieses Profils anhand der vertikalen Lithofaziesvergesellschaftung zeigt auf jeden Fall, daß es sich um ein verzweigtes Rinnensystem gehandelt haben muß. Auch die Einstufung nach dem Schema von MIALL (1977, 1978) bereitet keine Probleme, auf Grund der Korngrößen und des strukturell begründeten Internaufbaus durch vorwiegend longitudinale Transportkörper kann die Abfolge relativ zwanglos dem „Scott-Typ“ zugeordnet werden. Innerhalb dieses Typs ist allerdings offen, ob es sich um Ablagerungen einer grobklastischen braidplain, wie sie beispielsweise in Sanderflächen vorliegen, handelt, oder ob die Sedimente dem Mittelabschnitt eines alluvialen Schuttfächers entsprechen. Für letzteres spräche die Verknüpfung von sporadischen Debris Flows (sofern als solche interpretiert) mit strömungstransportierten Sedimenten und Schichtflutablagerungen.

Profil 10 (Abb. 8) zeigt eine etwas abweichende Entwicklung, obwohl das 11 m mächtige Profil nur ca. 75 m lateral von Profil 5 entfernt liegt. Es wird zwar ebenfalls von Lithofaziestyp Gm dominiert, der auch hier als Produkt longitudinaler Kiesbänke interpretiert werden kann, es schalten sich aber mit einem Anteil von ca. 25 % relativ feinklastische (grosandige bis siltige) Einheiten ein (Typen Sh, Sp, Fl). Diese zeigen Strukturen des hochenergetischen Strömungsregimes wie Horizontalschichtung oder flach einfallende Schrägschichtung, die ebenfalls im Typ Sh beinhaltet ist. Der planar schrägschichtete Sandstein geht auf einen linguoiden Körper zurück, der allerdings in verschiedener Weise interpretiert werden kann. Lithofazies Fl mit Horizontalschichtung kann auf Grund seiner Verknüpfung mit Pflanzenresten (Blattreste etc.) wohl eher schwachen Strömungsbedingungen bzw. fast stehendem Wasser entstammen. Das invers gradierte Konglomerat, das in die Feinklastika eingeschaltet ist, zeigt im Profil einen eher schichtigen als rinnenförmigen Charakter. Es kann entweder als dichtemodifizierter Grain Flow (LOWE, 1982), der in stehendes Wasser geschüttet wurde, oder als hochviskoser Schuttstrom, in dem beim Stillstand ebenfalls dispersiver Korndruck vorherrscht, interpretiert werden.

Die Vergesellschaftung dieser Lithofazies zeigt als gemeinsamen Nenner wieder den Charakter eines verzweigten Rinnensystems. Während die Konglomerate im wesentlichen als Kiesbänke in fluviatilen Rinnen angesprochen werden können (wie z.B. bei RAMOS & So-

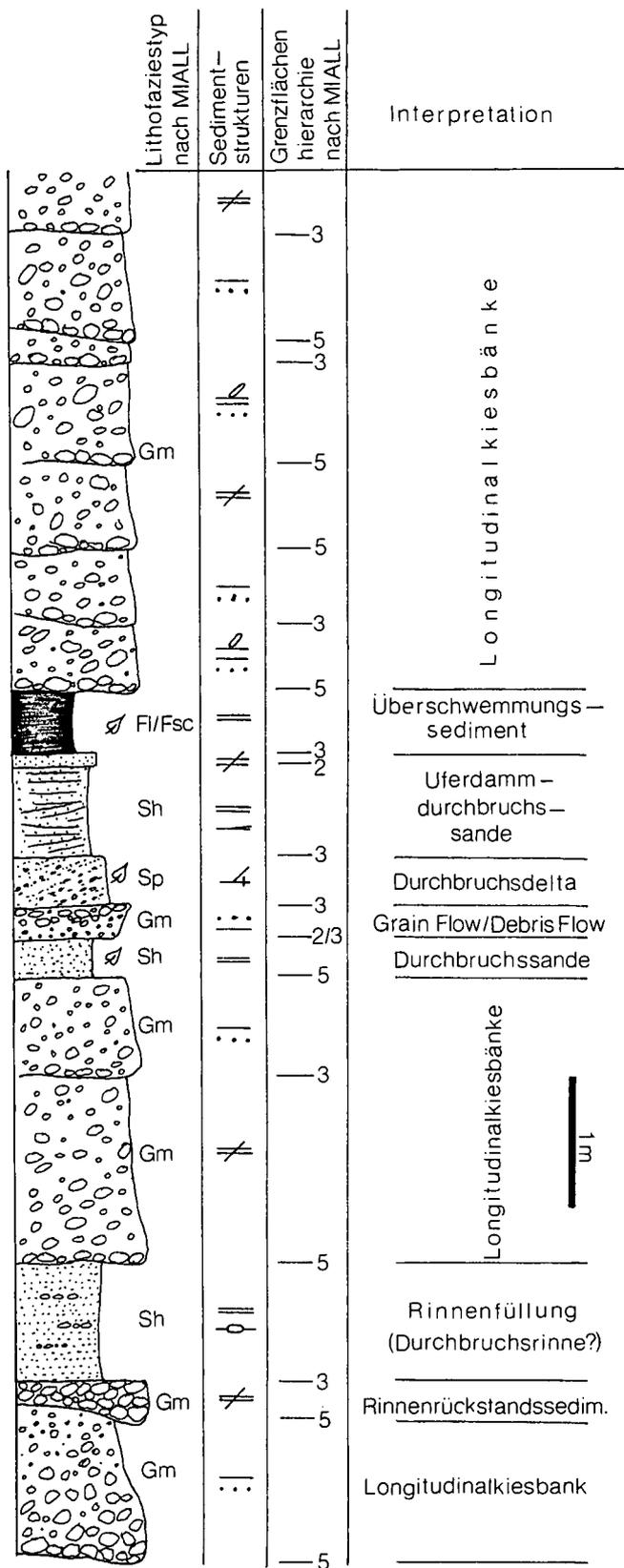


Abb. 8. Vertikale Lithofaziesentwicklung von Profil 10 (aus Abb. 5). Lithofaziestypen nach MIALL (1977, 1978), Grenzflächenhierarchie nach MIALL (1988a). Legende siehe Abb. 7.

in flachem Wasser sedimentiert wurden. Ob es sich um Sedimente aus einem Uferdammdurchbruch (crevasse splay) oder um eine infolge Hochwassers reaktivierte und aufgefüllte Rinne handelt, könnte nur mit Einblick in die flächige Entwicklung schlüssig beantwortet werden. Erstere Interpretation wäre auch eine Erklärung für Fazies Sp, die in diesem Zusammenhang als deltaartiger Körper beim Nachlassen der Strömung im Überschwemmungsbereich aufgefaßt werden kann, während die siltigen Ablagerungen von Fazies FI als Stillwassersedimente in temporären Tümpeln betrachtet werden können. Folgt man der Klassifikation von MIALL, ist man in diesem Profil beim gleichen Problem wie BRYANT (1983), der an pleistozänen Flußsedimenten ähnlichen Maßstabs ebenfalls nicht entscheiden konnte, ob es sich um eine einzige Abfolge des „Donjek-Typs“ (nach MIALL 10 bis 90 % Grobanteil) oder um eine Verzahnung zweier fluviatiler Grundtypen handelt. Da in Profil 10 die Feinklastika Gefüge zeigen, wie sie für ephemere, durch sporadische Starkregenfälle gespeiste Flüsse des „Bijou Creek-Typs“ (MIALL, 1978) charakteristisch sind (McKEE et al., 1967; TUNBRIDGE, 1984), ist durchaus auch eine zusammengesetzte Abfolge von Scott- (Konglomerate) und Bijou Creek-Typ (Sandsteine) und damit ein Verzahnung von distalen Fächersedimenten mit einer ephemeralen braidplain denkbar, wenn auch nicht sehr wahrscheinlich.

Da die diversen Grundtypen auch eine gewisse Zonierung hinsichtlich Proximalität zum Liefergebiet nachzeichnen sollen, ist mit solchen weiterreichenden Interpretationen, die nur an sehr schmalen Profilausschnitten erstellt werden, eher sparsam umzugehen.

6. Faziesarchitektur

Eine Klassifikation fluviatiler Systeme, die ausschließlich auf einer vertikalen Verknüpfung einzelner Lithofaziestypen beruht, kann nur einen Teil der Vielfalt eines fluviatilen Systems erfassen. MIALL (1985a) weist darauf hin, daß gleichartige Lithofaziestypen unterschiedlichen genetischen Ursprungs sein können und daher nicht ausschließlich einen bestimmten Ablagerungsbereich dokumentieren. Die ebenfalls zur Grobklassifikation verwendete Rinnenmorphologie (verzweigt oder mäandrierend) stellt auch keinen rigiden Parameter dar. Durch die Vielzahl auto- sowie allozyklischer Prozesse, die teilweise voneinander abhängig auf fluviatile Systeme wirken, und in den unterschiedlichsten Kombinationen miteinander verknüpft sein können, ist es notwendig, die Ergebnisse dieser Prozesse auf Grundtypen zu reduzieren.

Eine derartige Reduktion und Unterteilung kann auf einer Klassifikation der Größe einzelner Transportkörper beruhen (JACKSON, 1975). Dabei können Mikroformen (z.B. Kleinrippel), Mesoformen (Sandwellen, Dünen) und Makroformen (zusammengesetzte Bänke, große Rinnen) unterschieden werden. Eine vertikale Erfassung ist ausschließlich zur Erfassung der Mikroformen und mit Einschränkungen der Mesoformen ausreichend.

Zur Dokumentation der Meso- und Makroformen verweist MIALL (1985a) auf die Notwendigkeit der Einbeziehung der lateralen Komponente, die, in Abhängigkeit vom jeweiligen fluviatilen System, Größenordnungen bis zu mehreren hundert Metern erreicht. Er reduziert

PENA, 1983; RUST, 1984), stehen für die Genese der sandigen bis siltigen Ablagerungen mehrere Möglichkeiten offen. Gemeinsam ist den meisten (bis auf Fazies Sp und FI), daß sie unter hoher Strömungsenergie

die Makroformen auf acht architektonische Grundelemente, deren Erfassung und Verknüpfung für die Beschreibung aller fluviatilen Systeme ausreichend ist.

Diese Elemente werden durch Korngröße, die am Aufbau beteiligten Transportkörper und deren interne Verknüpfung, sowie durch ihre externe Geometrie charakterisiert. Bei der Beschreibung der Elemente müssen nun folgende Parameter erfaßt werden: die Art und Form der Begrenzungsflächen des Elements (MIALL, 1988a,b; GODIN, 1991), seine externe und interne Geometrie und seine Größe. Die Elemente selbst zeigen einen hierarchischen Aufbau.

Als hierarchisch höchststehendes Element wird von MIALL (1985a) das Element CH (channels) definiert, das, abhängig von der Dimension des Ablagerungssystems, seinerseits wiederum aus hierarchisch tieferstehenden CH-Elementen aufgebaut wird. Aufgrund fazieller und auch morphologischer Überlegungen – der in der Landschaft deutlich ausgeprägte Wechsel zwischen als Rippen herauswitternden, konglomeratdominierten Typen und feinerklastischen Sedimenten – ist der gesamte Aufschluß Mosen nur als Teil eines CH-Hauptelements anzusehen, das von Begrenzungsflächen 6. Ordnung (MIALL, 1988 a) eingerahmt wird. Diesem untergeordnete CH-Typen, mit Kennzeichen wie erosive Basis, konkav aufwärts gerichtete Unterkante (Begrenzungsflächen 5. bzw. 3. Ordnung), können im Aufschluß Mosen differenziert werden (z.B. hangendste Bank im Profil 2 schneidet sich in den Profilen 3 und 4 sukzessive in tiefere Einheiten ein, Abb. 9). Lithofaziell wird dieses Element zum überwiegenden Teil aus dem Typ Gm, untergeordnet aus den Typen Gt und Gp aufgebaut. Die Dominanz der lateralen über die vertikale Erstreckung (width/depth ratio) weist auf ein hochmobiles Rinnensystem hin (Abb. 9). Das im architektonischen Sinne im Bereich Mosen am häufigsten auftretende Element stellt das Element GB dar (gravelly bars and bedforms), das seinerseits am Aufbau des Elements CH beteiligt ist. Kennzeichnend ist ein flächiges, nicht erosiv eingreifendes Auftreten des Lithofaziestyps Gm bzw. des Typs Gt und Gp. Genetisch kann dieses Element auf bei Hochwasserstadien aggradierende und migrierende Longitudinalbänke zurückgeführt werden. Durch leeseitige Ablösungswirbel (lee-side separation eddies) kann es zur Verknüpfung der Typen Gp und Gm kommen (HEIN & WALKER, 1977, cit. in MIALL, 1985a). Die Differenzierung der Elemente CH und GB wird im vorliegenden Fall dadurch erschwert, daß es auch beim Element GB untergeordnet zur Ausbildung erosiver Unterkanten kommen kann, sodaß unter Berücksichtigung der hohen width/depth ratio und damit der Dominanz einer flächigen Verteilung, ein alleiniges Auftreten des Elements GB nicht ausgeschlossen werden kann.

Hierarchisch tieferstehende Elemente treten nur sehr stark untergeordnet auf. Das Element SB (sandy bedforms) wird aus den Lithofaziestypen St, Sp sowie Sh aufgebaut. Das Auftreten von Geröllschnüren und -nestern stellt nach MIALL (1985a) ein typisches Kennzeichen des Elements SB dar und dürfte daher die Existenz des aus ähnlichen Lithofaziestypen aufgebauten Elements LS (laminated sand sheets) eher ausschließen. Genetisch dokumentiert dieses Element hauptsächlich migrierende sandige Transportkörper in aktiven Rinnensystemen. Die teilweise auftretende enge Verknüpfung mit dem Element OF (overbank fines) legt für diese Fälle eine Interpretation als Uferdammdurchbruchsedimente (crevasse splays) nahe (Abb. 6).

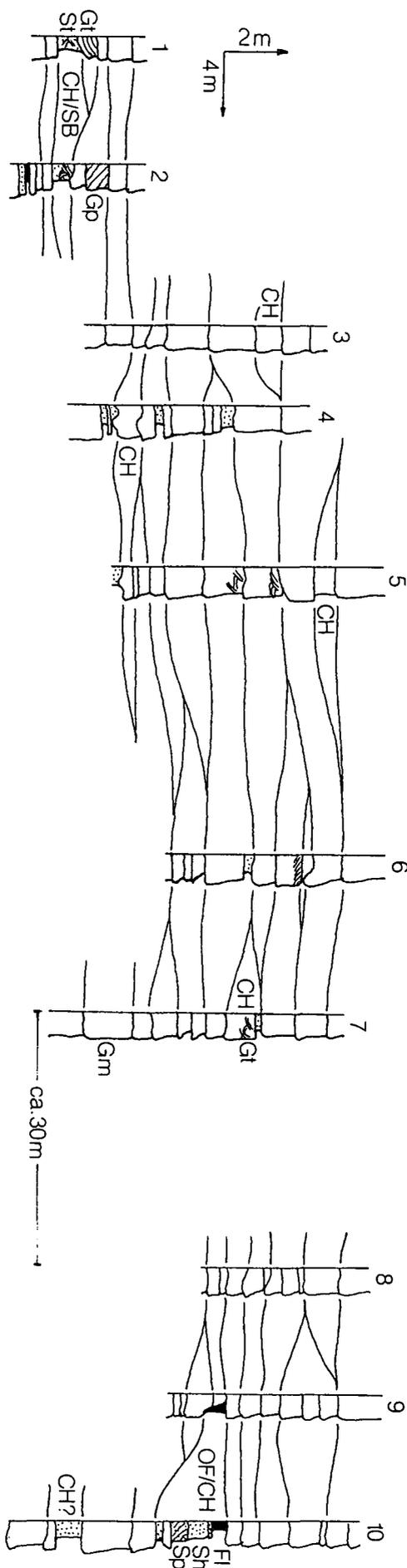


Abb. 9. Architekturelemente und Grenzflächen im Aufschluß Mosen. Nicht bezeichnete Elemente sind Rinne, die meist durch Longitudinalbänke plombiert werden (Elemente CH/GB). Grenzflächen 5. (z.T. 3.) Ordnung. Trotz lateraler Verkürzung des Profils kommt deutlich das hohe Breiten/Tiefen-Verhältnis zum Ausdruck.

Faziesarchitektonisch zeigt der Aufschluß Mosen, abgesehen vom nicht eindeutig dokumentierten Auftreten des Elements CH, eine starke Dominanz des Elements GB, die Elemente SB und OF treten nur untergeordnet in Erscheinung. Diese Verknüpfung entspricht dem von MIALL (1985a) erstellten Modell 3. Dieses Modell ist kennzeichnend für kiesdominierte Flußsysteme, in denen es zur Ausbildung unterschiedlicher morphologischer Niveaus kommt. Der morphologisch tiefste Teil ist durch das aktive Flußsystem mit einer ständigen Wasserführung charakterisiert. Morphologisch höhere Bereiche werden nur bei Hochwasserstadien in fluviatile Sedimentationsprozesse einbezogen. Im Verbreitungsgebiet der Oberangerberger Schichten treten diese Überschwemmungsbereiche in Form zurückwärtiger Täler zwischen Konglomeratrücken zutage. Während Phasen niedrigerer und normaler Wasserführung kann es zur Ausbildung von Vegetation auf diesen Niveaus und damit zu einer Stabilisierung gegenüber einer Erosion durch Rinnenverlagerung kommen (häufiges Auftreten von Florenresten an der Lokalität Mosen). Durch autozyklische laterale Verlagerung und Aggradation kann es zur Stapelung sukzessive höherer Niveaus und damit zur Ausbildung von upward-fining Sequenzen kommen, wie sie im Profil 10 dokumentiert werden. MIALL (1985b) selbst vergleicht dieses Modell 3 mit dem Donjek-Endmember seiner verzweigt fluviatilen Grundtypen, wobei allerdings die starke Kiesdominanz im vorliegenden Fall herausgestrichen werden muß.

7. Diskussion

Ein Vergleich zwischen rein vertikaler Profilaufnahme und einer Kombination lateraler und vertikaler Daten zeigt deutlich die Probleme, die eine Faziesinterpretation bei unterschiedlichen Aufschlußbedingungen mit sich bringt. Aufgrund des Gefüges, des strukturellen Inventars und dessen interner Beziehungen steht eine Deutung als fluviatiles System mit einem verzweigten Rinnenmuster außer Frage. Eine Differenzierung verzweigter Flußsysteme, die ausschließlich auf vertikalen Profilaufnahmen beruht, kann allerdings zu Mißinterpretationen mit weitreichenden Folgen führen. Gleichartige Vertikalabfolgen, vor allem geringer Mächtigkeit, wie sie im vorliegenden Fall auftreten, können durch unterschiedliche auto- und allozyklische Prozesse gesteuert werden und in unterschiedlichen fluviatilen Ablagerungsbereichen auftreten. Rückschlüsse auf die Ursachen dieser Prozesse (z. B. Klima, Tektonik) sind daher mit einem großen Unsicherheitsgrad behaftet. So kann z.B. das Profil 10 entweder als Teil einer weiträumigen braidplain mit Überschwemmungsflächen in humidem Klima gesehen werden, was im vorliegenden Fall eher zutrifft, oder als Verzahnungsbereich eines alluvialen Schutfächers mit einer ephemeralen Schwemmbene, wie sie in ariden bis semiariden Klimata auftritt. Eine Integration der lateralen Daten führt zu eindeutigeren Ergebnissen. Aufgrund der Gliederung in Elemente, die in bestimmter hierarchischer Position zueinander stehen und durch ein System von Begrenzungsflächen voneinander abgetrennt werden, lassen sich die Kontrollparameter (Klima, Tektonik, hydrodynamische Bedingungen, wie Gradient, Abflußmenge) wesentlich besser erfassen. Um eine zielführende Fa-

ziesinterpretation klastischer fluviatiler Sedimente durchzuführen, zeigt sich daher deutlich die Notwendigkeit von Aufschlüssen größerer lateraler Erstreckung oder eng benachbarter, vertikaler Profile. Eine detaillierte Erfassung speziell aller vektorieller Gefüge läßt auch in großflächigen zweidimensionalen Aufschlüssen auf die dreidimensionale Entwicklung der Architekturelemente und Transportkörper schließen. Nur daraus können verlässliche paläogeographische und paläomorphologische Rückschlüsse gezogen werden.

8. Schlußbetrachtung

Die chattischen Oberangerberger Schichten der Lokalität Mosen stellen Sedimente eines großräumigen verzweigten Flußsystems dar. Die hochmobilen Gerinne sind im wesentlichen durch hochenergetische Strömungsbedingungen gekennzeichnet. Grobklastische Longitudinalbänke stellen die dominierenden Transportkörper dar. Untergeordnet treten linguoide Transportkörper, transversale Kiesbänke sowie sandig-siltige Ablagerungen eines Überschwemmungsbereichs auf.

Die Anwendung des Lithofazieskonzepts nach MIALL (1977, 1978) an vertikalen Abfolgen wurde an zwei Einzelprofilen, die innerhalb des Aufschlusses „Extrementwicklungen“ darstellen, versucht. Dabei ergibt sich in einem Fall eine Interpretation als bodenfrachtdominiertes System, das dem Scott-Typ nach MIALL (1977, 1978) bzw. G_{II} nach RUST (1978) entspricht. Im anderen Fall, in dem feinklastische Überflutungssedimente beteiligt sind, treten hinsichtlich der Interpretation Diskrepanzen auf. Dieses Profil kann entweder dem Donjek-Typ (kies- und sanddominiertes, perennierendes, proximales verzweigtes Flußsystem) nach MIALL (1977, 1978) zugeordnet werden, oder als Verzahnung zwischen Sedimenten des Scott- (kiesdominiert, proximale braidplain oder Schutfächer) und des Bijou Creek-Typs (distale, ephemerale sanddominierte braidplain) angesehen werden. Hinsichtlich der Proximalität zum Liefergebiet und der paläoklimatischen Bedingungen führen diese zwei Interpretationen zu unterschiedlichen Schlüssen.

Die Einbeziehung der lateralen Entwicklung (Faziesarchitektur sensu MIALL, 1985a,b, 1988a,b) erlaubt eine Einschränkung der Vielfalt der Interpretationsmöglichkeiten. Durch diese modellunabhängige Betrachtungsweise läßt sich wesentlich besser die großräumige, wie auch die lokale Entwicklung des gesamten Systems erfassen und Fehlermöglichkeiten in der Interpretation eingrenzen. Bei entsprechenden Aufschlußverhältnissen ist daher der Anwendung dieses Konzepts auf jeden Fall der Vorzug zu geben.

Dank

Die Autoren sind Herrn Doz. R. BRANDNER für die ständige Diskussionsbereitschaft und die Durchsicht des Manuskripts zu Dank verpflichtet. Herr A. KAMELGER unterstützte uns tatkräftig bei den Geländearbeiten. Die Arbeit wurde aus Mitteln des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt P6806-GEO, Projektleitung Prof. H. MOSTLER) gefördert.

Literatur

- BRYANT, I.D.: Facies sequences associated with some braided river deposits of late Pleistocene age from Southern Britain. – In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (eds.): *Modern and Ancient Fluvial Systems*. – Spec. Publ. int. Ass. Sediment., **6**, 267–275, Oxford (Blackwell) 1983.
- GODIN, P.D.: Fining-upward cycles in the sandy braided-river deposits of the Westwater Canyon Member (Upper Jurassic), Morrison Formation, New Mexico. – *Sediment. Geol.*, **70**, 61–82, Amsterdam 1991.
- HAGN, H. et al.: Die Bayerischen Alpen und ihr Vorland in mikropaläontologischer Sicht. – *Geol. Bav.*, **82**, 408 S., München 1981.
- HAMDI, B.: Das Tertiär des Ober- und Unterangerberges im Unterinntal (Tirol). – Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck, 146 S., Innsbruck 1969.
- JACKSON, R.G. II: Hierarchical attributes and a unifying model of bed forms composed of cohesionless material and produced by shearing flow. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **62**, 1523–1533, Boulder 1975.
- KEIGWIN, L. & KELLER, G.: Middle Oligocene cooling from equatorial Pacific DSDP Site 77B. – *Geology*, **12**, 16–19, Boulder 1984.
- KROIS, P., BRANDNER, R. & STINGL, V.: Sedimentationsgeschichte des Oligozäns im Unterinntal (Tirol, Österreich). – Abstract „Sediment '91“, 2 S., Wilhelmshaven 1991.
- LOWE, D.R.: Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. – *Jour. Sed. Petrol.*, **52**, 279–297, Tulsa 1982.
- McKEE, E.D., CROSBY, E.J. & BERRYHILL, H.L.Jr.: Flood deposits of Bijou Creek, Colorado, June 1965. – *Jour. Sed. Petrol.*, **37**, 829–851, Tulsa 1967.
- MIALL, A.D.: A review of the braided river depositional environment. – *Earth-Sci. Rev.*, **13**, 1–62, Amsterdam 1977.
- MIALL, A.D.: Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. – In: MIALL, A.D. (ed.): *Fluvial Sedimentology*. – *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 597–604, Calgary 1978.
- MIALL, A.D.: Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. – *Earth-Sci. Rev.*, **22**, 261–308, Amsterdam 1985a.
- MIALL, A.D.: Multiple-channel bedload rivers. – In: FLORES, R.M. et al. (eds.): *Recognition of fluvial depositional systems and their resource potential*. – *SEPM Short Course No. 19*, 83–99, Tulsa 1985b.
- MIALL, A.D.: Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: Anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic), Southwest Colorado. – *Sediment. Geol.*, **55**, 233–262, Amsterdam 1988a.
- MIALL, A.D.: Facies architecture in clastic sedimentary basins. – In: KLEINSPHEN, K.L. & PAOLA, C. (eds.): *New Perspectives in Basin Analysis*. – 67–81, New York etc. (Springer) 1988b.
- MOUSSAVIAN, E.: Die Gosau- und Alttertiär-Gerölle der Angerberg-Schichten (Oberoligozän, Unterinntal). Ein Beitrag zur Paläogeographie und Tektonik der Nördlichen Kalkalpen in alttertiärer Zeit. – Unveröff. Diss. Univ. München, 189 S., München 1983.
- RAMOS, A. & SOPENA, A.: Gravel bars in low-sinuosity streams (Permian and Triassic, central Spain). – In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (eds.): *Modern and Ancient Fluvial Systems*. – Spec. Publ. int. Ass. Sediment., **6**, 301–312, Oxford (Blackwell) 1983.
- RUST, B.R.: Depositional models for braided alluvium. – In: MIALL, A.D. (ed.): *Fluvial Sedimentology*. – *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 605–625, Calgary 1978.
- RUST, B.R.: Proximal braidplain deposits in the Middle Devonian Malbaie Formation of Eastern Gaspé, Quebec, Canada. – *Sedimentology*, **31**, 675–695, Oxford 1984.
- SCHLOSSER, M.: Zur Geologie des Unterinntales. – *Jb. k.k. geol. R.-A.*, **59**, 525–574, Wien 1909.
- STINGL, V. & KROIS, P.: Marine fan delta development in a Paleogene interior-Alpine basin: the basal Häring beds (Tyrol, Austria). – *N. Jb. Geol. Paläont.*, **1991(7)**, 427–442, Stuttgart 1991.
- TUNBRIDGE, I.P.: Facies model for a sandy ephemeral stream and clay playa complex; the Middle Devonian Trentishoe Formation of North Devon, U.K. – *Sedimentology*, **31**, 697–715, Oxford, 1984.
- WESCOTT, W.A. & ETHRIDGE, F.G.: Eocene fan delta – submarine fan deposition in the Wagwater Trough, east-central Jamaica. – *Sedimentology*, **30**, 235–245, Oxford 1983.
- ZÖBELEIN, H.K.: Die Bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. – *Geol. Bav.*, **12**, 1–86, München, 1952.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 6. Mai 1991.