

# Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich)

Martin GROSS

Mit 5 Abbildungen, 3 Tabellen, 4 Tafeln und 2 Beilagen

## Zusammenfassung

Im Unterpannonium „Zone B-C“ entwickeln sich im oststeirischen Neogenbecken in distaler Position zum Grundgebirge (Paldau, Bezirk Feldbach) kiesreiche bis kies-sandreiche Mäanderflüsse in warmtemperiertem Klima. Anhand einer architekturelementanalytischen Fallstudie (Monscheinkiesgrube, 1 km ESE Paldau) werden die autogen gesteuerten Sedimentationsprozesse dieses fluviatilen Systems diskutiert, der Flußtyp charakterisiert und ein Faziesmodell erstellt.

## Abstract

In the Lower Pannonian „Zone B-C“ of the East Styrian Neogenebasin in distal position to the basement (Paldau, district Feldbach) develop gravel-bed to gravel-sand meandering rivers during warmtemperate climate. Based on an architecture-element-analytic casestudy (Monschein gravel pit, 1 km ESE Paldau) the autogene controlled sedimentary processes within this fluvial system are described, the fluvial style is characterised and a facies modell is established.

## 1. Geologischer Rahmen

Das am Alpenostrand gelegene oststeirische Neogenbecken ist Teil des durch miozäne Dehnungstektonik angelegten Pannonischen Beckensystems (vgl. NEUBAUER & GENSER 1990). Die bis zu 4.000 m mächtige Beckenfüllung setzt vermutlich im oberen Untermiozän (Ottningium) ein und ist durch zahlreiche Trans- und Regressionen der zentralen Paratethys und Phasen vulkanischer Aktivität geprägt. Im Gebiet Paldau-Perlsdorf (Bezirk Feldbach) sind übersarmatische bis unterpannone Sedimente aufgeschlossenen (Abb. 1, 2; vgl. GROSS 1997c).

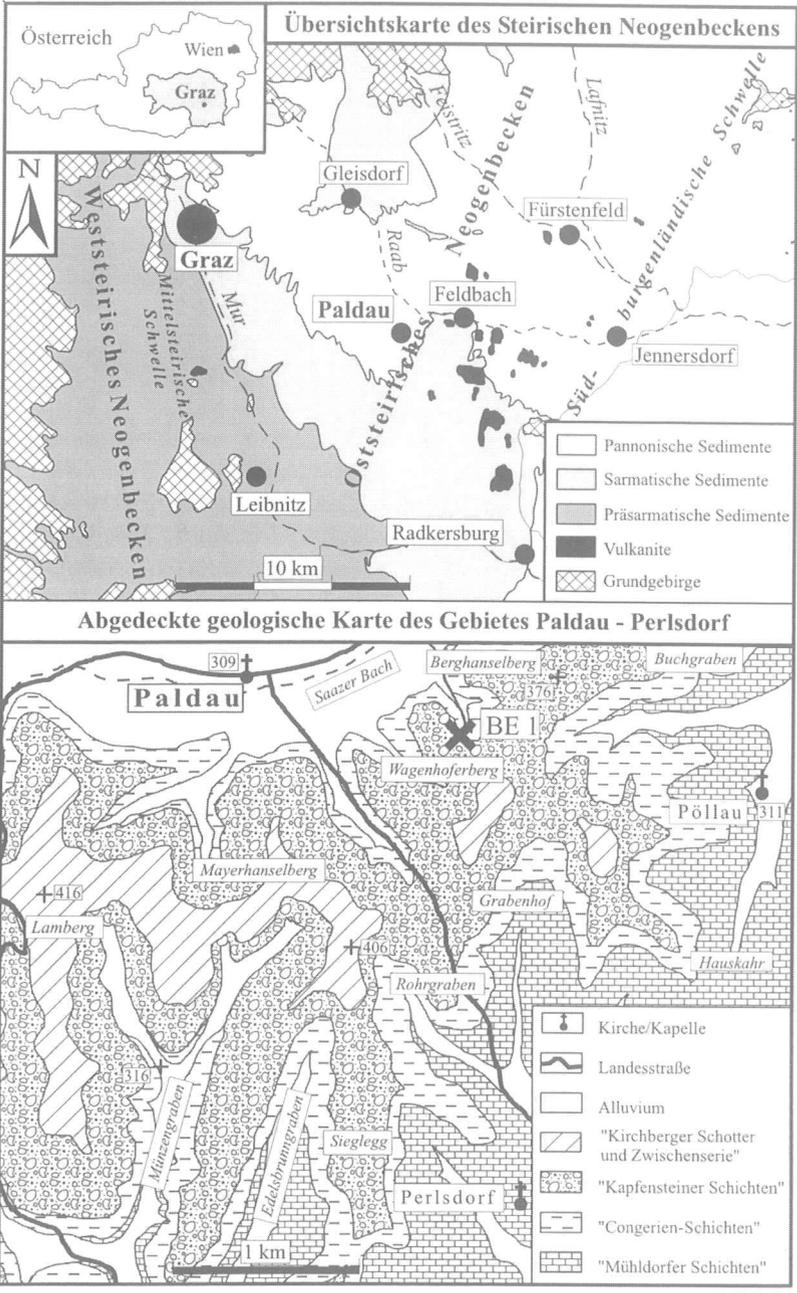


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte des Steirischen Neogenbeckens (nach KOLLMANN 1965) und abgedeckte geologische Karte des Gebietes Paldau - Perlsdorf (nach GROSS 1997c).

Vorwiegend aus Bohrprofilen bekannte siliziklastisch-karbonatische Wechselfolgen des Obersarmatium (*granosum*-Zone) lassen die von FRIEBE (1994) skizzierten Faziesabfolgen (offshore-Lagune-Delta-offshore) mit zyklischen, teilweise normal marinen Transgressionen erkennen (vgl. WINKLER 1927b). Im höheren Obersarmatium kommt es zur Ausbildung fluviatil-deltaischer Bereiche (vgl. WINKLER 1921, WINKLER-HERMADEN 1951) und geringmächtigen Braunkohleflözen („Lignite von Feldbach“; vgl. STINY 1918), deren Entwicklung durch eine Ingression (vgl. „Übergangsschichten“, WINKLER 1927a, WINKLER-HERMADEN 1957) unterbrochen wird. Regressive Tendenzen im Grenzbereich Sarmatium-Pannonium erschweren zusammen mit verstärkter Aussüßung der zentralen Paratethys (= Pannonischer See; vgl. PAPP et. al. 1985) durch das Schließen der Verbindung zur östlichen Paratethys eine biostratigraphische Einstufung. FRIEBE (1994) faßt derartige Entwicklungen im oststeirischen Neogenbecken (z.B.: St. Anna / Aigen, Grafenberg) unter dem Begriff Gleisdorf Formation zusammen. Diese ist durch die Summe der Charakteristika der einzelnen Member definiert. Aufgrund der lithostratigraphischen Position im Liegenden einer „Congerien-Bank“ und der Lithologie diskutiert GROSS (1997c) eine Integration dieser Schichtfolge als Member (Arbeitsbegriff „Mühldorfer Schichten“) in die Gleisdorf Formation.

Eine weiträumige Transgression des schwach brackischen Pannonischen Sees im Unterpannonium („Zone B“) zeichnet sich durch fossilführende (*Congeria ornithopsis* BRUSINA, Melanopsiden und Ostrakoden), tonig-siltige und feinsandige Sedimente ab. Limnisch-deltaische Silt/Ton-Sand-Wechselfolgen und in den hangendsten Anteilen Kohlebildungen (Hanna-Grube, GROSS 1998b) zeigen regressive Tendenzen und den Übergang zu vorwiegend fluviatilem Environment an (vgl. FRIEBE 1994). Ein formeller lithostratigraphischer Terminus (sensu SALVADOR 1994) existiert für diese Ablagerungen nicht. GROSS (1997a,b,c) verwendet den Arbeitsbegriff „Congerien-Schichten“. Gleichzeitig wird aber darauf hingewiesen, daß diese Bezeichnung bei einer formellen lithostratigraphischen Definition ersetzt werden muß (?Feldbach Formation, vgl. SAUERZOPF 1950: 59).

Mäanderflüsse (vgl. KRÄINER 1987a,b) progradieren im Grenzbereich Pannonium „Zone B-C“ und weite Teile des oststeirischen Neogenbeckens werden in einen fluviatilen Sedimentationsraum einbezogen. Grobklastische Rinnenfüllungen faßt WINKLER (1927b) unter dem Begriff „Kapfensteiner Schotter“ zusammen. Die allgemein in der Literatur vorgenommene biostratigraphische Einstufung dieses „Kieshorizontes“ in „Zone C“ ist unklar (GROSS 1997c). Anhand der vorliegenden Fallstudie (Monscheinkiesgrube = BE 1), die architekturelementanalytische (vgl. GROSS 1996) und paläobotanische Untersuchungen umfaßt (vgl. GROSS & KRENN 1995, GROSS 1997c, KRENN 1998), werden autogene Prozesse und Faziesmodelle dieses fluviatilen Systems diskutiert. Eng mit den Aulandschaften der Mäandergürtel

sind limnische (?deltatische) Sedimentationsräume durch Dammbuchsedimente und Nebenrinnen verzahnt. Hoher Grundwasserspiegel ermöglicht hier die Bildung geringmächtiger Braunkohlenflöze (Carolinen-Grube, GROSS 1998b).

Eine Ingression, die durch oligohalines Milieu anzeigende Faunenelemente (v.a. Ostracoda) gekennzeichnet ist, unterbricht diese Entwicklung (GROSS 1997c). Die höheren Anteile der „Zwischenserie“ sensu KOLLMANN (1965) sind somit nicht nur Bildungen fluviatiler Überschwemmungsebenen wie dies z.B. KRAINER (1986) und KRAINER & KOVAR-EDER (1990, 1991) annehmen. Silt/Ton-Sand-Wechselfolgen und für kohlebildende Sümpfe charakteristische Florenassoziationen (GROSS 1997a, 1998a) lassen den Übergang zur nächsten fluviatilen Phase („Kirchberger Schotter“, KOLLMANN 1960) erkennen.

Auch für die Schichtfolge zwischen der Basis der „Kapfensteiner“ und „Kirchberger Schotter“ liegen keine formellen lithostratigraphischen Termini vor. GROSS (1997a,b,c) faßt den von ihm verwendeten Arbeitsbegriff „Kapfensteiner Schichten“ als Member innerhalb einer die limnisch-fluviatilen Ablagerungen des Unterpannonium im oststeirischen Neogenbecken umfassenden Formation auf. Auch diese Bezeichnung ist bei einer formellen Definition einzuziehen (vgl. GROSS 1997c).

Eine Klärung der allogenen Ursachen (z.B. Klima, Tektonik) für die sich im Hangenden fortsetzende, zyklische Abfolge limnisch-fluviatiler Entwicklungen („Karnerberg Schotter - Zwischenserie - Schemmerl Schotter“, KOLLMANN 1965) steht noch aus (vgl. WINKLER 1927b, WINKLER-HERMADEN 1951, KOLLMANN 1965, KRAINER 1987a, GROSS 1997c).

Die im folgenden bearbeitete Kiesgrube im Besitz von Herrn Josef MONSCHEIN (= BE 1) befindet sich 1 km ESE von Paldau (ca. 30 km SE Graz, vgl. Abb. 1) und schließt Ablagerungen des „Kapfensteiner Kieshorizontes“ auf (KG Paldau, ÖK 191 Kirchbach, BMN 6712, R: 710 320, H: 200 000, SH: 340 m; vgl. Beilage 1). Die Sedimente fallen mit 2-4° gegen SE (120°) ein. Der Kiesabbau erfolgt nur mehr zeitweilig. Ein baldiges Verstürzen der Aufschlußfront ist zu erwarten.

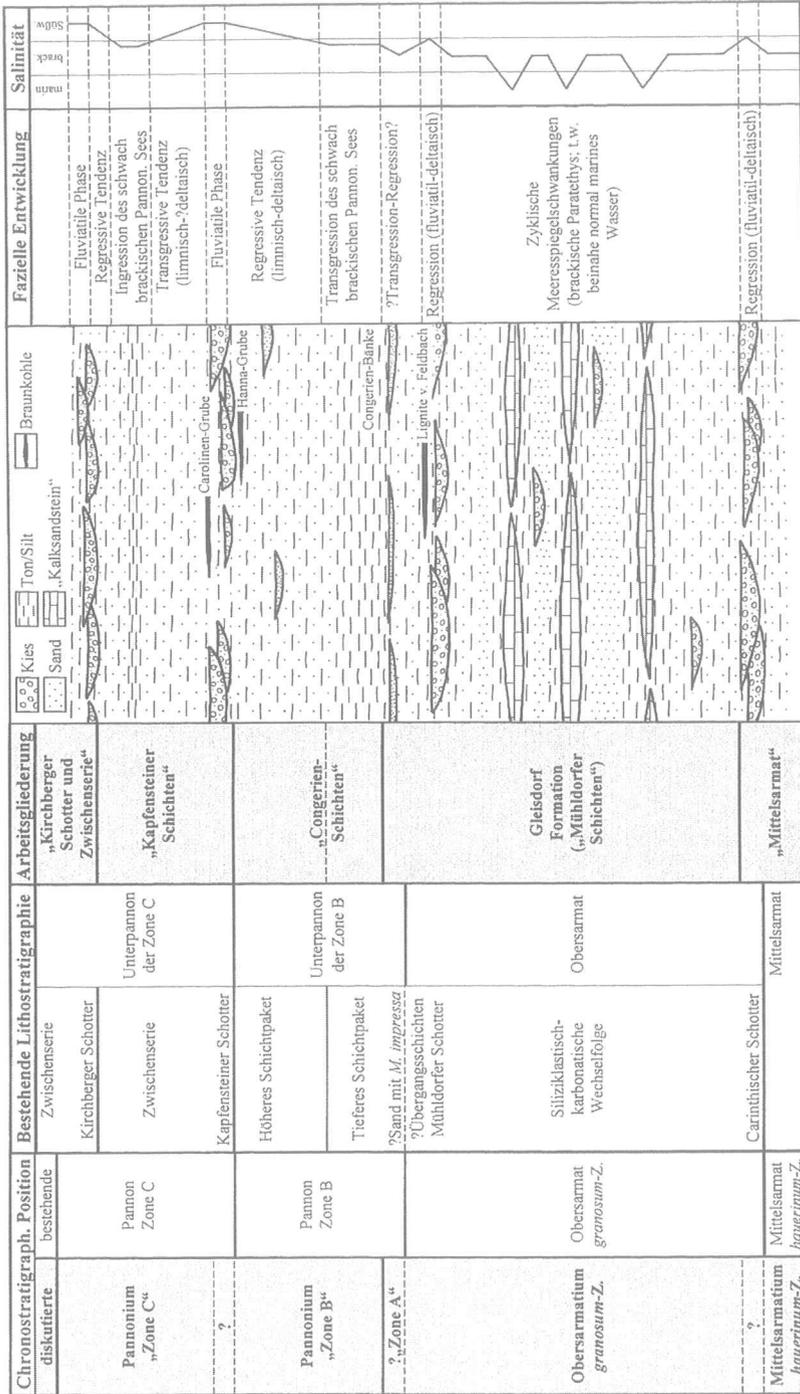


Abb. 2: Fazielle Entwicklung sowie chrono- und lithostratigraphische Gliederung der obersarmatischen bis unterpannonischen Schichtfolge im zentralen oststeirischen Neogenbecken

## 2. Methodik der Faziesanalyse

### 2.1 Einleitung

Im letzten Jahrzehnt wurden die klassischen Untersuchungsmethoden fluviatiler Sedimente (z.B. Korngrößenanalysen, Geröllmorphologie und Schwermineralspektren) zunehmend von der hierarchischen Erfassung genetischer Einheiten abgelöst. Versuche aus lateralen und vertikalen Veränderungen gewisser Gesteinsparameter (z.B. Sortierung, Granatdominanz; vgl. VISHAR 1969, NEBERT 1985) Faziesentwicklungen zu klären, weichen heute einer aktualistischeren Betrachtungsweise. Zur Definition der Ablagerungseinheiten werden in dieser Arbeit Standardlithofaziestypen und Architektur-Element Analyse nach MIALL (1996) verwendet. Ergebnisse paläoökologischer Studien werden miteinbezogen (GROSS & KRENN 1995, KRENN 1998).

Eine Erfassung der Gammastrahlungscharakteristik (Gamma-Logs; vgl. JUNGHANS et. al. 1997) der Monscheinkiesgrube befindet sich in Vorbereitung (vgl. GROSS et al. 1998).

Die Bezeichnung der Gesteinsfarbe und der Schichtung/Lamination richtet sich nach GODDARD et. al. (1951) bzw. COLLINSON & THOMPSON (1989). Die Abschätzung der Korngröße und -rundung erfolgte visuell (Vergleichspräparate). Begriffe zu Sedimentstrukturen und Transportvorgängen werden nach FÜCHTBAUER (1988) und REINECK (1984) ins Deutsche übertragen.

### 2.2 Standardlithofaziestypen

Eine lithofazielle Kodierung versucht Gesteinsvariationen auf wenige Standardlithofaziestypen zurückzuführen. Diese umfassen die Parameter Korngröße - dem Kode als Großbuchstabe vorangestellt (G = gravel, S = sand, F = fines (silt-mud)) - und Sedimentstrukturen (z.B. p = planar cross-bedding, m = massive) oder biogene Merkmale (r = roots), die mit Kleinbuchstaben dahinter angeführt werden. Modifikationen können durch Kleinbuchstaben gekennzeichnet werden (z.B. Sti = large scale crossbedded sand; EBERTH & MIALL 1991). Die Reduktion auf Lithofaziestypen ermöglicht eine statistische Auswertung von Profilabfolgen (vgl. KRÄINER 1987a,b), überregionale Vergleiche und rasche Überlegungen zur Environment-Gestaltung (vgl. BRIDGE 1993, 1995; MIALL 1995).

Tabelle 1 gibt einen Überblick der verwendeten Faziesklassifikation, die auf MIALL (1996) und einigen Kommentaren aus BRIDGE (1993) zu MIALL (1992) beruht.

Fazies-kode	Sedimentologische Merkmale	Interpretation
Gmm	schwach gradierter, matrixgestützter, massiger Kies	plastisches Schuttfließen
Gmg	invers-normal gradierter, matrixgestützter Kies	pseudoplastisches (thixotropes) Schuttfließen
Gci	invers gradierter, klastengestützter Kies	klastenreiches oder pseudoplastisches Schuttfließen
Gcm	massiger, klastengestützter Kies	pseudoplastisches Schuttfließen
Gh	horizontal, oft schlecht geschichteter, klastengestützter Kies, z.T. Imbrikation	longitudinale Kiesbänke, Rinnenpflaster oder Siebablagerungen
Gt	trogförmig kreuzgeschichteter Kies	Kleintrinnenfüllungen oder 3D-Dünen
Gp	planar kreuzgeschichteter Kies	transversale Sedimentkörper, deltisches Wachstum an älteren Bankresten oder 2D-Dünen
St	trogförmig kreuzgeschichteter, z.T. kiesführender Sand (einzelne oder mehrere sets)	3D-Dünen (sinus- oder zungenförmige Käme)
Sp	planar kreuzgeschichteter, z.T. kiesführender Sand (einzelne oder mehrere Sets)	transversale und zungenförmige Dünen (2D-Dünen)
Sr	rippelgeschichteter Sand	Rippel (unteres Strömungsregime)
Sh	horizontal laminiertes, z. T. kiesführender Sand; häufig Strömungsstreifung	plane-bed flow (oberes oder unteres Strömungsregime), oft Hochwasserablagerungen
Sl	flachwinkelige Schrägschichtung ( $< 15^\circ$ ), z. T. kiesführender Sand	Rinnenfüllungen, Buckeldünen, Gegenrippel
Ss	z.T. kiesführender Sand in breiten, seichten Kolken	Kolkfüllungen
Sm	massiger oder schwach laminiertes Sand	sediment gravity flows
Fl	dünn laminiertes oder rippelgeschichteter Sand-Silt-Ton	Uferdamm-, Überschwemmungsebenen-, Altarm- oder beginnende Niederwasserablagerungen
Fsm	massiger-laminiertes Silt-Ton	Ausumpf- oder Altarm-Sedimente
Fm	massiger Ton-Silt, z.T. mit Trockenrissen	Überschwemmungsebenen-, Altarm- oder drape-Ablagerungen
Fr	massiger, durchwurzelter und/oder bioturbater Ton-Silt	beginnende Pedogenese (Wurzelnagen)
C	an inkohlten pflanzenrestreicher Ton-Silt oder Kohle	Ausumpfsedimente oder Altarmfüllungen
P	Paläobödenkarbonate (Calcit, Siderit) mit pedogenen Strukturen	Böden mit chemischer Fällung

Tab. 1: Faziesklassifikation i.w. nach MIALL (1996)

## 2.3 Architektur-Element Analyse

### Grundlagen

In den vergangenen Jahrzehnten wurde versucht, anhand vertikaler Profilanalysen (vgl. Standardlithofaziestypen) Ablagerungsprozesse zu rekonstruieren. Statistische Methoden, wie Markov-Kettenanalysen, erlaubten detaillierte und durch große Datenmengen quantifizierte Aussagen zur Faziesabfolge (vgl. KRAINER 1986), doch blieb die Grenzflächenausbildung meist unberücksichtigt. Die Steuerfaktoren (autogen oder allogen) für die Entwicklung zyklischer Sedimentfolgen und Veränderungen des Rinnensystems konnten nicht geklärt werden. Aus diesem Problem ging das Konzept der Architektur-Element Analyse (Miall 1985) hervor. Bei dieser Methode werden Architektur-Elemente (= Einheiten gleicher physikochemischer Ablagerungsbedingungen, vgl. MIALL 1988), die durch Grenzflächen, externe/interne Geometrie und Faziesassoziation gekennzeichnet sind, als Bausteine der Faziesmodelle verwendet. Alle Flußtypen und deren Ablagerungen lassen sich durch eine geringe Anzahl von Elementen definieren (vgl. Tab. 2).

Biochemische Sedimente (z.B. Kohle und Paläoböden) werden nicht als eigene Elemente aufgefaßt, sondern durch ihren Bildungsort ( $\cong$  Architektur-Element) beschrieben.

Einen Überblick über die räumliche Beziehung der Architektur-Elemente im fluvialen System gibt Abbildung 5.

Architektur-Element	Code	Fazies-assoziati on	Geometrie, Beziehungen und Größenbeispiele
<b>Elemente innerhalb der Rinne</b>			
<b>CHANNELS</b> (Rinnen)	CH	jede Kombination	finger-, linsen oder schichtförmig; konkave erosive Basis; Größe und Form variabel; intern mit konkaven Grenzflächen 3. Ordnung
<b>GRAVEL BARS AND BEDFORMS</b> (Kiesbänke und kiesreiche Sedimentkörper)	GB	Gmm, Gmg, Gp, Gt	linsen- oder deckenförmig, meist tabular; häufig mit SB vergesellschaftet
<b>SANDY BEDFORMS</b> (Sandige Sedimentkörper, z.B. Dünenfelder, transversale Sandbänke)	SB	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Ss	Linsen-, schicht-, decken- oder keilförmig; entstehen durch Rinnenfüllungen, Dambruchfächer und Kleinbänke

Architektur-Element	Kode	Fazies-assoziatio	Geometrie, Beziehungen und Größenbeispiele
<b>Elemente innerhalb der Rinne</b>			
<b>DOWNSTREAM-ACCRETION MACROFORMO</b> (Sedimentkörper, die durch Sedimentanlagerung am flußabwärtigen Ende einer Sandbank entstehen)	DA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Ss	linsenförmige Körper mit flacher oder konkaver Basis und konvexen internen (3. Ordnung) und oberen Grenzflächen (4. Ordnung)
<b>LATERAL-ACCRETION MACROFORM</b> (Gleithangablagerungen)	LA	St, Sp, Sh, Sl, Ss, selten Gmm, Gmg, Gt, Gp	keil-, schicht-, lappenförmig; durch interne laterale Ablagerungsflächen 3. Ordnung charakterisiert
<b>SCOUR HOLLOW</b> s (Kolke)	HO	Gh, Gt, St, Sl	löffelfartige Hohlformen mit asymmetrischer Füllung
<b>SEDIMENT GRAVITY FLOWS</b> (Massentransporte, mass und fluidal flow)	SG	Gmm, Gmg, Gci, Gcm	lappen- oder schichtförmig, meist mit GB assoziiert
<b>LAMINATED SAND SHEET</b> (vorwiegend laminierte Sandschichten)	LS	Sh, Sl, selten Sp, Sr	schicht- oder deckenförmig
<b>LEVEE*</b> (Uferdamm)	LV	Fl	keilförmig (bis 10 m mächtig und 3 km lang)
<b>CREVASSE CHANNEL*</b> (Dammbruchrinne)	CR	St, Sr, Ss	bandförmig (bis wenige 100 m breit, 5 m tief und 10 km lang)
<b>CREVASSE SPLAY*</b> (Dammbruchfächer)	CS	St, Sr, Fl	linsenförmig (bis 10 km <sup>2</sup> Fläche, 2-6 m mächtig)
<b>FLOODPLAIN FINES<sup>+</sup></b> (Sedimente der Überschwemmungsebene)	FF	Fsm, Fl, Fm, Fr	schichtförmig (bis viele km <sup>2</sup> Fläche, mehrere 10 m mächtig)
<b>ABANDONED CHANNEL<sup>+</sup></b> (Altarm-Totarm)	CH(FF)	Fsm, Fl, Fm, Fr	bandförmig (Größe entspricht der aktiven Rinne)

\* = FF<sub>p</sub> = proximal zur Rinne,      + = FF<sub>d</sub> = distal zur Rinne

Tab. 2: Architektur-Element-Klassifikation nach MIALl (1996)

### Klassifikation der Grenzflächen

Diese nach oben offene Klassifizierung in Ordnungen beruht auf dem unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Umfang physikalischer Prozesse (Sedimentation eines Kreuzschichtungsleeblattes bis Beckenfüllung) und deren Abformung auf Sedimentkörper (Tab. 3).

Ordnung	Charakteristika und Beispiele
0	Laminationsflächen
1	Kreuzschichtungsset Grenzflächen; wenig bis keine interne Erosion; kontinuierliche Sedimentation
2	Coset Grenzflächen; ohne bedeutende Erosion; Änderung der Strömungsrichtung oder des Strömungsmilieus; Wechsel der Lithofazies
3	Erosionsflächen innerhalb von Makroformen (z.B. point bars; MIALl 1985), die mehr als ein Schrägschichtungsset erfassen; häufig von einer Intraklastenbrekzie begleitet; Faziesgesellschaft unter und über der Fläche ist ähnlich; zeigen Sedimentationsschwankungen ohne bedeutende Veränderung des Ablagerungsverlaufes oder der Orientierung von Makroformen an
4	Grenzflächen zwischen Makroformen, die meist flach bis leicht konkav sind; Wechsel der Lithofaziesassoziation; z.B.: Basalgrenze kleiner Rinnen, einzelne Dambruchfächer in der Überschwemmungsebene
5	Begrenzen große „Sandkörper“ (Rinnen und Rinnenfüllungskomplexe); meist flach bis leicht konkav; lokal durch Erosion und kiesiges Rinnenpflaster gekennzeichnet; bei Flüssen mit mehreren Rinnen wird die Unterseite der Hauptrinne mit 5. Ordnung belegt, die der Nebenflüsse mit 4.
6	Trennen Gruppen von Rinnen oder Paläotälern voneinander; begrenzen kartierbare Einheiten (z.B. Member)
7	Definieren große Gesteinskomplexe; allogene Ursache (z.B. Milankovitch-Zyklen)
8	Markieren regionale Diskontinuitäten mit kontinentweiter oder globaler Initiation (z.B. eustatische Meeresspiegelschwankungen)

Tab. 3: Grenzflächenklassifikation nach MIALl (1996)

## Externe Geometrie

MIALl (1996) verwendet zur Charakterisierung der externen Geometrie dreidimensionale Bezeichnungen (z.B. keilförmig, vgl. Tab. 2). In der Monkschinkiesgrube können nur Querschnittsflächen beobachtet werden. Die geometrischen Termini werden deshalb unter Anführungszeichen gesetzt.

## Bezeichnung der Elemente und Grenzflächen

Die Elemente werden von Liegend nach Hangend mit Großbuchstaben und entsprechendem Elementcode beschriftet. Eine Nebenrinne wird durch zwei

Kodes - CH (Rinne) und LA (Gleithangablagerungen) - und ein tiefgestelltes k gekennzeichnet ( $CH_k$  (LA)). Teilbereiche dieser Rinnenstruktur sind durch Kleinbuchstaben markiert (a, b, c, d). Bei nicht eindeutiger Elementzugehörigkeit (v.a. bei Sedimenten der Überschwemmungsebene) werden mögliche Elemente in Klammer angefügt oder die Unterscheidung beschränkt sich auf die proximale (p) bzw. distale (d) Überschwemmungsebene unter Verwendung eines tiefgestellten Kleinbuchstabens (vgl. Tab. 2, z.B.  $FF_p$ ). Grenzflächen sind mit arabischen Ziffern entsprechend ihrer Ordnung beschriftet.

### **Spezifische Anwendungsprobleme**

Das größte Problem bei Benutzung dieser Methode ist die Relation Aufschlußgröße zu Elementgröße. Zur Identifikation „physikochemischer Einheiten“ sind genügend große Querschnittsflächen, die die externe Geometrie erkennen lassen, notwendig. Die Monscheinkiesgrube erlaubt durch ihre für lokale Verhältnisse hervorragende Größe (Länge ca. 70 m, Höhe ca. 14 m) die Verwendung der Architektur-Element Analyse. Schlechte Aufschlußverhältnisse ermöglichen keine architekturelementanalytische Korrelation oder Begrenzung der Einheiten in benachbarten Aufschlüssen.

## **2.4 Paläobotanik**

Aufgrund des reichen phytogenen Inhaltes wurde vom Autor eine Zusammenarbeit mit Rezentbotanikern initiiert (vgl. GROSS & KRENN 1995, GROSS 1997c, KRENN 1997, 1998). Paläoökologische und paläoklimatische Untersuchungen können zusätzliche Informationen zur Präzisierung des Ablagerungsgeschehens liefern (Subenvirments: z.B. Ruhigwasserareale, Röhrichtzone; Klima: besonders saisonale Abflußvariation; Einfluß der Vegetation auf die Sedimentation: Uferstabilität, Grundwasserhaushalt). Die Ergebnisse dieser Studien finden sich in KRENN (1998).

## **3. Architektur-Elemente der Monscheinkiesgrube (= BE 1)**

### **3.1 Architektur-Element A-GB - Kiesbänke und kiesreiche Sedimentkörper**

#### **Grenzflächen und externe Geometrie**

Die untere Grenzfläche ist nicht aufgeschlossen. Hinweise aus den Befahrungsbüchern des Braunkohlebergbaues (vgl. GROSS 1997c bzw. 1998b), Beschreibungen durch WINKLER-HERMADEN & RITTLER (1949) und Berichte des Kiesgrubenbesitzers MONSCEIN lassen eine erosive, unregelmäßige

Grenzfläche vermuten. Dies entspricht den Angaben für die Basis des „Kapfensteiner Schotters“ (vgl. KOLLMANN 1965, SKALA 1968), die als Grenzfläche 6. Ordnung einzustufen ist.

Die leicht erosive und wellige Hangendgrenze bildet durch den Wechsel der Lithofaziesgesellschaft und des Elementtyps eine Grenzfläche 4. Ordnung. Die Mächtigkeit dieses +/- „schichtförmigen“ Elementes beträgt 4-5 m. Lateral dürfte sich A-GB wenige hundert Meter erstrecken.

### **Lithofazies und interne Beziehungen**

Gelblichgrauer (5 Y 7/2) - gräulichgelber (5 Y 8/4), horizontal, dünn-mitteldick bis undeutlich, trogförmig kreuzgeschichteter, stark sandiger Mittel-Feinkies (Taf. 1, Fig. 1) mit undeutlicher Imbrikation bildet den Hauptteil von A-GB (= Lithofaziestyp Gh).

Gelblichgrauer (5 Y 7/2), trogförmig kreuzgeschichteter, teilweise klasten-gestützter Grobsand-Feinkies mit interner Gradierung (Gt) verzahnt sich durch Grenzen 1. Ordnung mit Gh. Die Komponenten von Gh und Gt sind gerundet bis gut gerundet.

Untergeordnet treten bis zu dm-mächtige, mäßig gelblichbraune (10 YR 5/4) - hellgraue (N 7), lateral mehrere Meter verfolgbare, planar kreuzgeschichtete, gradierte (Sp) und schwach rippelgeschichtete bis planar, dick laminierte, teilweise flachschräggeschichtete (Sr, Sh-Sl) Mittelsandlinsen.

Flächen 2. Ordnung begrenzen die sandigen Anteile von A-GB und weisen auf Änderungen des Strömungsmilieus und/oder der Strömungsrichtung ohne bedeutenden Zeiteinschnitt oder Erosion hin. Die Leehblätter der Sandkörper lassen Strömungsrichtungen nach 230/10° erkennen. Gelegentlich treten oxidierte Holzabdrücke und limonitische Konkretionen auf.

### **Diskussion des Architektur-Elementes A-GB**

Unregelmäßige Sedimentzufuhr innerhalb des fluviatilen Systems (z.B. Flutereignisse) bewirkt Materialtransport bis die Strömungsenergie abnimmt. Bankinitiation durch Aufschüttung dünner Kieslagen ist die Folge. Bei reichlicher Sedimentzufuhr überwiegt das vertikale Wachstum der Kiesbänke. Leehänge entwickeln sich in geringem Ausmaß (vorwiegend Gh, wenig Gt). Perioden niedrigerer Wasserführung bzw. Veränderungen der Abflußrichtung führen zur Sedimentation der Sandfraktion. Lokale Auskolkungen (Stromschnellenrinnen; vgl. RAMOS & SOPENA 1983) werden durch die Lithofaziestypen Sp, Sr und Sh-Sl verfüllt. Auf diese Weise gebildete Mesoformen (z.B. Dünen) vereinigen sich zu Makroformen (z.B. point bars, im Laufe von Jahrzehnten bis Jahrtausenden; MIALL 1985), die in Abhängigkeit von der Strömungsverteilung unterschiedlichste Morphologien entwickeln (vgl. ASHMORE 1991). Lithofaziestypen und deren interne Beziehung weisen auf eine longitudinale Kiesbank (längste Achse parallel zur Strömungsrichtung) hin.

Nach MIALL (1985, 1996) sind Charakteristika des Elementes GB: Übereinander „gestapelte“, dünne, diffuse Kiesschichten; Einzelschichten wenige Klasten dick; flache, unregelmäßige Begrenzung der meist tabularen Körper; Lithofaziestypen Gmm, Gmg, Gh, Gp, Gt, häufig mit SB vergesellschaftet; Aktivität hauptsächlich bei Hochwasser. Oben beschriebene Merkmale ermöglichen eine Zuordnung dieses Sedimentpaketes zum Architektur-Element GB.

## 3.2 Architektur-Element B-SB - Sandige Sedimentkörper

### Grenzflächen und externe Geometrie

Grenzflächen 4. Ordnung schließen die über A-GB folgende sandige, „schichtförmige“, 2.00-2.50 m mächtige Entwicklung ein. Die flache, leicht erosive-kontinuierliche, wellige Hangendgrenze ist durch Belastungsmarken überprägt.

### Lithofazies und interne Beziehungen

Drei durch Grenzen 2. Ordnung getrennte, fein-mittelsandige (fining-upward Trend), hellgraue (N 7) - gelblichbraune (10 YR 5/4) Lithofaziestypen bilden den größten Teil dieser Einheit (Taf. 1, Fig. 2):

- flach, trogförmig kreuzgeschichteter Fein-Mittelsand (mit welligen Grenzflächen 1. Ordnung) = St
- rippelgeschichteter Feinsand = Sr
- flach-horizontalgeschichteter Feinsand mit vereinzelt Grobsand-einschaltungen = Sl-Sh

Die Leeblätter von St weisen auf eine Paläoströmungsrichtung in SSW-Richtung ( $190/15^\circ$ ) hin.

Vereinzelt treten durch Flächen 3. Ordnung (durchschneiden mehr als einen Kreuzschichtungskörper) begrenzte, mehrphasig von schräggeschichteten Mittelsanden verfüllte Auskolkungen auf (Abb. 3).

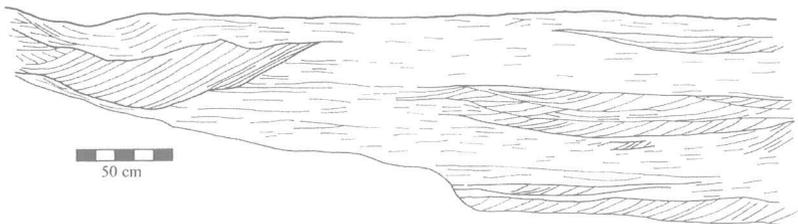


Abb. 3: Lithofazielle Assoziation im Element B-SB.

## **Diskussion des Architektur-Elementes B-SB**

Trogförmig kreuzgeschichtete Sande (St) sind Reste dreidimensionaler Dünen, die bei gleicher Tiefe bei höheren Fließgeschwindigkeiten als zweidimensionale Dünen gebildet werden.

Horizontal laminiertes (Sh) und flachschräggeschichteter Sand (SI) sind häufig vergesellschaftete Lithofaziestypen. Für Sh kann aufgrund der Feinkörnigkeit eine Bildung im oberen Strömungsregime angenommen werden. REINECK & SINGH (1986) vermuten für einen Großteil der horizontallaminierten Sande an Gleithängen eine Entstehung durch Ablagerung von Suspension bei abnehmender Turbulenz oder bei Fluktuationen der Strömungsgeschwindigkeit am Ende von Flutereignissen. Typ SI geht aus der Bildung von Auswaschungs- und Buckeldünen nahe dem oberen Strömungsregime hervor (vgl. SAUNDERSON & LOCKET 1983).

Rippelgeschichtete Feinsande zeigen Bereiche mit niedrigerer Strömungsgeschwindigkeit an.

Aufgrund der Aufschlußverhältnisse kann diese Einheit nur als „Sandy bedform“ (= SB) klassifiziert werden. Stromabwärtige- oder strömungsparallele Akkretionsflächen (vgl. Elemente DA und LA) sind nicht erkennbar. Element SB tritt in verschiedenen Subenvironments fluviatiler Systeme auf (vgl. MIALL 1996). Für die hier diskutierten Ablagerungen ist eine Bildung im tieferen Rinnenteil eines Flusses mit vorwiegend sandiger Bodenfracht (meist St) oder in seichten Bereichen einer Makroform (häufig Sp) möglich (z.B. Top oder Flanken von point bars). Lokale Auskolkungen und Erosionsflächen 2.-3. Ordnung gehen auf Fluktuationen des Abflusses zurück.

## **3.3 Architektur-Element C-LV(FF) - Uferdamm (Sedimente der Überschwemmungsebene)**

### **Grenzflächen und externe Geometrie**

Die Hangendgrenze (4. Ordnung) dieses 1.20 m mächtigen, „schichtförmigen“ Elementes ist erosiv-kontinuierlich und planar.

### **Lithofazies und interne Beziehungen**

C1 0.80 m mächtiger, hellolivgrauer (5 Y 5/2) Silt bildet mit grauorangem (10 YR 7/4), sandigen Silt eine kontinuierlich wellig, parallel, dick laminierte Wechselfolge. Belastungsmarken beeinflussen die Lamination (Taf. 2, Fig. 1). Karbonatische Konkretionen von bis zu dm-Größe, schlecht erhaltene oxidierte Pflanzenreste (vgl. KRENN 1998), Bioturbation und Durchwurzelung treten vereinzelt auf.

C2 Im hangenden, 0.40 m mächtigen, grauorangen (10 YR 7/4) - hellolivgrauen (5 Y5/2) Teil verringert sich der sandige Anteil bis auf vereinzelte Linsen. Massig bis diskontinuierlich wellig, nicht parallel laminiertes, schwach toniger Silt mit zahlreichen, teilweise inkohlten erhaltenen Blattfragmenten (vgl. KRENN 1998) bildet den Hauptteil dieses Sedimentpaketes.

C1 kann dem Lithofaziestyp FI zugeordnet werden, C2 dem Typ FI-Fsm. Eine flache, kontinuierliche Grenzfläche 2. Ordnung trennt diese Einheiten.

### **Diskussion des Architektur-Elementes C-LV(FF)**

Rhythmische Wechsellagerungen suspensiver Sedimente mit geringen Anteilen von Bodenfracht (sandige Silte, vgl. BRIDGE 1993) bauen LV auf. Derartige Ablagerungen sind typisch für Überschwemmungsebenen, Altarme oder „waning flood deposits“ (vgl. MIALL 1990).

Lithofazielle Merkmale und die Position zu unter- und überlagernden Elementen (vgl. JUNGHANS et. al. 1997) weisen auf einen Uferdamm als Bildungsraum hin. Die Abnahme des Sandanteiles und größere lithologische Homogenität im Hangenden (Schicht C2) lassen den Übergang zur Überschwemmungsebene (Element FF) erkennen.

## **3.4 Architektur-Element D-FF<sub>p</sub> - Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene**

### **Grenzflächen und externe Geometrie**

Dieses 1.20-2.00 m mächtige, „schichtförmige“ Element grenzt flach, kontinuierlich oder mit konkaven Erosionsflächen (4. Ordnung) an C-LV(FF).

### **Lithofazies und interne Beziehungen**

D1 Olivbrauner (5 Y 4/4) bis dunkelgelboranger (10 YR 6/6), wellig, nicht parallel, dünn laminiertes, schwach toniger Silt wechsellagert mit dunkelgelborangen (10 YR 6/6) bis hellolivgrauen (5 Y 5/2), siltigen Feinsanden im cm-Bereich und bildet eine 0.30-0.80 m mächtige, wellig, dünn geschichtete Einheit = FI.

Vereinzelte Rinnenbildungen treten auf, die aufgrund des lateral kontinuierlichen Überganges in Lithofaziestyp FI nicht als eigenständiges Architektur-Element abgetrennt werden. Diese Kolke werden von schräggeschichteten Feinsanden (Sl, Sh-St) aufgefüllt (Beachte: entgegengesetzte Orientierung der Schrägschichtung in Abb. 4; 185/15°, 6/20°). Außerhalb, zwischen und gegen das Top der Rinnen sind die Feinsande diskontinuierlich, planar, nicht parallel und laminiert ausgebildet (Sh).

D2 0.90-1.20 m mächtige, dunkelgelborange (10 YR 6/6) bis olivbraune (5 Y 4/4), diskontinuierlich wellig, parallel, dünn geschichtete Wechselfolgen von Silten mit siltigen Feinsanden schließen hangend an (Fl). Vereinzelt sind kleine Sandlinsen (cm-mächtig, m-lang, keine Schichtung erkennbar), bis zu 0.40 m Durchmesser erreichende karbonatische Konkretionen, Durchwurzelung und Pflanzenhäcksel zu beobachten.

Durch den geringeren Feinsandgehalt kann D2 von D1 durch eine Grenzfläche 2. Ordnung getrennt werden.

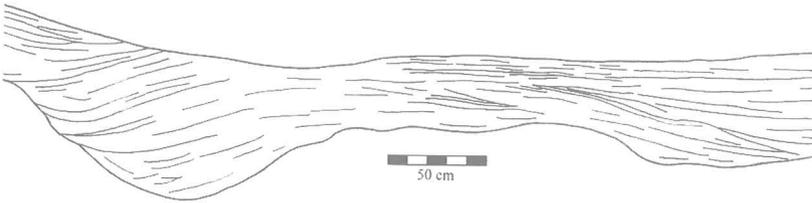


Abb. 4: Rinnenbildungen in Element D-FF<sub>p</sub>.

### Diskussion des Architektur-Elementes D-FF<sub>p</sub>

Aufgrund der Lithologie (rhythmisch wechselnde Silte und Feinsande mit vereinzelt Rinnen) wird dieses Schichtpaket der proximalen Überschwemmungsebene zugeordnet. Hochwässer, die „schichtförmig“ das Gebiet außerhalb der Rinne überfluten, lagern Feinsand und Silt ab. Daneben erfolgt der Abfluß kanalisiert in kleinen Dammbuchrinnen, die unabhängig von Überflutungen Wasser in die Überschwemmungsebene bringen können. Durchwurzelung und Bioturbation deuten pedogene Prozesse an, die von Flutereignissen häufig unterbrochen werden.

## 3.5 Architektur-Element E-FF<sub>d</sub> - Sedimente der distalen Überschwemmungsebene

### Grenzflächen und externe Geometrie

Dieses „schichtförmige“, 1.00 - 1.20 m mächtige Schichtpaket wird vom Liegenden durch eine kontinuierliche, planare, nicht erosive Grenze 4. Ordnung getrennt. Über weite Teile des Aufschlusses (vgl. Beilage 1) erodiert eine Nebenrinne (vgl. 3.7) die hangenden Partien (E5-E6). Außerhalb dieses Abschnittes ist die Hangendgrenze kontinuierlich, planar und von 4. Ordnung.

## Lithofazies und interne Beziehungen

Sechs geringfügig verschiedene und durch Grenzen 1. - 2. Ordnung getrennte Schichtpakete bilden dieses Element (Taf. 2, Fig. 2):

- E1 0.15 m mächtiger, grauoranger (10 YR 7/4) - hellolivbrauner (5 Y 5/6), diskontinuierlich wellig, dick laminiertes, schwach toniger Silt mit zahlreichen phytogenen Resten und Durchwurzlung = Fsm (-Fr).
- E2 0.15-0.35 m mächtiger, gräulichgelber (5 Y 8/4) - mäßig gelber (5 Y 7/6), planar-wellig, dünn laminiertes, schwach toniger Silt mit oxidierten Pflanzenabdrücken, vereinzelt Bivalven, Gastropoden und Fischresten = Fsm (Taf. 2, Fig. 3).
- E3 0.10-0.30 m mächtiger, olivbrauner (5 Y 4/4) - grüngrauer (10 GY 5/2), wellig, parallel, dünn laminiertes, toniger Silt; reich an fossilen Pflanzenresten (gute Spaltbarkeit parallel zu den Blattlagen) = Fsm.
- E4 0.15 m mächtiger, olivgrauer (5 Y 4/1) - grünlichgrauer (5 Y GY 6/1), massiger, toniger Silt mit muscheligen Bruch = Fm. E4 ist über die Aufschlußlänge als „graues Band“ zu verfolgen. Neben Fischresten treten pflanzliche Fossilien in oxidiertem (liegend der Nebenrinne) und inkohlter Erhaltung auf (vgl. Inkohlungsdaten aus diesem Gebiet in EBNER & SACHSENHOFER 1991; Pal 01, Pal 02, Pal 1).
- E5 und E6 Zwei je 0.10-0.20 m mächtige, mitteldunkelgraue (N 4) - dunkelgelblichorange (10 YR 6/6), planar, parallel, laminierte Siltlagen, die sich durch die Dicke der Laminae (D5 dünn / D6 dick) unterscheiden; zahlreiche oxidierte Pflanzenfragmente = Fsm.

## Diskussion des Architektur-Elementes E-FF<sub>d</sub>

Über Element D-FF<sub>p</sub> bildet sich ein stehendes Gewässer, in das große Mengen von Pflanzenresten gelangen. Suspensionsfracht wird abgelagert, sandige Anteile fehlen. Der Sedimentationsraum wird von Überflutungen gering beeinflusst. Ursachen dafür sind: große Entfernung zur Rinne und/oder Selektion des angelieferten Sedimentes durch starken Bewuchs der Überschwemmungsebene.

Schicht E1 mit Pflanzenhäcksel und Wurzelresten leitet zu beständig subaquatischem Milieu (Bivalven) über (Schichten E2-E4). Rasch gelangen organische Reste unter Sedimentbedeckung und Sauerstoffabschluß. Gute Fossilisationsbedingungen sind gegeben. Postsedimentär oxidierte im Liegenden der Nebenrinne die organische Substanz. Außerhalb des Einflußbereiches der Nebenrinne sind inkohlte Blatt- und Holzsubstanz, karbonatische Überzüge an *Potamogeton* (vgl. KOVAR-EDER 1992) und Schalenreste von Bivalven erhalten. E5 und E6 weisen durch Korngrößenzunahme auf steigenden Einfluß des Rinnensystems. Aufgrund der lithofaziellen Merkmale sind diese Sedimente der distalen Überschwemmungsebene zuzuordnen.

## 3.6 Architektur-Element F-FF<sub>p</sub> - Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene

### Grenzflächen und externe Geometrie

Eine kontinuierliche, planare Grenzfläche 4. Ordnung trennt F-FF<sub>p</sub> von E-FF<sub>d</sub>. Im NNW-Teil der Kiesgrube ist diese „schichtförmige“, 2.20 - 2.70 m mächtige Einheit bis auf Reste von Schicht F1 durch eine Nebenrinne erodiert (vgl. 3.7).

### Lithofazies und interne Beziehungen

Dieses Element kann durch Flächen 2. Ordnung in drei Einheiten gegliedert werden:

- F1 0.25-0.40 m mächtiger, dunkelgelboranger (10 YR 6/6) - olivbrauner (10 YR 5/4), planar, parallel, dick laminiertes, stark siltiger Feinsand mit mehrere cm-langen Siltfasern = Sh (Taf. 3, Fig. 1).
- F2 Hangend schließt eine 1.10 - 1.25 m mächtige Wechselfolge gräulich-oliv (10 Y 4/2) - dunkelgelboranger (10 YR 6/6), kontinuierlich-diskontinuierlich, wellig, parallel, dünn laminiertes Silte = Fl an. F2 kann in vier Horizonte gegliedert werden, die durch Mächtigkeitsschwankungen, Korngrößen- und Farbvariationen schwierig zu verfolgen sind:
- F2<sup>1</sup> 0.35-0.40 m grauoliv (10 Y 4/2), wellig, parallel, dünn laminiertes Silt, Konvolutschichtung (Taf. 3, Fig. 1).
- F2<sup>2</sup> 0.20-0.30 m dunkelgelboranger (10 YR 6/6), diskontinuierlich wellig, parallel, dünn laminiertes bis massiges, schwach toniges Silt, durchwurzelt.
- F2<sup>3</sup> 0.30 m grauoranger (10 YR 7/4), wellig, nicht parallel, sehr dünn geschichteter, stark sandiger Silt, Konvolutschichtung.
- F2<sup>4</sup> 0.25 m grünlichgrauer (5 G 6/1), wellig, parallel, dünn laminiertes Silt, durchwurzelt (Taf. 3, Fig. 2).

F3 0.80 - 1.10 m mächtiger, gelblichbrauner (10 YR 5/4), diskontinuierlich wellig, nicht parallel, sehr dünn-dünn geschichteter, sandiger Silt mit Flaserschichtung und Bioturbation = Fl; höherer Sandanteil als bei F2.

Vor allem die hangenden Partien von F-FF<sub>p</sub> verzahnen sich mit der Nebenrinne und machen eine Grenzziehung in diesem Bereich schwierig.

### Diskussion des Architektur-Elementes F-FF<sub>p</sub>

Nach einer Phase ruhiger Sedimentation (Element E-FF<sub>d</sub>) verstärkt sich der Rinneneinfluß. Sandiges und tonig-siltiges Material wird durch Überschwemmungen abgelagert. Inverse Dichteschichtung, die typisch für rasch

abgelagerte, wassergesättigte Sedimente ist, bewirkt Konvolutschichtung (vgl. PETTIJOHN et. al. 1987). In Zeiten normaler Wasserführung werden diese locker aufgeschütteten Sedimente bioturbiert. Geringe Wassertiefe und teilweise subaerische Bedingungen sind zu vermuten (Trockenrisse fehlen allerdings). Dieses Architektur-Element kann der proximalen Überschwemmungsebene zugeordnet werden.

### 3.7 Architektur-Element G-CH<sub>k</sub>(LA) - Nebenrinne (Gleithang-ablagerungen)

#### Grenzflächen und externe Geometrie

Die Basalfläche von G-CH<sub>k</sub>(LA) verläuft flach-leicht konkav. Im SSE-Teil der Kiesgrube ist ein steiler Prallhang ausgebildet. Große Teile von E-FF<sub>d</sub> und F-FF<sub>p</sub> werden durch dieses über 40 m lateral verfolgbare und durch Flächen 4. Ordnung begrenzte Element erodiert (E5-F3). Die Liegendgrenze ist aufgrund des Nebenrinnencharakters nicht in die 5. Ordnung einzustufen. Hangend wird dieses Element von F-FF<sub>p</sub> kontinuierlich-leicht erosiv flach überlagert.

#### Lithofazies und interne Beziehungen

Intern ist G-CH<sub>k</sub>(LA) durch Grenzen 3. Ordnung (= Flächen geringer Erosion, die Veränderungen in der Gleithangentwicklung indizieren; vgl. MIALL 1992) in vier Teilbereiche gegliedert (vgl. Beilage 1):

- a) Olivgrauer (5 Y 4/1) - hellolivgrauer (5 Y 6/1), kontinuierlich wellig, parallel-laminierter Silt (-0.08 m mächtig) und mäßig gelber (5 Y 7/6) - dunkelgelber (5 Y 6/4), horizontalgeschichteter, siltiger Feinsand (-0.20 m mächtig) bilden eine mitteldick geschichtete Wechselfolge = Fl. Diese biegt zu Teilbereich b) nach unten ab (120/25°) und wird zu Epsilon-Schrägschichtung (vgl. ALLEN 1963, REINECK & SINGH 1977). Eine Fläche 3. Ordnung (70/15°) trennt a) von b).
- b) Gelblichbrauner (10 YR 5/4) - gräulichgelber (5 Y 8/4) - gräulichroter (10 R 4/2), schräggeschichteter (Epsilon-Schrägschichtung) Mittelsand mit bis zu m-großen Intraklasten (aus F-FF<sub>p</sub> und E-FF<sub>d</sub>) an der Basis baut diesen Teilbereich auf. Die Gleithangflächen verlaufen steil (130/25°), verflachen aber gegen Top und Basis. Zwischen den Gleithangflächen sind vereinzelt Rippelsets eingeschaltet. Vor allem in der nordnordwestlichen, hangenden Partie lösen sich die Gleithangflächen in Rippelschichtung auf.
- c) Hangend sind gelblichbraune (10 YR 5/4), flach-horizontal laminierte Fein-Mittelsande mit vereinzelt grünlichgrauen (5 G 6/1) Siltlagen und teilweise undeutlicher Rippelschichtung (Sh-Sl, Sr) ausgebildet, die kontinuierlich (ähnliche Lithologie, Konvolutschichtung) in F3 übergehen.

- d) Im NNW-Teil verfüllen gelblichgraue (5 Y 7/2) - grauorange (10 YR 7/4), schräggeschichtete Mittelsande (St-Ss) und dunkelgelbe (5 Y 6/4) - gelblichgraue (5 Y 7/2), diskontinuierlich wellig, dünn geschichtete Feinsand-Siltwechsellagerungen (FI) eine bis E-FF<sub>d</sub> erosiv vorgreifende Rinnenstruktur. Aufgrund der genetischen Beziehung dieser Rinnenbildung zu den anderen Teilbereichen und der Kleinräumigkeit wird d) nicht als eigenständiges Architektur-Element abgetrennt. Die Paläoströmungsrichtung von G-CH<sub>k</sub> (LA) verläuft in NE-SW-Richtung (120/25°).

### **Diskussion des Architektur-Elementes G-CH<sub>k</sub> (LA)**

Dieses Element wird aufgrund externer und interner Geometrie (Rinnenform mit Prallhang, Gleithang und flacher, erosiver Basis; Epsilon-Schrägschichtung; Faziesabfolge) als Nebenrinne interpretiert und durch Flächen 4. Ordnung begrenzt. Für eine Klassifizierung als CH<sub>k</sub> sprechen die geringe Mächtigkeit und das Fehlen der Kiesfraktion, die auf die Hauptrinne beschränkt bleibt. Die Möglichkeit eines primär als Dammbuchrinne (Architektur-Element CR) angelegten und zur Kleinrinne ausgebauten Elementes besteht und kann nicht von LA und CH unterschieden werden.

MIALL (1996) gliedert LA in vier durch Korngröße und Form definierte Typen. Aufgrund der oben beschriebenen Merkmale kann G-CH<sub>k</sub> (LA) dem Modell eines „Sand-Silt-Mud-Rivers“ zugeordnet werden. Dafür ist auch das in a) festgestellte flache Auslaufen der Gleithangflächen gegen das Top („benches“; vgl. NANSON & PAGE 1983) charakteristisch.

Zur Entwicklung des Elementes: Der Profilanschnitt schließt den stromabwärtigen Teil einer in engen Mäandern fließenden, vorwiegend feinklastisches Material transportierenden Nebenrinne auf (a). Änderungen der Strömungsrichtung führen zur Verlagerung des Mäanderbogens. Eine zentralere Position mit klar definierten Akkretionsflächen und nahezu senkrecht zur Aufschlußwand verlaufender Paläoströmungsrichtung (NE-SW) wird vom Profil aufgeschlossen (b). Stromschnellenrinnen (chute channels) werden von den gegen NNW in Rippelschichtung übergehenden Gleithangflächen angezeigt (vgl. TODD & WENT 1991). Durch kontinuierliche Trennung von der Hauptrinne verlandet die Nebenrinne. Plötzliche Avulsionsereignisse sind aufgrund des Fehlens eines „mud plugs“ auszuschließen. Die Ablagerungen des Teilbereiches (c) folgen dem Relief der Nebenrinne, bedecken (b) und leiten lateral und vertikal in F-FF<sub>p</sub> über. Hauptsächlich sandig verfüllte Kleinrinnen im NNW-Teil (d) zeigen Erosion am Gleithangtop (chute channels?) an.

Zur Abschätzung der Rinnengröße werden die von LEEDER (1973) auf Grundlage quantitativer Untersuchungen (Rinnenbreite, Rinnentiefe, Mäanderradius, Gleithangwinkel in Relation zu Korngröße und Abflußmenge) an rezenten Mäanderflüssen erstellten Beziehungen verwendet. Die Auswirkungen von Erosion und Kompaktion bleiben unberücksichtigt.

1) Länge der Gleithangflächen ( $LA_L$ )  $\cong$  2/3 der Rinnenbreite (RB):

	Messungen	Berechnete Rinnenbreite
<b>Bereich a)</b>	$LA_L = 5.50 \text{ m}, 5.20 \text{ m}, 5.40 \text{ m}$	7.80-8.30 m
<b>Bereich b)</b>	$LA_L = 3.60 \text{ m}, 4.00 \text{ m}, 3.80 \text{ m}, 4.20 \text{ m}$	5.40-6.30 m

2) Rinnenbreite (RB) =  $6.8 \times$  Rinnentiefe (RT)<sup>1.54</sup>

	Messungen	Berechnete Rinnenbreite
<b>Bereich a)</b>	RT = 2.20 m, 1.80 m, 2.00 m	22.90-16.80 m
<b>Bereich b)</b>	RT = 1.60 m, 1.80 m, 1.70 m, 2.00 m	9.70-14.00 m

3) Rinnenbreite (RB) =  $1.5 \times$  Rinnentiefe(RT) / Tangens des Gleithangwinkels ( $\beta$ )

	Messungen	Berechnete Rinnenbreite
<b>Bereich a)</b>	RT = 2.20 m, 1.80 m, 2.00 m; $\beta = 24^\circ, 26^\circ, 28^\circ$	5.50-7.40 m
<b>Bereich b)</b>	RT = 1.60 m, 1.80 m, 1.70 m, 2.00 m; $\beta = 26^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 22^\circ$	4.90-7.40 m

Diese Berechnungen ergeben eine wahrscheinliche Breite von 5 - 8 m und eine Tiefe von ungefähr 2 m für die Nebenrinne (Breite: Tiefe-Index = 2.5 - 4).

### 3.8 Architektur-Element H-FF<sub>d</sub> - Sedimente der distalen Überschwemmungsebene

#### Grenzflächen und externe Geometrie

Kontinuierliche, planare Flächen 4. Ordnung begrenzen dieses „schichtförmige“, 0.60-0.80 m mächtige Architektur-Element.

#### Lithofazies und interne Beziehungen

Intern lassen sich drei geringfügig verschiedene Lagen (Grenzen 1. Ordnung), die der Lithofazies Fsm zuzuordnen sind, unterscheiden (Taf. 4):

H1 0.10-0.20 m mächtiger, mäßig gelblicher (5 Y 7/6), leicht wellig, parallel, dünn laminiertes, schwach toniger Silt mit oxidierten Pflanzenabdrücken.

H2 0.2-0.40 m mächtiger, mäßig gelblicher (5 Y 7/6), planar, parallel, sehr dünn laminiertes, toniger Silt mit muscheligen Bruch und oxidierten Pflanzenfossilien, Bivalven, Fischschuppen und Insektenresten.

H3 0.20-0.40 m mächtiger, grünlichgrauer (5 G 6/1), diskontinuierlich wellig, nicht parallel, dünn laminiertes-massiger, schwach toniger Silt mit vereinzelten schlecht erhaltenen oxidierten Pflanzenfossilien und Bivalven; teilweise rezent durchwurzelt und stark verwittert.

### **Diskussion des Architektur-Elementes H-FF<sub>d</sub>**

Diese Sedimente sind Suspensionsablagerungen eines stehenden Gewässers in der distalen Überschwemmungsebene. Der Fossilinhalt (GROSS 1997c, KRENN 1998) weist auf einen durchgehend existierenden Wasserkörper in einem gut entwässertem Ausumpf hin. Eine Unterscheidung zwischen FF und CH(FF) ist nicht möglich.

## **3.9 Architektur-Element I-FF<sub>p</sub> - Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene**

### **Grenzflächen und externe Geometrie**

Die hangendsten Partien von BE 1 werden aufgrund der schlechten Aufschlußverhältnisse (rezente Bodenbildung, Unzugänglichkeit) zusammengefaßt. Eine Grenzfläche 4. Ordnung trennt dieses „schichtförmige“ Element von H-FF<sub>d</sub>.

### **Lithofazies und interne Beziehungen**

Grenzen 2. Ordnung gliedern I-FF<sub>p</sub> in drei Horizonte:

I1 0.40 - 0.50 m mächtiger, dunkelgelblichoranger (10 YR 6/6) - hellgelblich-oranger (10 YR 8/6), planar, parallel, dünn laminiertes, sandiger Silt = Fl.

I2 0.60 - 0.80 m mächtiger, grauoranger (10 YR 7/4) - hellgelblichbrauner (10 YR 6/2), massiger, siltiger Feinsand = Sm.

I3 >0.30 m mächtiger hellgrünlichgrauer (5 G 8/1) - grünlichgrauer (5 GY 6/1), massiger bis diskontinuierlich, nicht parallel, dünn laminiertes Silt = Fsm.

### **Diskussion des Architektur-Elementes I-FF<sub>p</sub>**

Über dünn laminierten, sandigen Silten (I1) werden massige Sande (I2) schichtflutartig in die Überschwemmungsebene eingebracht. Diese lithofazielle Vergesellschaftung tritt bei den Elementen LV, CR und CS auf. Eine Zuweisung zu einem dieser Elemente ist nicht möglich. Vorwiegend massiger Silt (I3) indiziert Sedimentation in Ruhigwasserarealen der Überschwem-

mungsebene. Da keine Informationen über den weiteren Sedimentationsverlauf vorliegen, kann es sich um kleine Tümpel nahe der Rinne oder um die beginnende Ausbildung eines Ausees (= undifferenzierter Begriff für Ruhigwasserareale innerhalb der Überschwemmungsebene) handeln.

## 4. Der Flußtyp

### 4.1 Einleitung

Trotz der Schwierigkeit aus isolierten Aufschlüssen den Flußtypus zu rekonstruieren (MIALL 1996: 202 „...*fluvial style should not be interpreted from single exposures of one channel-fill succession...*“) werden die aufgrund der Architektur-Elemente in Frage kommenden Modelle charakterisiert und diskutiert. Die verwendete Klassifikation basiert auf MIALL (1996):

#### **Tiefe, kiesreiche, verflochtene Flüsse (Deep, gravel-bed braided river)**

Kennzeichen dieses „Donjek-Typs“ (MIALL 1977) ist die Ausbildung topographischer Niveaus durch fluviatile Erosion: z.B. Niveau 1 = Rinne, +/- keine Vegetation und Wasserbedeckung der Bänke; Niveau 4 = weitgehend landfeste Inseln mit dichter Vegetation. Überschwemmungsebenen, Mäander und Altarme können gebildet werden und durch laterale Migration einander überlagern (fining-upward-Trends). Dominierendes Architektur-Element ist GB. Daneben sind LA, DA und SB häufig. Ein kontinuierlicher Übergang zu stärker gewundenen Flußtypen (vgl. unten) ist mit einer Zunahme des Elementes LA verbunden.

#### **Kiesreiche, migrierende Flüsse (Gravel-bed, wandering river)**

Dieses an Teilen des Squamish Rivers (British Columbia, Kanada; vgl. BRIERLEY & HICKIN 1991) entwickelte Modell bildet den Übergang zwischen oben beschriebenem Flußtyp und kiesreichen Mäanderflüssen (vgl. unten). Eine bis mehrere Rinnen, große point- und side bars sowie intermediäre Sinuosität kennzeichnen diese Flüsse. Die Architektur-Elemente GB, DA und vor allem LA überwiegen gegenüber SB und FF.

#### **Kiesreiche Mäanderflüsse (Gravel-bed, meandering river)**

Eine Hauptrinne mit Bänken, Inseln und vereinzelt, durch teilweisen Mäanderdurchbruch (chute cut-off) angelegte Nebenrinnen charakterisieren dieses Modell. Das dominierende Element LA ist durch Abnahme der Korngröße von stromaufwärtigem zu stromabwärtigem bzw. von unterem zu oberem Gleithang zweifach differenziert (vgl. LEVEY 1978, REINECK & SINGH 1986, WILLIS 1989).

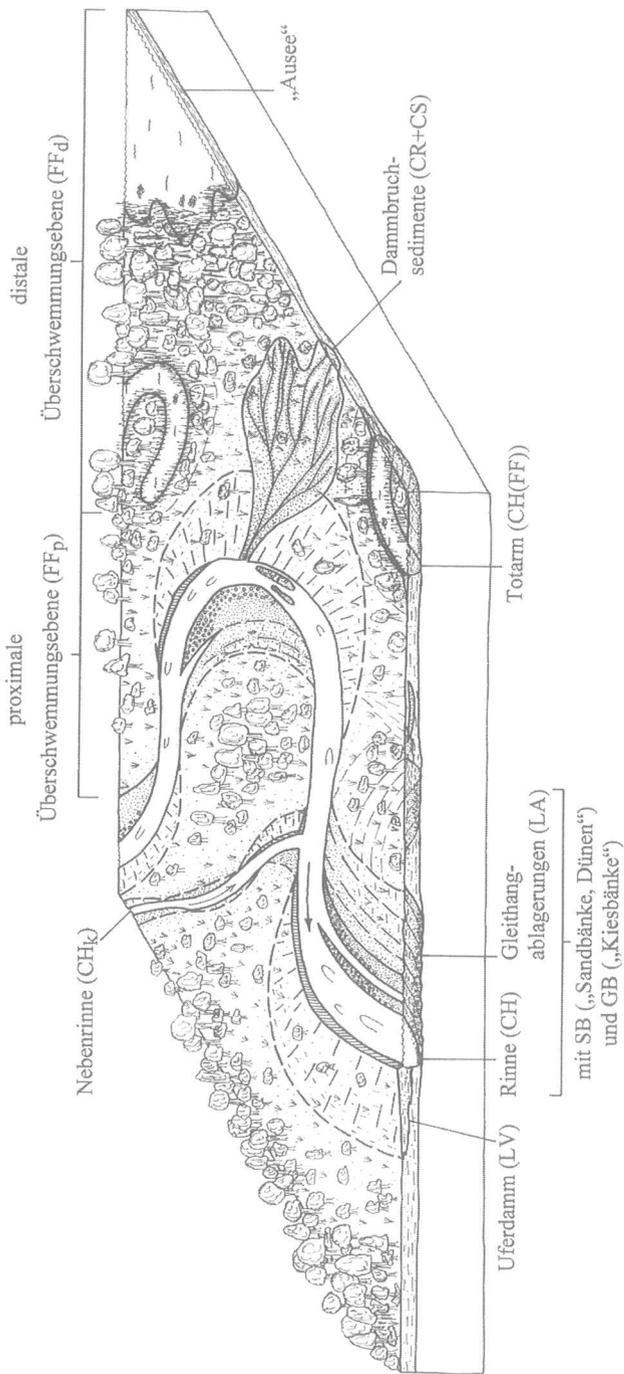


Abb. 5: Faziesmodell der fluviatilen Sedimente im Bereich des „Kapfensteiner Schotters“ südlich von Paldau (Übergangstyp zwischen kiesreichen und kies-sandreichen Mäanderflüssen).

## **Kies-sandreiche Mäanderflüsse (Gravel-sand, meandering river)**

An diesen „coarse-grained meandering streams“ wurde das klassische Gleithang-Modell entwickelt (vgl. READING 1986). Vertreter dieses Typs sind Teile des Wabash, Indiana-Illinois und des South Platte Rivers. Hohe Sinuosität, Sand-Kies-Fracht und gut entwickelte Überschwemmungsebenen mit zahlreichen Altarmen kennzeichnen diese Flüsse. Die Gleithangbildungen zeigen interne Differenzierung, wobei die „klassische“ Abfolge der Lithofaziestypen meist nur im Mittelteil realisiert ist.

## **4.2 Diskussion der fluviatilen Faziesmodelle**

Aufgrund des Überwiegens feinklastischer Ablagerungen und erhöhter Erosionsresistenz der Ufer (starker Bewuchs in warmtemperiertem Klima; vgl. KRENN 1998) sind die Modelle der tiefen, kiesreichen, verflochtenen Flüsse und der kiesreichen, migrierenden Flüsse auszuschließen. Diese Flußtypen sind für alluviale Fächer und proximale Alluvialebenen charakteristisch. Die distale Position der Monscheinkiesgrube zum Grundgebirge läßt dagegen eine gut entwickelte Alluvialebene (vgl. SKALA 1968) erwarten, die von mäandrierenden Flüssen durchströmt wurde.

Die Ergebnisse der Architektur-Element Analyse und zahlreiche Hinweise aus der Literatur (z.B. WINKLER-HERMADEN 1957, KOLLMANN 1965, SKALA 1968, KRAINER 1987a,b, KOVAR-EDER & KRAINER 1990, 1991, GROSS 1997c, 1998a) lassen einen Übergangstyp zwischen kiesreichen Mäanderflüssen und kies-sandreichen Mäanderflüssen erkennen (Abb. 5).

Diese Modelle zeigen lithofaziell ähnliche Abfolgen und sind anhand vorliegender Studie nicht zu trennen. Für einen kiesreichen Mäanderfluß spricht der hohe grobklastische Anteil an der Gesamtabfolge und das häufige Auftreten von Nebenrinnen. Ausgeprägte Überschwemmungsebenen mit Dambruchsedimenten und zahlreichen Auseen weisen auf einen kies-sandreichen Mäanderfluß hin.

## **5. Fazielle Entwicklung der Monscheinkiesgrube (= BE 1)**

### **5.1 Einleitung**

Basierend auf den Ergebnissen der Architektur-Element Analyse und der Klassifizierung des Flußtyps wird versucht die Genese der Sedimenfolge der Monscheinkiesgrube anhand autogener Prozesse darzustellen.

Im fluviatilen System nehmen Architektur-Elemente unterschiedliche Positionen ein, die durch Rinnenmigration bzw. -avulsion laterale Verlagerungen erfahren. Dieser laterale Fazieswechsel bewirkt die Aufeinanderfolge benachbarter Bereiche im Profil („Faziesgesetz“, WALTHER 1893/94). Dieses „Gesetz“ gilt nur bei kontinuierlicher Sedimentation. Ablagerungsstillstände oder erosive Phasen bilden limitierende Faktoren bei der Rekonstruktion des Paläoenvirons. Nachfolgendes Modell läßt Ablagerungslücken unberücksichtigt. Illustrationen sollen eine Vorstellung von den mannigfachen „Subfaziesbereichen“ und deren Beziehung vermitteln (vgl. Abb. 5, Beilage 2).

## 5.2 Genetische Diskussion der Monscheinkiesgrube

**Element A-GB:** Über einer erosiven Basalfläche mit deutlichem Relief und Rinnenpflaster entwickelt sich eine Kiesbank (A-GB) innerhalb der Hauptrinne. Bankbildende Prozesse reichen von einfachem, vertikalem Wachstum (Gh) bis zur Ausgestaltung von Separationswirbeln mit zugehörigen Leehängen und klastengestützten Kiesen (Gt). Perioden geringerer fluviatiler Aktivität kennzeichnen sandige Faziestypen, die erosive Bildungen auf der Bankoberfläche verfüllen.

Die Klassifikation dieser Kiesbänke ist durch unzureichende Kenntnis der externen Geometrie, der Paläoströmungsrichtungen und der Beziehungen zu benachbarten Aufschlüssen schwierig. Die Lithofazies deutet auf eine longitudinale Kiesbank, die als Teil eines unteren oder stromaufwärtigen Bereiches einer Gleithangbank betrachtet wird (Abb. 5, Beilage 2: I (1)). Deutliche Gleithangflächen können fehlen (vgl. COLLINSON 1986; Dimension der Flächen größer als der aufgeschlossene Bereich, „scour- and fill“ bei grober Sedimentfracht, sehr flaches Abtauchen, Sedimentstrukturen auf den Flächen).

**Element B-SB:** Der Übergang zu sandigen Sedimentkörpern erfolgt ohne bedeutende Erosion. Innerhalb von B-SB nimmt die Korngröße (Mittel-Feinsand nach Feinsand) gegen das Hangende ab, die Lithofazies verändert sich (St-Sr, Sl, Sh). Erosive Rinnenbildungen kennzeichnen Schwankungen der Wasserführung.

Autogene Ursachen dieses fining-upward-Trends können sein:

### **(1) Kontinuierliche Rinnenverlagerung - Rinnenmigration (Beilage 2: I (1), II (1))**

Laterale Rinnenmigration führt zum Aufschluß höher am Gleithang gelegener Abschnitte (upper point bar) oder stromabwärtiger point bar-Bereiche (bar tail) im Profil. Strömungsgeschwindigkeit und Wassertiefe verringern sich zunehmend. ARCHE (1983) beschreibt ähnliche Abfolgen. Der Übergang

Kies-Sand erfolgt erosiv. Dies wird auf Kleinrinnen auf der Bankoberfläche zurückgeführt, die vorwiegend sandig verfüllt werden. Intern zeigen diese Gleithangsequenzen eine vergleichbare Abfolge von Sedimentstrukturen (trogförmige Kreuzschichtung - Rippelschichtung - Parallellamination - Siltlagen am Top) und abnehmende Korngröße gegen Hangend.

## **(2) Sprunghafte Rinnenverlagerung - Rinnenavulsion, Altarmbildung (Beilage 2: I (2), II (2))**

Weiträumige Rinnenavulsion und Mäanderdurchbrüche verlagern die Rinne in tiefer gelegene Bereiche (z.B. Reaktivierung von Altarmen). Durch das Fehlen eines sprunghaften Wechsels von grobklastischen zu tonig-siltigen Lithofaziestypen sind Avulsion und „neck-cut-off“ (Durchbruch zwischen zwei sich nähernden Mäanderbögen) auszuschließen. Auch eine partielle Flußverlagerung im Sinne eines teilweisen Mäanderdurchbruches (chute-cut off) mit hauptsächlich sandiger „Verstopfung“ der Altarmeingänge (vgl. KOVAR-EDER & KRÄINER 1990) ist durch die Mächtigkeit von B-SB (mehr als 2 m Sande) unwahrscheinlich.

Das Modell der kontinuierlichen Rinnenmigration **(1)** ist aufgrund der Möglichkeit einer Entwicklung ohne grundlegende Verlagerung des Rinnensystems, guter Übereinstimmung zu Gleithangsequenzen (z.B. ARCHE 1983, PLINT 1983) und den hangend anschließenden Elementen zu favorisieren.

**Element C-LV(FF):** Der fining-upward-Trend setzt sich in Sedimenten der proximalen Überschwemmungsebene fort. Teilweise subaquatische Bedingungen sind für den hangenden Anteil (C2) zu vermuten. Paläobotanische Hinweise (vgl. KRENN 1998) beschränken sich auf den Nachweis von Elementen des „flußbegleitenden Auwaldes“ (vorwiegend *Populus*, *Ulmus* und Monokotylenreste, untergeordnet *Platanus* und *Betula*). Undeutliche Abformung der Blattmorphologie (Grobkörnigkeit des Sedimentes) und Fragmentierung durch Transportvorgänge und/oder Organismen zeigen unruhige Sedimentationsbedingungen und beginnende Bodenbildung (Durchwurzelung, Bioturbation, Konkretionen) an.

**(1)** Durch laterale Rinnenwanderung findet in diesem Profilabschnitt der Übergang vom oberen Gleithang zu Uferdamm und Überschwemmungsebene statt (Beilage 2: III (1)).

**(2)** Bei einer Interpretation als Altarmbildung beginnt die Verfüllung durch sandig-siltige Hochwasserablagerungen (Beilage 2: II (2)).

Aufgrund der zwanglosen Fortsetzung einer Gleithangentwicklung ist Erklärungsansatz **(1)** dem Modell eines Altarmes **(2)** vorzuziehen.

**Element D-FF<sub>p</sub>**: Kontinuierliche bzw. erosive Grenzflächen leiten zu D-FF<sub>p</sub> über. Dieser Schichtverband ist durch eine Silt-Feinsand-Wechselagerung mit untergeordneten Kleinrinnen gekennzeichnet. Uferdamm-, Dammbuchfächer- und Dammbuchrinnensedimente sind am Aufbau beteiligt. Die Entwicklung einer stabilen Überschwemmungsebene mit Paläoböden und Kohlebildungen ist durch häufige fluviatile Beeinflussung (Dammbuchsedimente) weitgehend unmöglich.

- (1) Durch zunehmende Entfernung der Rinne werden Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene aufgeschlossen, die durch rhythmische (saisonale?) Hochwasserablagerungen gekennzeichnet sind. Größeres Material wird von Dammbuchrinnen eingebracht (Beilage 2: III (1)).
- (2) Die Verfüllung des Altarmes setzt sich mit Hochwasserabsätzen fort. Kleinrinnen bringen zusätzlich sandige Sedimente ein (Beilage 2: II (2)).

**Element E-FF<sub>d</sub>**: Korngrößenabnahme, Lamination und zahlreiche phytogene Reste zeigen mit Schicht E1 die Entwicklung einer distalen Überschwemmungsebene an. Durch große Entfernung zur Hauptrinne und starken Bewuchs erreicht diesen Bereich keine Bodenfracht. Ein Verstärkungseffekt, bei dem zunehmende Vegetation die Auswirkungen von Überflutungen dämpft und dadurch die Grundlage für immer dichteren Bewuchs bietet, ist anzunehmen.

Trotz der arten- und individuenreichen Flora ist der Beitrag der Paläobotanik zur Klärung der Sedimentationsprozesse gering. Verschiedene Standorte können nachgewiesen werden (Wasserpflanzengesellschaft; Röhrichtzone, Sumpf- und Bruchwald, mesophytischer Wald, vgl. GROSS 1997c, KRENN 1998). Innerhalb der Schichten E2-E6 scheint sich eine Abnahme der Feuchtstandorte abzuzeichnen (vgl. KRENN 1998), die mit dem in diesem Abschnitt vollzogenen Reliefausgleich gut übereinstimmt. In den hangenden Partien dieses Elementes nimmt der fluviatile Einfluß zu (E5-E6).

- (1) Durch Kompaktion und/oder Grundwasserspiegelanstieg entwickelt sich ein Ausee. Derartige Phänomene sind für gut entwässerte Ausümpfe charakteristisch, in denen sich das Wasser in definierten Bereichen sammelt. Diese Gewässer bieten gute Fossilisationsbedingungen (Beilage 2: IV (1)). Weiträumige Versumpfungen als Voraussetzung für Kohlebildungen sind nicht zu erwarten (vgl. FLORES 1983: poorly drained backswamp).
- (2) Der Altarm entwickelt sich zum Totarm mit durchgehend subaquatischem Milieu (Bivalven, Fischreste, wenig fragmentierte Pflanzenreste). Der Rinneneinfluß beschränkt sich auf Suspensionseintrag durch Überflutungen (Beilage 2: III (2)).

Die weitere Entwicklung der Sedimentfolge der Monscheinkiesgrube ermöglicht ab diesem Element keine gesonderte Diskussion der beiden Modelle (1, 2).

**Element F-FF<sub>p</sub>**: Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene mit geringer Rhythmik und ausgeprägter Konvolutschichtung überlagern E-FF<sub>d</sub>. Autochthone Schachtelalmsteinkerne und Wurzelreste, die über wenige dm senkrecht zu den Schichtflächen zu verfolgen sind, weisen auf Ruhephasen zwischen den Überflutungen hin.

**Element G-CH<sub>k</sub> (LA)**: Avulsions-, Mäander- oder Uferdammdurchbrüche initiieren die Bildung einer mäandrierenden Nebenrinne (G-CH<sub>k</sub> (LA)) (Beilage 2: V (1)). Die fein-mittelklastische Fracht des Nebenflusses weist auf topographische und/oder hydrologische Separation von der Hauptrinne hin. Die Ausprägung der Gleithangflächen mit steilen Akkretionslagen und flachen „benches“ (Bereich a) ist typisch für „fine grained point bars“. An der Basis sind zahlreiche, bis m-große Intraklasten zu beobachten, die durch Unterspülung des Prallhanges und Aufarbeitung des Untergrundes in die Rinne gelangten (Bereich b). Intern noch weitgehend intakte Lamination und gut erhaltene phytogene Reste sprechen für geringe Schleppkraft und kurze Transportweite der Intraklasten. Aufgrund vertikal zunehmend kleiner werdender Gleithangflächen in Prallhangnähe und dem Fehlen eines „mud plugs“ ist das allmähliche Verlanden dieser Nebenrinne anzunehmen (Bereich b; vgl. PUIDEFABREGAS & VLIET 1978). Schätzungen der Rinnendimension belaufen sich auf 5-8 m Breite und 2 m Tiefe. Unkanalisierter Abfluß zeichnet den Rinnenbereich nach (Bereich c) und beeinflusst die Sedimentation der lateral anschließenden Überschwemmungsebene (F-FF<sub>p</sub>). Erosive Rinnenbildungen (chute channels?) begrenzen G-CH<sub>k</sub> (LA) im NNW-Aufschlußareal (Bereich d).

**Element H-FF<sub>d</sub>**: Mit dem Ende der Sedimentzufuhr aus der Nebenrinne setzt vorwiegend suspensive Ablagerung ein. Durch Kompaktion und/oder Grundwasserspiegelanstieg bildet sich ein Ausee. Ob die unterlagernden Architektur-Elemente diese Entwicklung beeinflussen ist nicht zu entscheiden (Beilage 2: VI (1)). Ein pflanzenreicher Übergangshorizont (H1) leitet zu einem eutrophen, lakustrinen Habitat mit Stillwassergesellschaften (*Salvinia*, *Limnobiophyllum*), randlicher Röhrichtzone und daran anschließendem Bruch-Sumpfwald (*Glyptostrobus*, *Comptonia*, *Myrica*, *Nyssa*, *Ilex*, *Pronephrium*) über. Elemente des flußbegleitenden Auwaldes (*Pteris*, *Salix*, *Platanus*, *Liquidambar*, *Juglans*, *Acer obtusilobum*) und des mesophytischen Waldes (*Parrotia*, *Quercus* cf. *pseudocastanea*) treten dagegen zurück (vgl. GROSS 1997c, KRENN 1998).

**Element I-FF<sub>p</sub>:** Im hangendsten, stark verwitterten Teil von BE 1 steigt der fluviatile Einfluß (Rinnenmigration, Avulsion, Mäanderdurchbruch?). Ablagerungen der proximalen Überschwemmungsebene zeigen das Verlanden bzw. „Zuschütten“ des Ausees (Beilage 2: VII (1)) an.

## Dank

Herrn Josef Monschein danke ich für die Möglichkeit der Bearbeitung seiner Kiesgrube. Bei Geländearbeiten unterstützten mich freundlicherweise Herr Mag. Thomas Gross und Herr Mag. Harald Krenn.

Für die Durchsicht des Manuskriptes und zahlreiche Anregungen bedanke ich mich bei: Herrn Dr. Alois Fenninger, Frau Heide-Roswitha Gross, Herrn Mag. Harald Krenn, Herrn Dr. Werner E. Piller, Herrn Dr. Jürgen Schlaf und Herrn Dr. Karl Stingl.

## 6. Literatur

- ALLEN, J.R.L. (1963): The classification of cross-stratified units, with notes on their origin. - *Sedimentology*, **2**, 93-114, Oxford.
- ARCHE, A. (1983): Coarse-grained meander lobe deposits in the Jarama River, Madrid, Spain. - In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Hrsg.): Modern and ancient fluvial systems. - *Int. Assoc. Sediment., Spec. Publ.*, **6**, 313-321, Oxford-London-Edinburgh.
- ASHMORE, P.E. (1991): How do gravel-bed rivers braid? - *Can. J. Earth Sci.*, **28**, 326-341, Plattsburg.
- BRIDGE, J.S. (1993): Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective. - *Sedimentology*, **40**, 801-810, Oxford.
- BRIDGE, J.S. (1995): Reply. - *Sedimentology*, **42**, 384-389, Oxford.
- BRIERLEY, G.J. & HICKIN, E.J. (1991): Channel planform as a non-controlling factor in fluvial sedimentology: the case of the Squamish River floodplain, British Columbia. - *Sediment. Geol.*, **75**, 67-83, Amsterdam.
- COLLINSON, J.D. (1986): Alluvial sediments. - In: READING, H.G. (Hrsg.): *Sedimentary environments and facies*. - 2. Aufl., 20-62, Blackwell Scientific, Oxford.
- COLLINSON, J.D. & THOMPSON, D.B. (1989): *Sedimentary structures*. - 2. Aufl., 207 S., Unwin Hyman, London.
- EBERTH, D.A. & MIALL, A.D. (1991): Stratigraphy, sedimentology and evolution of vertebrate-bearing, braided to anastomosed fluvial system, Cutler Formation (Permian-Pennsylvanian), north-central New Mexico. - *Sediment. Geol.*, **72**, 225-252, Amsterdam.

- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, **49**, 96 S., Graz.
- FLORES, R.M. (1983): Basin analysis of coalrich Tertiary fluvial deposits, northern Powder River Basin, Montana and Wyoming. - In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Hrsg.): Modern and ancient fluvial systems. - Int. Assoc. Sedimentol., Spec. Publ., **6**, 501-515, Oxford-London-Edinburgh.
- FRIEBE, J.G. (1994): Gemischt siliziklastisch-karbonatische Abfolgen aus dem Oberen Sarmatium (Mittleres Miozän) des Steirischen Beckens. - Jb. Geol. B.-A., **137(2)**, 245-274, Wien.
- FÜCHTBAUER, H. (Hrsg., 1988): Sedimente und Sedimentgesteine. Teil II. - 4. Aufl., 1141 S., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- GODDARD, E.N., TRASK, P.D., FORD DE, R.K., ROVE, O.N., SINGEWALD, J.T. Jr. & OVERBECK, R.M. (1951): Rock-color chart. - Geol. Soc. Am., New York.
- GROSS, M. (1996): Sedimentation, Sukzession und Choriotope eines fluvialen Systems (Oststeiermark, Obermiozän). - Terra Nostra, 96/6, 66. Jahrestagung Paläont. Ges., Vortrags- und Postercurzfassungen, 112, Leipzig.
- GROSS, M. (1997a): Zur Flora der „Kapfensteiner Schichten“ (Unterpannonium, Obermiozän) in der Südoststeiermark. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **22**, 186-187, Innsbruck.
- GROSS, M. (1997b): Faziesentwicklung und Lithostratigraphie im Obermiozän des zentralen Gnaser Beckens. - 2. Österreichisches Sedimentologen-Treffen, Seewalchen/Attersee, Kurzfassungen, 7, Leoben.
- GROSS, M. (1997c): Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Obermiozän der Südoststeiermark (Paldau-Perlsdorf). - Diplomarbeit, Inst. Geol. Paläont. Univ. Graz., 228 S., Graz.
- GROSS, M. (1998a): Floren- und Faziesentwicklung im Unterpannonium (Obermiozän) des oststeirischen Neogenbeckens (Österreich). - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **23**: 1-35, Innsbruck.
- GROSS, M. (1998b): Der Braunkohlebergbau von Paldau. - Mitt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, **SH 2**, 199-208, Graz.
- GROSS, M. & KRENN, H. (1995): Zur Paläoökologie der obermiozänen Flora von Paldau (Pannonium C, Oststeiermark). - 2. Tagung der Österr. Paläont. Ges., Kurzfassungen der Vorträge und Poster, 10-11, Graz.
- GROSS, M., HUBMANN, B. & REISINGER R (1998): Gammastrahlungscharakteristik der „Kapfensteiner Schotter“ (Obermiozän, Steirisches Becken/Österreich). - 3. Österreichischer Sedimentologen Workshop, Seewalchen/Attersee, Kurzfassungen, 6, Wien.
- JUNGHANS W.-D., AIGNER, T. & RICKEN, W. (1997): Fluviale Architektur des Mittleren Stubensandsteins am südwestlichen Schönbuch (Trias, Baden-Württemberg). - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **204(3)**, 285-320, Stuttgart.

- KOLLMANN, K. (1960): Das Neogen der Steiermark (mit besonderer Berücksichtigung der Begrenzung und Gliederung). - Mitt. Geol. Ges. Wien, **52** (1959), 159-167, Wien.
- KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken. - Mitt. Geol. Ges. Wien, **57** (1964), 479-632, Wien.
- KOVAR-EDER, J. (1992): A Remarkable Preservation State of Fossil Leaves Recognized in *Potamogeton*. - Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **147**, 393-397, Frankfurt/Main.
- KOVAR-EDER, J. & KRAINER, B. (1990): Faziesentwicklung und Florenabfolge des Aufschlusses Wörth bei Kirchberg/Raab (Pannon, Steirisches Becken). - Ann. Naturhist. Mus. Wien, **91A**, 7-38, Wien.
- KOVAR-EDER, J. & KRAINER, B. (1991): Flora und Sedimentologie der Fundstelle Reith bei Unterstorcha, Bezirk Feldbach in der Steiermark (Kirchberger Schotter, Pannonium C, Miozän). - Jb. Geol. B.-A., **134(4)**, 737-771, Wien.
- KRAINER, B. (1986): Untersuchungen an fluviatilen Sedimenten zur Bewertung von Lockergesteinsvorkommen am Beispiel des Unterpannons im Steirischen Becken. - Arch. Lagerst. forsch. Geol.B.-A., **7**, 167-172, Wien.
- KRAINER, B. (1987a): Das Tertiär der Weizer Bucht, Steirisches Becken. - Dissertation, Inst. Geol. Paläont. Univ. Graz., 327 S., Graz.
- KRAINER, B. (1987b): Fluviale Faziesentwicklung im Unterpannonien des Steirischen Beckens (Zentrale Paratethys, Österreich). - Facies, **17**, 141-148, Erlangen.
- KRENN, H. (1997): Systematische, paläoökologische und paläoklimatische Analyse der obermiozänen (pannonen) Flora von Paldau, Steiermark, Österreich. - Diplomarbeit, Inst. Bot. Univ. Graz, 103 S., Graz.
- KRENN, H. (1998): Die obermiozäne (pannone) Flora von Paldau, Steiermark, Österreich. - Mitt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, **56**, ■ Graz.
- LEEDER, M.R. (1973): Fluvial fining-upward cycles and the magnitude of palaeochannels. - Geol. Mag., **110**, 265-276, London.
- LEVEY, R.A. (1978): Bed-form distribution and internal stratification of coarse-grained point-bars, Upper Congaree River, SC. - In: MIAL, A.D. (Hrsg.): Fluvial sedimentology. - Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., **5**, 105-127, Calgary-Alberta.
- MIAL, A.D. (1977): A review of the braided river depositional environment. - Earth Sci. Rev., **13**, 1-62, Amsterdam.
- MIAL, A.D. (1985): Architektural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. - Earth Sci. Rev., **22**, 261-308, Amsterdam.
- MIAL, A.D. (1988): Facies architecture in clastic sedimentary basins. - In: KLEINSPEHN, K.L. & PAOLA, C. (Hrsg.): New perspectives in basin analysis. - 67-81, Springer-Verl., New York.
- MIAL, A.D. (1990): Principles of Sedimentary Basin Analysis. - 2. Aufl., 668 S., Springer-Verl., New York-Berlin-Heidelberg.

- MIALL, A.D. (1992): Alluvial deposits. - In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. (Hrsg.): Facies models: response to sea level change. - Geol. Assoc. Canada, St. John's, Newfoundland, 119-142, Stittsville.
- MIALL, A.D. (1995): Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective: discussion. - *Sedimentology*, **42**, 379-384, Oxford.
- MIALL, A.D. (1996): *The Geology of Fluvial Deposits*. - 582 S., Springer-Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- NANSON, G.C. & PAGE, K. (1983): Lateral accretion of fine-grained concave benches on meandering streams. - In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Hrsg.): Modern and ancient fluvial systems. - Int. Assoc. Sediment., Spec. Publ., **6**, 133-144, Oxford-London-Edinburgh.
- NEBERT, K. (1985): Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrandes der Zentralalpen. - Arch.Lagerst.forsch., Geol. B.-A., **6**, 23-77, Wien.
- NEUBAUER, F & GENSER, J. (1990): Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen - eine Übersicht. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **120**, 203-219, Graz.
- PAPP, A., JAMBOR, A. & STEININGER, F.F. (1985): Chronostratigraphie und Neostatotypen. Miozän der Zentralen Paratethys. - **7(M6)**, 636 S., Verl. Ungar. Akad. Wiss., Budapest.
- PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. & SIEVER, R. (1987): *Sand and Sandstone*. - 553 S., Springer-Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- PLINT, A. G. (1983): Sandy fluvial point-bar sediments from the middle Eocene of Dorset, England. - In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Hrsg.): Modern and ancient fluvial systems. - Int. Assoc. Sediment., Spec. Publ., **6**, 355-368, Oxford-London-Edinburgh.
- PUIDEFABREGAS, C. & VLIET VAN, A. (1978): Meandering stream deposits from the Tertiary of the southern Pyrenees. - In: MIALL, A.D. (Hrsg.): Fluvial sedimentology. - Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., **5**, 469-485, Calgary-Alberta.
- RAMOS, A. & SOPENA, A. (1983): Gravel bars in low-sinuosity streams (Permian and Triassic, central Spain). - In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Hrsg.): Modern and ancient fluvial systems. - Int. Assoc. Sediment., Spec. Publ., **6**, 301-312, Oxford-London-Edinburgh.
- READING, H.G. (1986): *Sedimentary environments and facies*. - 2. Aufl., 615 S., Blackwell Scientific, Oxford.
- REINECK, H.E. (1984): *Aktuogeologie klastischer Sedimente*. - 348 S., Verl. Waldemar Kramer, Frankfurt/Main.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B. (1977): *Depositional sedimentary environments*. - 1. Aufl., 2. Nachdr., 549 S., Springer-Verl., New York.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B. (1986): *Depositional sedimentary environments*. - 2. Aufl., 2. Nachdr., 551 S., Springer-Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- SALVADOR, A. (Hrsg., 1994): *International stratigraphic guide*. - 2. Aufl., Int. Subcomm. Strat. Class. IUGS Int. Comm. Strat., 214 S., Boulder.

- SAUERZOPF, F. (1950): Fauna und Gliederung der Schichten des Pannon im südlichen Burgenland. - Dissertation, Univ. Wien, 162 S., Wien.
- SAUNDERSON, H.C. & LOCKET, F.P.J. (1983): Flume experiments on bed-forms and structures at the dune-plane bed transition. - In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Hrsg.): Modern and ancient fluvial systems. - Int. Assoc. Sediment., Spec. Publ., **6**, 49-58, Oxford-London-Edinburgh.
- SKALA, W. (1968): Lithologische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger - Karnerberger - Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken). - Mitt. Geol. Ges. Wien, **60(1967)**, 69-95, Wien.
- STINY, J. (1918): Die Lignite in der Umgebung von Feldbach in Steiermark. - Bergbau und Hütte, **10-11**, 171-180, 193-196, Wien.
- TODD, S.P. & WENT, D.J. (1991): Lateral migration of sand-bed rivers: examples from the Devonian Glashabeg Formation, SW Ireland and the Cambrian Alderney Sandstone Formation, Channel Islands. - Sedimentology, **38**, 997-1020, Oxford.
- VISHER, G.S. (1969): Grain size distributions and depositional processes. - J. Sediment. Petrol., **39**, 1077-1106, Tulsa.
- WALTHER, J. (1893/94): Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. - 3 Bde., 1055 S., Gustav Fischer Verl., Jena.
- WILLIS, B.J. (1989): Palaeochannel reconstruction from point bar deposits: a three-dimensional perspective. - Sedimentology, **36**, 757-766, Oxford.
- WINKLER, A. (1921): Beitrag zur Kenntnis des oststeirischen Pliozäns. - Jb. Geol. Staats.-A., **71(1-2)**, 1-50, Wien.
- WINKLER, A. (1927a): Über die sarmatischen und pontischen Ablagerungen im Südostteil des steirischen Beckens. - Jb. Geol. B.-A., **77**, 393-456, Wien.
- WINKLER, A. (1927b): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich. Blatt Gleichenberg. - Geol. B.-A., 164 S., Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A.V. (1951): Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. - In: SCHAFFER, F.X. (Hrsg.): Geologie von Österreich. - 414-524, Verl. Deuticke, Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A.V. (1957): Geologisches Kräftespiel und Landformung. - 822 S., Springer-Verl., Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A.V. & RITTLER, W. (1949): Erhebungen über artesische Wasserbohrungen im steirischen Becken, unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die Tertiärgeologie. - Geologie und Bauwesen, **17(2-3)**, 33-96, Wien.

Anschrift des Verfassers:

Mag. Martin GROSS, Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinichstraße 26, A-8010 Graz.

# Anhang

## Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich)

Martin GROSS

### Tafeln 1-4

## Tafel 1



Fig. 1: Überblicksaufnahme des Architektur-Elementes A-GB im NNW-Teil der Monscheinkiesgrube; Grenze zu Architektur-Element B-SB durch Schild markiert (= 10x10 cm).

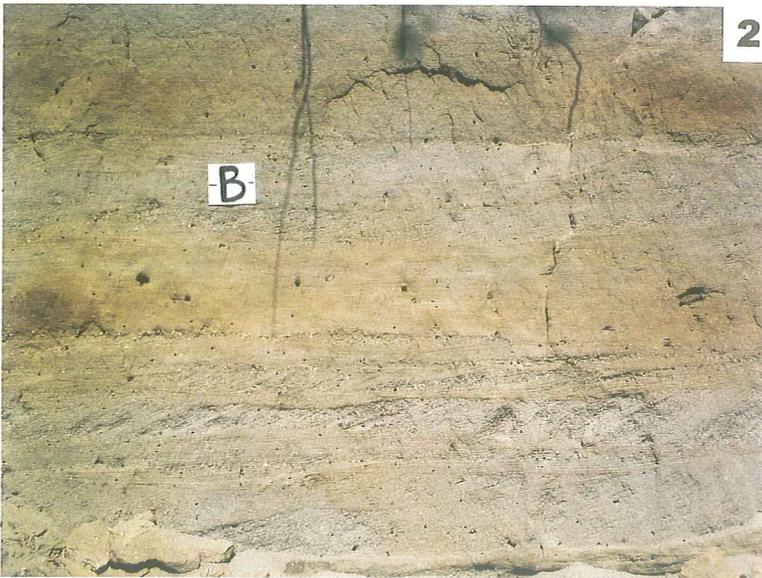


Fig. 2: Ausschnitt aus Architektur-Element B-SB (vgl. Abb. 3, rechts; Schild = 10x10 cm).

## Tafel 2



Fig. 1: Ausschnitt aus Schicht C1 des Architektur-Elementes C-LV.

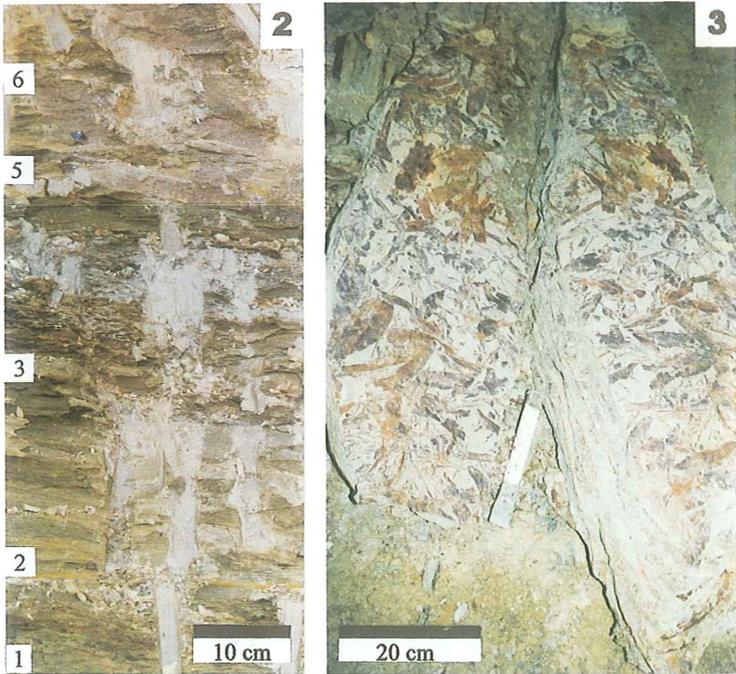


Fig. 2: Ausschnitt aus Architektur-Element E-FF<sub>d</sub> (Schicht E1-E6).

Fig. 3: Schichtfläche von E2 mit oxidierten Blattfossilien.

### Tafel 3

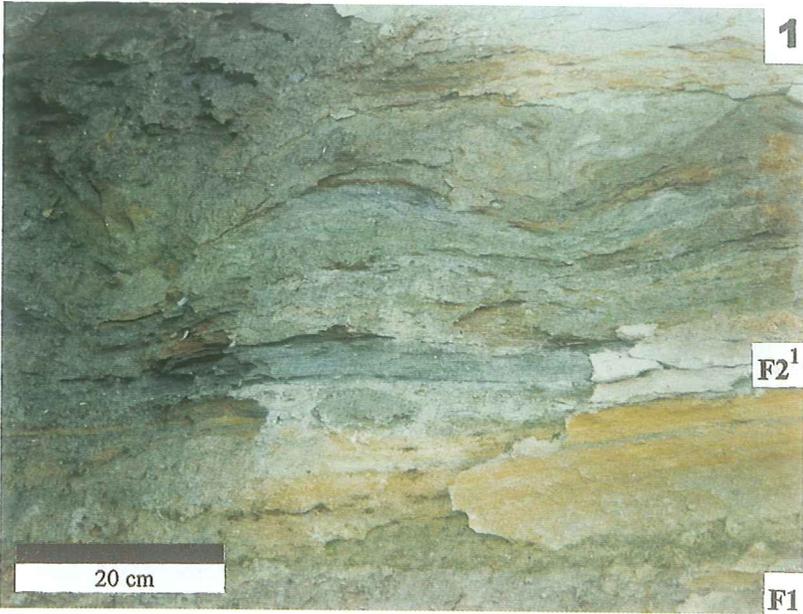
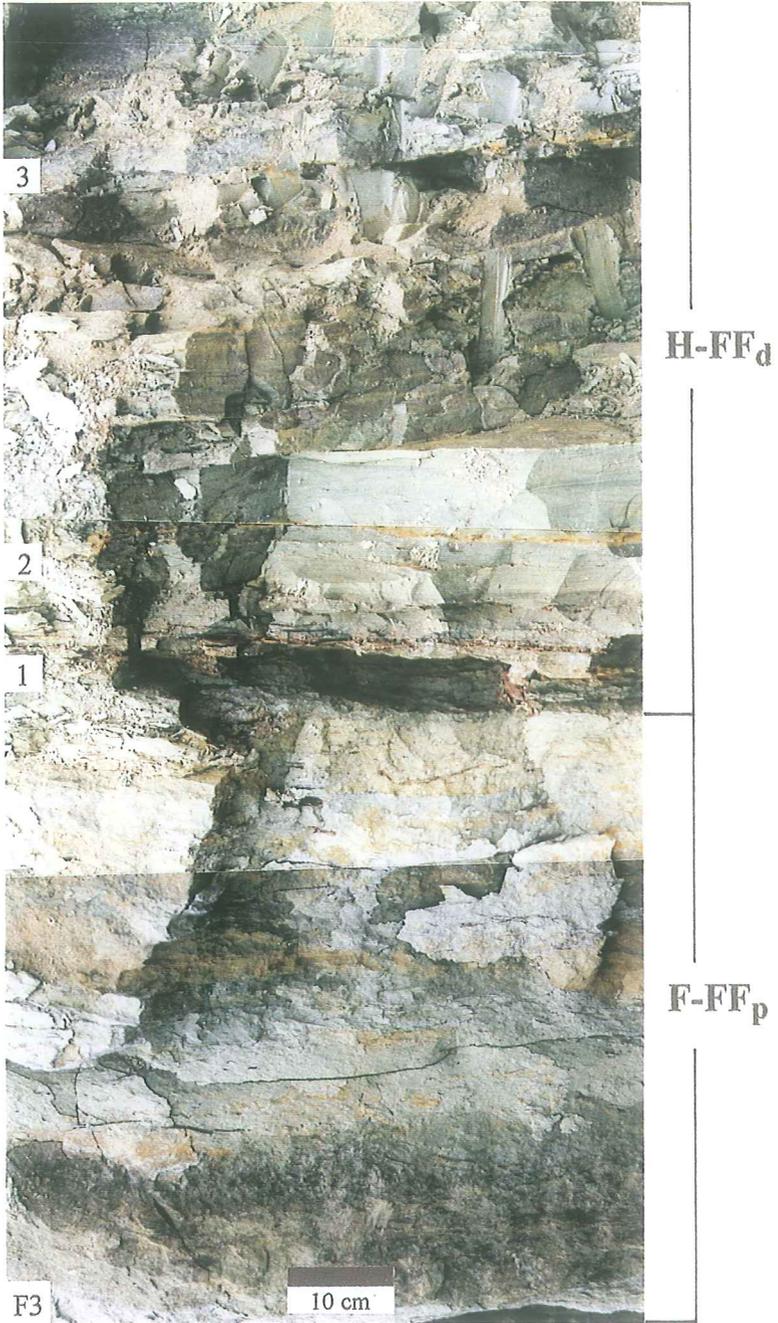


Fig. 1: Ausschnitt aus Architektur-Element F-FF<sub>p</sub> (Schichten F1 und F2<sup>1</sup>).



Fig. 2: Ausschnitt aus Architektur-Element F-FF<sub>p</sub> (Schicht F2<sup>4</sup>).

Tafel 4



Ausschnitt aus Architektur-Element F-FF<sub>p</sub> und H-FF<sub>d</sub> (Schicht F3-H3).

# Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich)

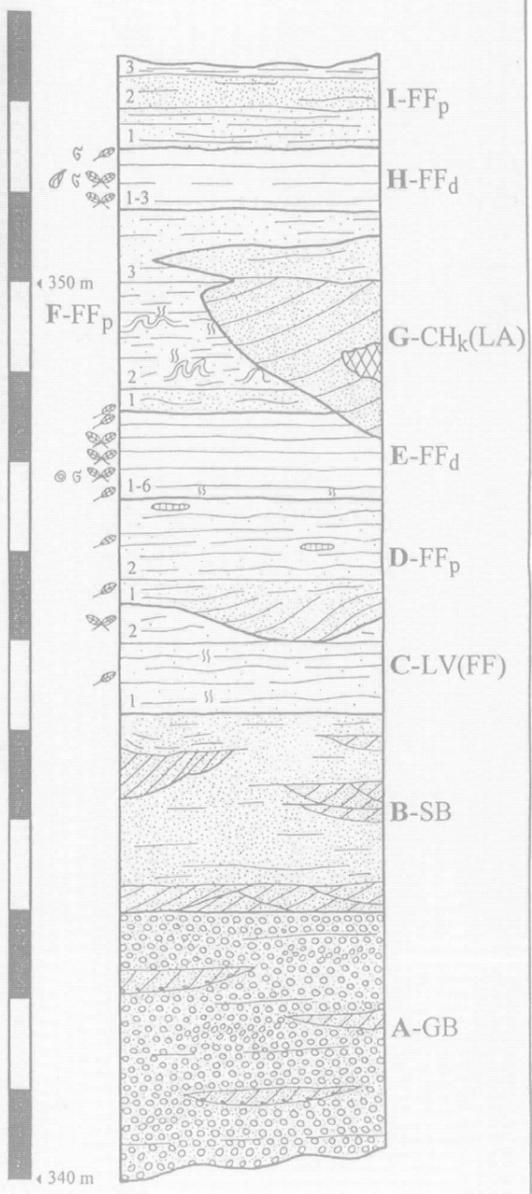
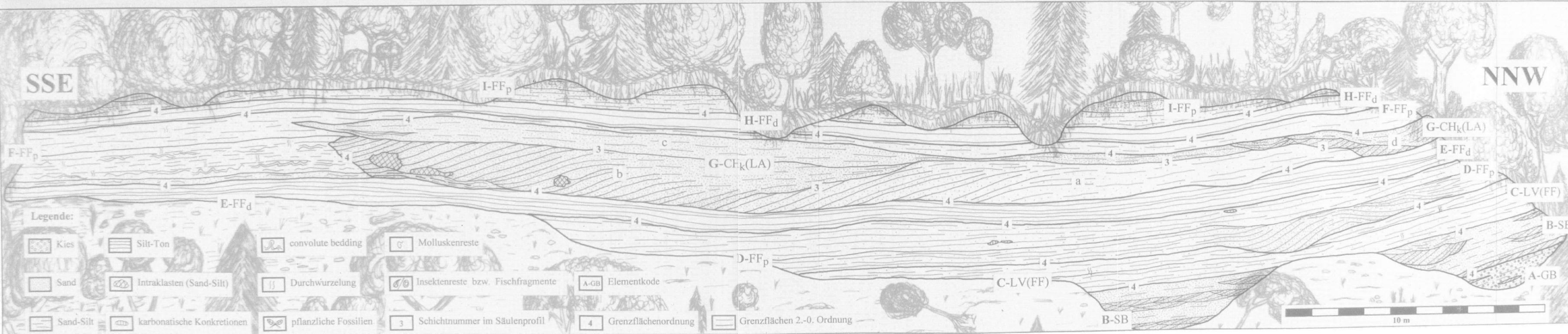
Martin GROSS

## Beilage 1

A-GB:	Kiesbänke und kiesreiche Sedimentkörper.
B-SB:	Sandige Sedimentkörper.
C-LV(FF):	Uferdamm (Sedimente der Überschwemmungsebene).
D-FF <sub>p</sub> :	Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene.
E-FF <sub>d</sub> :	Sedimente der distalen Überschwemmungsebene.
F-FF <sub>p</sub> :	Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene.
G-CH <sub>k</sub> (LA):	Nebenrinne (Gleithangablagerungen).
H-FF <sub>d</sub> :	Sedimente der distalen Überschwemmungsebene.
I-FF <sub>p</sub> :	Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene.

„Monscheinkiesgrube“ (BE 1) bei Paldau - Frontalansicht

Säulenprofil

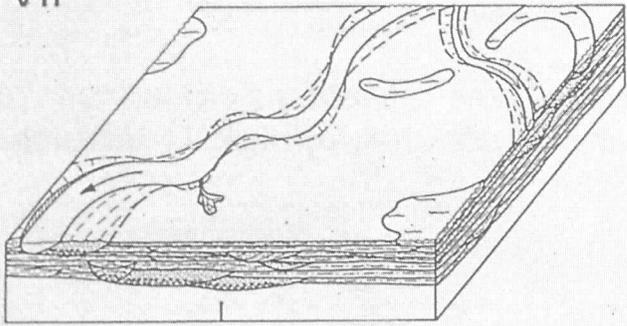


# **Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich)**

Martin GROSS

**Beilage 2**

VII

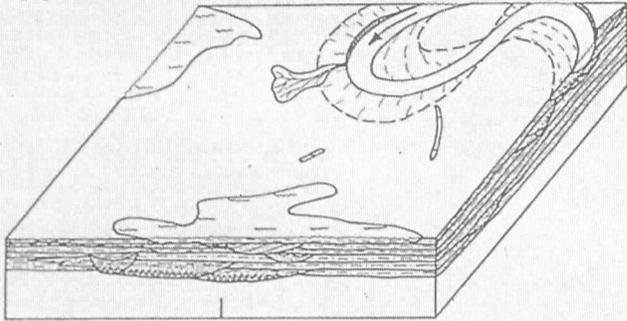


Zunehmender fluvialer Einfluß durch Rinnenverlagerung (Dammbrüche)

Sedimentation in der proximalen Überschwemmungsebene (I-FF<sub>a</sub>)



VI

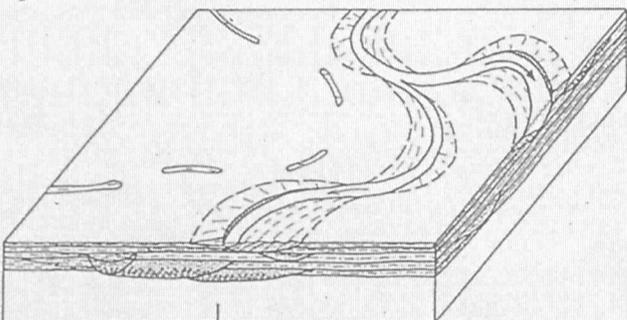


Kontinuierliches Verlanden der Nebenrinne (G-CH<sub>1</sub>(LA)) und kompaktionskontrollierter Grundwasserspiegelanstieg

Ausbildung eines „Ausees“ (H-FF<sub>a</sub>)



V

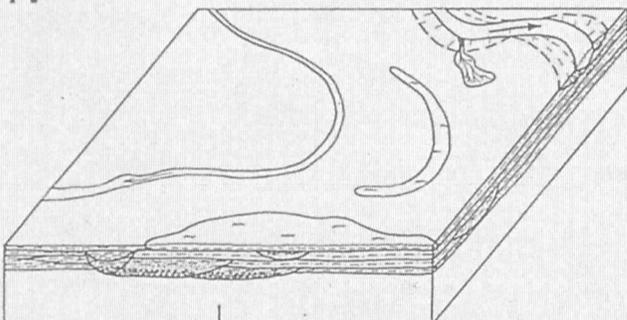


Entwicklung einer Nebenrinne (G-CH<sub>1</sub>(LA)) in der Überschwemmungsebene durch Dammbrüche

Partielle Erosion der Unterlagerung (E-FF<sub>a</sub>) und sedimentäre Beeinflussung der lateralen Elemente (F-FF<sub>a</sub>)



IV

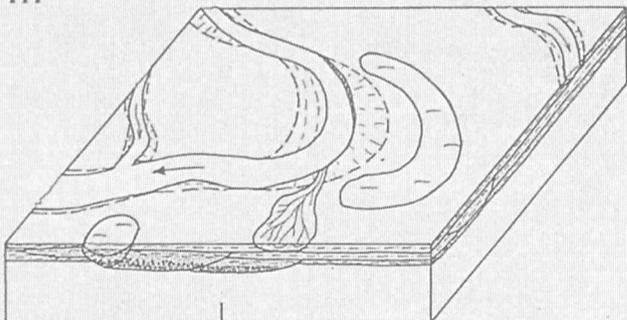


Ausbildung eines „Ausees“ durch weiträumige Verlagerung der Hauptrinne (stromaufwärtige Avulsion)

Suspensionsablagerung in distaler Rinnenposition (E-FF<sub>a</sub>)



III

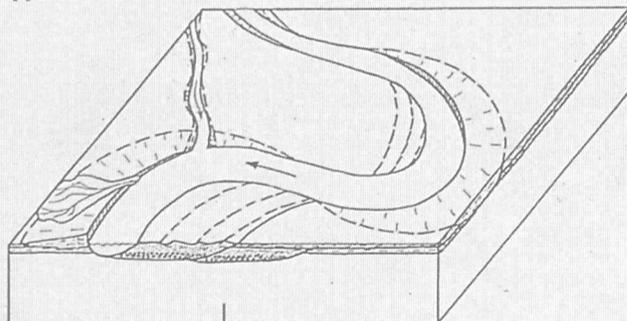


Weitere Abnahme des fluvialen Einflusses durch Dammbruch induzierte Avulsion

Sedimentation im Bereich Uferdamm bis proximale Überschwemmungsebene (C-LV(FF), D-FF<sub>a</sub>) und Dammbruchablagerungen



II

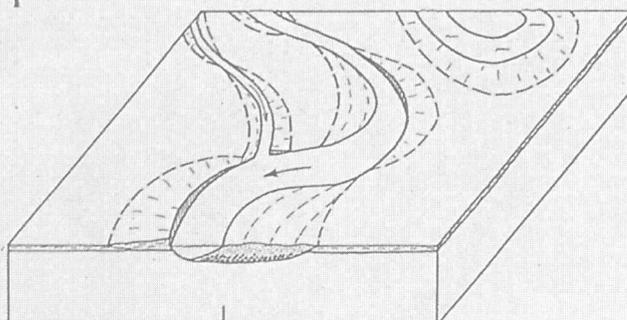


Kontinuierliche, laterale Rinnenverlagerung

Sedimentation im oberen Gleithangbereich (B-SB)



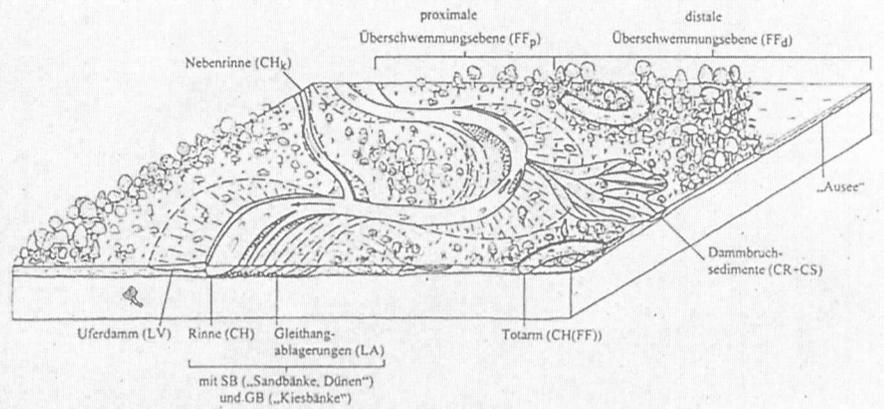
I



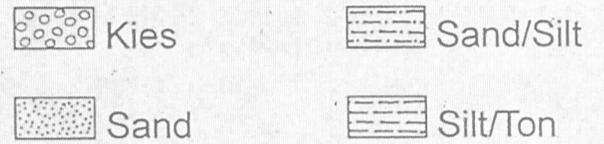
Laterale Rinnenmigration

Rinnensedimentation in Verbindung mit Gleithangbildungen (A-GB bis B-SB)

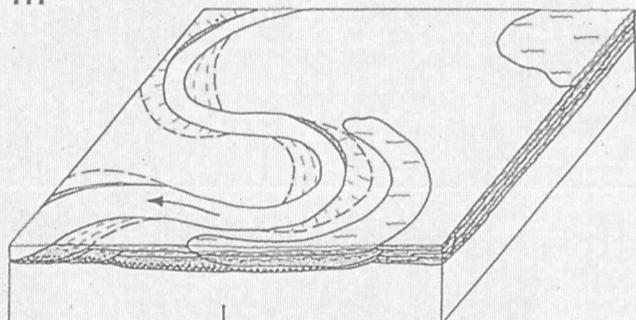
## Modelle zur Entwicklung der Sedimentfolge der Monscheinkiesgrube (= BE 1)



Legende:



III

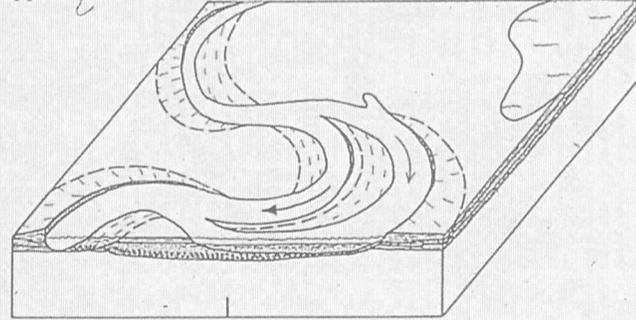


Bildung eines von der Rinnensedimentation weitgehend isolierten Totarmes

Suspensionseintrag während Überflutungen (E-FF<sub>a</sub>)



II

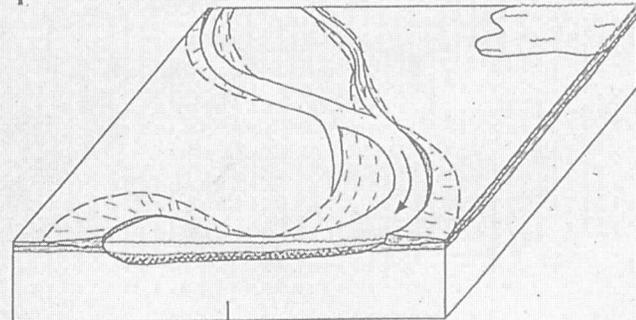


Zunehmende Abflußverminderung in der Hauptrinne durch chute cut-off-Prozesse

Sandig-siltige Verfüllung des Altarmes (B-SB, C-LV(FF), D-FF<sub>p</sub>)



I



Laterale Rinnenmigration

Vorwiegend Kiesablagerung (A-GB) im tieferen Rinnenbereich

Interpretationsmöglichkeit (1)

Interpretationsmöglichkeit (2)