

Schlüsselwörter

Oststeirisches Becken
Pannonium
Aufschluß-Gammalog
fluviatile Sedimente
Architektur-Elemente

Gammastrahlungscharakteristik der „Kapfensteiner Schotter“ (Obermiozän, Steirisches Becken/Österreich)

MARTIN GROSS, JOHANNES REISINGER & BERNHARD HUBMANN¹

4 Abbildungen, 3 Tabellen und 1 Tafel

Inhalt

Zusammenfassung	79
Abstract	79
1. Einleitung	79
2. Regionale Geologie	80
3. Kapfensteiner Schotter	82
4. Lage und Sedimentologie des untersuchten Aufschlusses	82
5. Radiometrische Untersuchungen	82
6. Schlußfolgerungen	87
7. Dank	87
Literatur	87

Zusammenfassung

Die Gamma-Strahlungscharakteristik einer fluviatilen Abfolge wird mit sedimentologischen Daten in Beziehung gebracht. Damit sollen Grundlagen für eine verbesserte Interpretation von Gammalogs aus Bohrlochmessungen geliefert werden. Die Szintillometer-Vermessung der in einem Aufschluß kartierten Sedimentkörper (Architektur-Elemente) nach der Profil- und Raster-Methode zeigte, dass der über die gesamte Abfolge integrierte Gammalog-Trend den „Unten-grob-Zyklus“ (einschließlich faziell bedingter Abweichungen) grundsätzlich gut widerspiegelt. Die Architektur-Elemente sind hinsichtlich ihres Strahlungsverhaltens homogene Körper. Zur Klärung der in Einzelfällen beobachteten Trend-Abweichungen sind weitere (qualitative) Faktoren wie der Chemismus der Tonminerale zu berücksichtigen.

Outcrop gamma-ray logging of the “Kapfensteiner Schotter” (Upper Miocene, Styrian Basin/Austria)

Abstract

The combined application of outcrop gamma-ray logging and architectural-element analysis to fluvial deposits is used providing a basic contribution to the improved understanding of well gamma-log data. The analysis of the scintillometer-data (including the radiometric variation between and within the mapped sediment bodies) yielded as a result that the mean gamma-log curve mirrors satisfactorily the fining-upward trend of the studied sediments. In their radiometric behaviour the architectural-elements are homogenous bodies. Deviations observed in single cases require the implementation of qualitative factors (e.g. chemistry of clay minerals).

1. Einleitung

Gammalogs werden seit dem ersten Einsatz einer Gamma-Sonde im Jahr 1939 (BRADL, 1980) bei Bohrlochmessungen routinemäßig erstellt. Seit den 80er Jahren gewinnt die Messung der natürlichen Radioaktivität von Gesteinsserien an Obertageaufschlüssen zunehmend an Bedeutung. Dieses Verfahren findet neben dem Einsatz in der Prospektion auf Erdöl- und Erzlagerstätten auch bei der Gliederung und Parallelisierung monotoner Gesteinsfolgen (vgl. HECKEMANN & KRÄMER, 1989 *cum lit.*) seine Anwendung. Natürliche Gammastrahlung wird vor allem durch die Nuklide der Uran-Radium-

und Thorium-Umwandlungsreihe, sowie vom Kaliumisotop ⁴⁰K spontan emittiert. Im sedimentären Zyklus reichern sich die radioaktiven Elemente in Tonen an. Dementsprechend ist innerhalb siliziklastischer Abfolgen erhöhte natürliche Radioaktivität in Sedimentationseinheiten mit geringeren Partikelgrößen zu erwarten.

Mit Hilfe eines tragbaren Szintillometers („Heger-Sonde“) können Aufschluß-Gammalogs erstellt werden, die radiometrische Bilder von stratigraphischen Profilen darstellen. In einem Profil senkrecht zur Schichtung wird die Gammastrahlung (im Gegensatz zum dynamischen Bohrloch-Log) entlang

Anschrift der Autoren

¹ Martin GROSS, Johannes REISINGER, Bernhard HUBMANN, Institut für Geologie & Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstr. 26, A-8010 Graz, e-mail: martin.gross@kfunigraz.ac.at, johannes.reisinger@kfunigraz.ac.at, bernhard.hubmann@kfunigraz.ac.at

einer gewählten Meßlinie in diskreten Meßpunkten erfaßt (Taf. 1, Fig. 2). Ein durch KOCH (1984) empirisch verifiziertes Integrationsintervall von 10 sec für jede Einzelmessung garantiert eine hohe Genauigkeit der gewonnenen Daten. Für die „Heger-Sonde“ wird von KOCH (1984) das Schichtauflösungsvermögen mit 20 bis 30 cm angegeben (dafür erforderlicher Meßpunktabstand: 5 cm). Eine ausführliche methodische Darstellung der *in situ* – Ermittlung der natürlichen Gammastrahlung von Oberflächenauflüssen mittels der „Heger-Sonde“ wird bei HECKEMANN & KRÄMER (1989) und AIGNER et al. (1995) gegeben.

2. Regionale Geologie

Das Steirische Becken als Teil des Pannonischen Beckensystems umfaßt miozäne und plio/pleistozäne Schichtglieder (Abb. 1). Die durch zahlreiche Transgressionen und Regressionen der zentralen Paratethys, sowie durch Phasen vulkanischer Aktivität geprägte Füllungsgeschichte des Beckens ist durch bis zu 4000 m mächtige Gesteinsfolgen dokumentiert. Das vom westlichen Teilbecken durch die Mittelsteirische Schwelle getrennte Oststeirische Becken weist ab dem Sarmatium/Pannonium Ablagerungen auf, die die zunehmende Isolation der zentralen von der östlichen Paratethys durch den Übergang von mariner zu limnisch-fluviatiler Sedimentation erkennen lassen.

Tafel 1

Fig. 1
NNW-Teil der „Monscheinkiesgrube“ (vgl. Abb. 3).

Fig. 2
Erstellung eines Gammalogs mit der „Heger-Sonde“ im SSE-Teil der „Monscheinkiesgrube“ (vgl. Abb. 3, Profil 6, Grenzbereich zwischen Architektur-Element F₂-F₃ und H).

Fig. 3
Architektur-Element A (sandiger Mittel- bis Feinkies mit untergeordneten Sandlinsen, Größe des Schildes 10 × 10 cm); Faziesinterpretation: Kiesbänke innerhalb der Hauptrinne (vgl. Tab. 3).

Fig. 4
Architektur-Element C (Wechselfolgen von Silt und sandigem Silt); Faziesinterpretation: Uferdamm bis proximale Überschwemmungsebene (vgl. Tab. 3).

Fig. 5
Architektur-Element E (toniger Silt bis Silt, Schichtfläche mit Pflanzenresten, Länge des Balkens = 10 cm); Faziesinterpretation: Ausee/Totarm (vgl. Tab. 3).

Die wenige hundert Meter mächtigen, limnisch-fluviatilen pannonischen Sedimente nehmen weite Flächen der Oststeiermark ein (Abb. 1). Nach einem bis an die Beckenränder nachgewiesenen Vorstoß des „Pannonischen Sees“ (= oligohaline zentrale Paratethys) im unteren Pannonium, leiten regressive Tendenzen das Progradieren kiesig-sandiger Mäanderflüsse in distaler Beckenposition ein (GROSS, 1998).

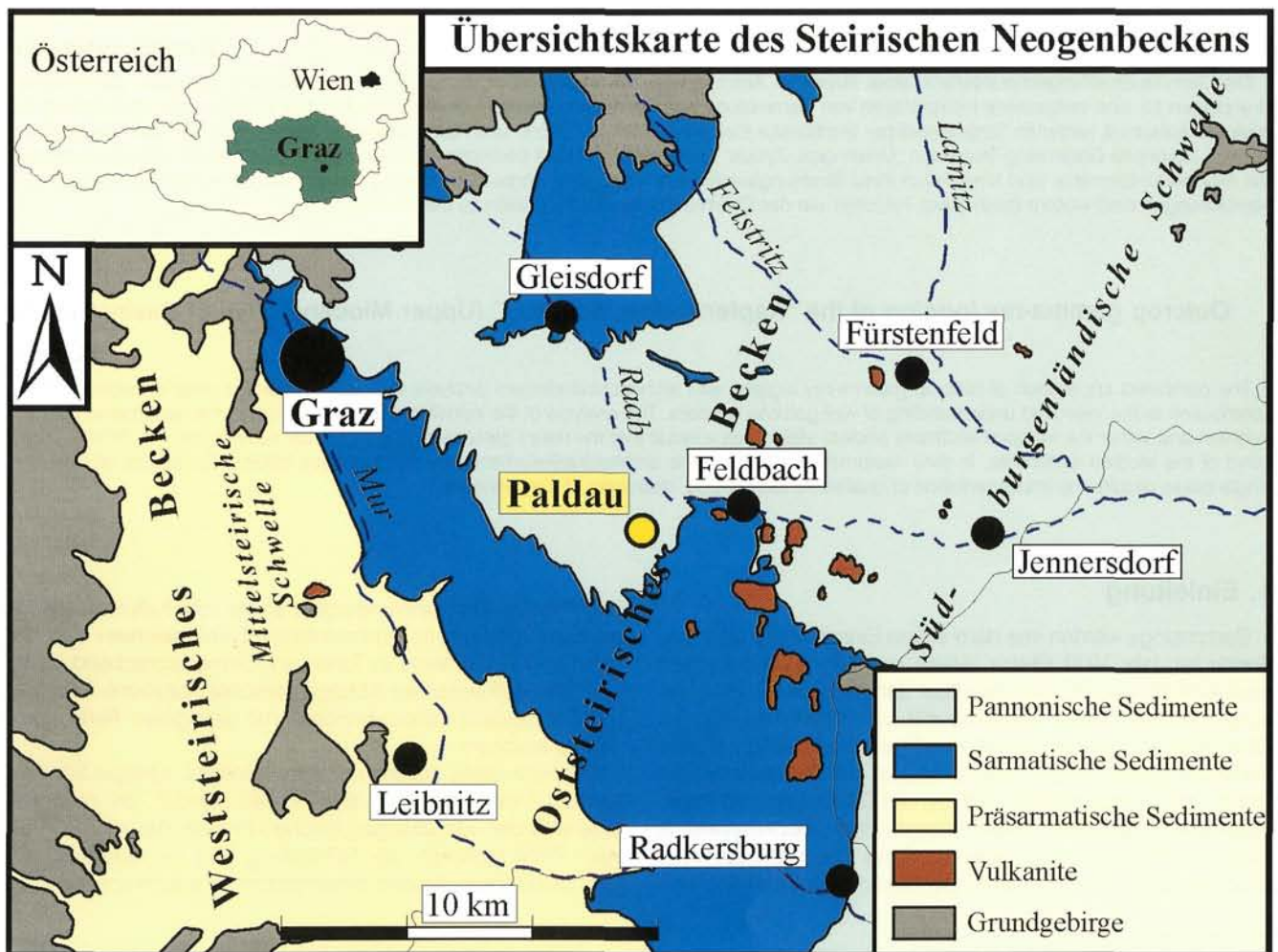


Abb. 1
Übersichtskarte des Steirischen Neogenbeckens (nach KOLLMANN, 1965) mit gelb markiertem Arbeitsgebiet ESE Paldau.



In vorliegender Studie wird die Strahlungscharakteristik dieser fluviatilen Abfolge erfaßt und die Beziehung zwischen der natürlichen Gammastrahlung und der Sedimentologie einzelner kartierter Sedimentkörper diskutiert.

3. Kapfensteiner Schotter

Seit WINKLER (1927) wurden die grobklastischen Rinnenfüllungen des zuvor genannten fluviatilen Systems unter dem Begriff „Kapfensteiner Schotter“ zusammengefaßt. Die lithostratigraphische Gliederung der obersarmatischen und panonischen Schichtfolge im zentralen Oststeirischen Becken ist derzeit Gegenstand einer Revision bzw. Neubearbeitung (GROSS, in Vorb.). Künftig sollen diese fluviatilen Ablagerungen unter dem Begriff Kapfenstein-Subformation zusammengefaßt werden. Diese Subformation umfaßt sowohl die grobklastischen Rinnenfüllungen („Kapfensteiner Schotter“) als auch die feinklastischen Sedimente der begleitenden Überschwemmungsebene.

4. Lage und Sedimentologie des untersuchten Aufschlusses

In der „Monscheinkiesgrube“, 1 km ESE Paldau (Abb. 2; BMN 6712, R: 710 320, H: 200 000, SH: 340 m), sind in einer ehemaligen Abbaufont von 85 × 15 m Sedimente der Kapfenstein-Subformation aufgeschlossen (Taf. 1, Fig. 1).

Die Aufschlußgliederung (Abb. 3) basiert auf der Architektur-Element Analyse (vgl. MIALI, 1985, 1996). Dabei werden „physikochemische Ablagerungseinheiten“ über Grenzflächen, externe und interne Geometrie und Faziesassoziationen definiert. Ausbildung und Beziehung dieser Architektur-Elemente erlauben im Vergleich zu konventionellen Profilaufnahmen detailliertere Abschätzungen der Faziesentwicklung und des Rinnenmusters. Eine ausführliche Dokumentation der mittels dieser Methode untersuchten „Monscheinkiesgrube“ gibt GROSS (1998). Zur Detailbeschreibung bzw. Aufschlußgliederung und Faziesdiskussion wird auf diese Arbeit verwiesen.

Die Korngrößen wurden visuell über Vergleichspräparate abgeschätzt. Zusätzlich wurde in jedem Schichtpaket die Korngrößenverteilung stichprobenartig ermittelt (Naßsiegung, LUMOSSED). Externe und interne Geometrie gehen aus Abbildung 3 hervor. Die mit Großbuchstaben von liegend nach hangend beschrifteten Architektur-Elemente (A bis I) sind durch Grenzflächen 4. Ordnung begrenzt (Wechsel der Lithofaziesassoziation). Intern können diese Elemente durch Grenzflächen niedrigerer Ordnung gegliedert sein (z. B. F₁ bis F₃, vgl. Abb. 4). Die wichtigsten Charakteristika der Architektur-Elemente sind in Tabelle 1 aufgelistet.

5. Radiometrische Untersuchungen

Gammalogs

In 17 äquidistanten Profilen (Abstand der vertikalen Meßlinien = 5 m, Abb. 3, Taf. 1, Fig. 2) wurden die im Aufschluß „Monscheinkiesgrube“ kartierten Architektur-Elemente erfaßt. Aufgrund des gewählten Meßpunktabstandes von 5 cm (= Sondendurchmesser) repräsentieren die aufgezeichneten Logs lückenlose radiometrische Abbilder der stratigraphischen Profile. Für die Interpretation der Kurvenverläufe ist das Überlappen der „Empfindlichkeitskegel“ benachbarter Meßpunkte (bei diesem Punktabstand) zu berücksichtigen (vgl. KOCH, 1984). Generell zeichnen alle Logs die Sedimentationseinheiten nach. Erwartungsgemäß korrespondieren Grenzflächen von Architektur-Elementen (Wechsel der Korngröße!) mit Amplitudensprüngen der radiometrischen Kurven (vgl. Abb. 3).

Raster-Methode

Ergänzend zu den Gammalogs wurden die einzelnen Architektur-Elemente rasterförmig mit der „Heger-Sonde“ vermessen. Damit sollten Strahlungsvariabilitäten sedimentologisch abgrenzbarer Einheiten ermittelt werden, um den Aussagewert der Logs zu evaluieren. Bei der Festlegung der Meßpositionen wurde auf einen Mindestabstand von 10 cm zu den Element-Grenzen geachtet, um eine Meßwertbeeinflussung durch benachbarte Strahlungsquellen zu minimieren (vgl.

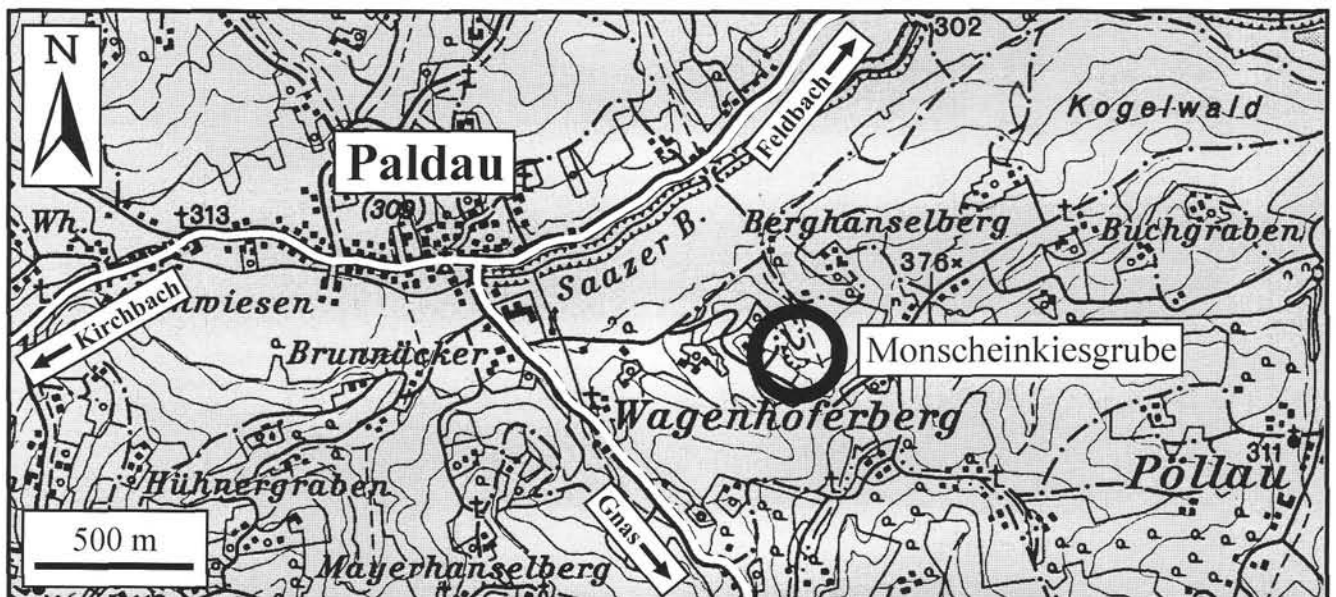
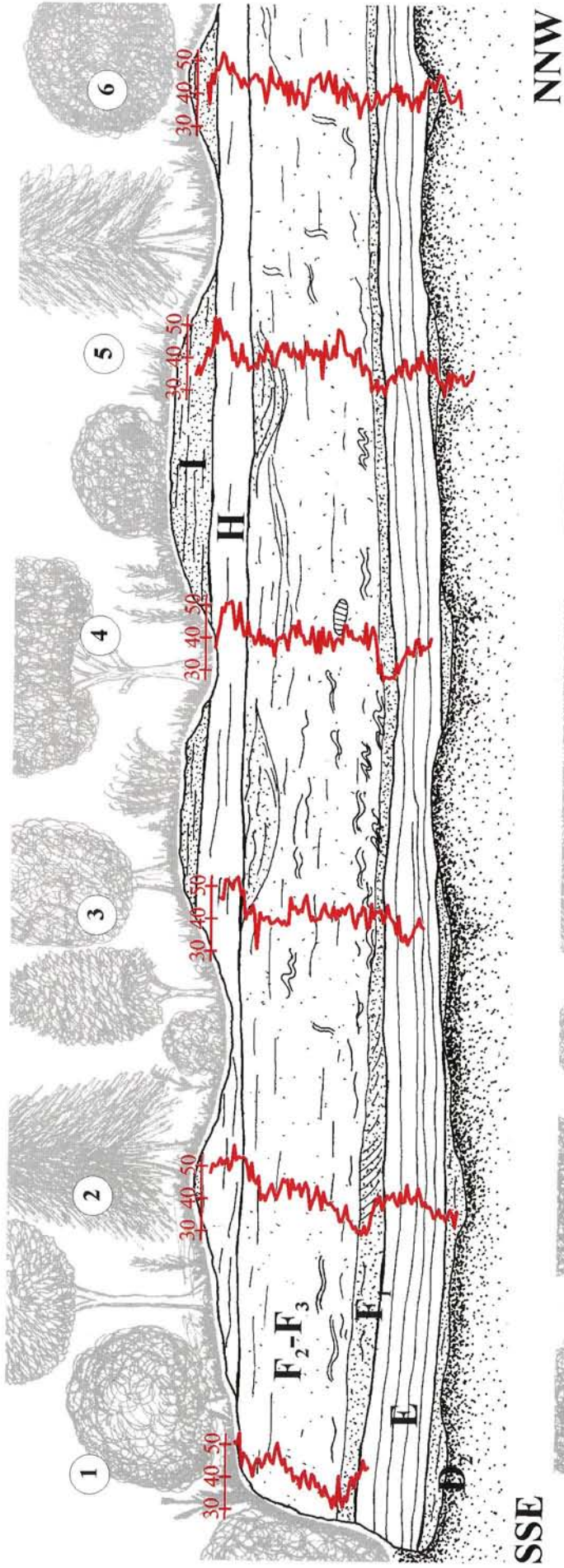


Abb. 2

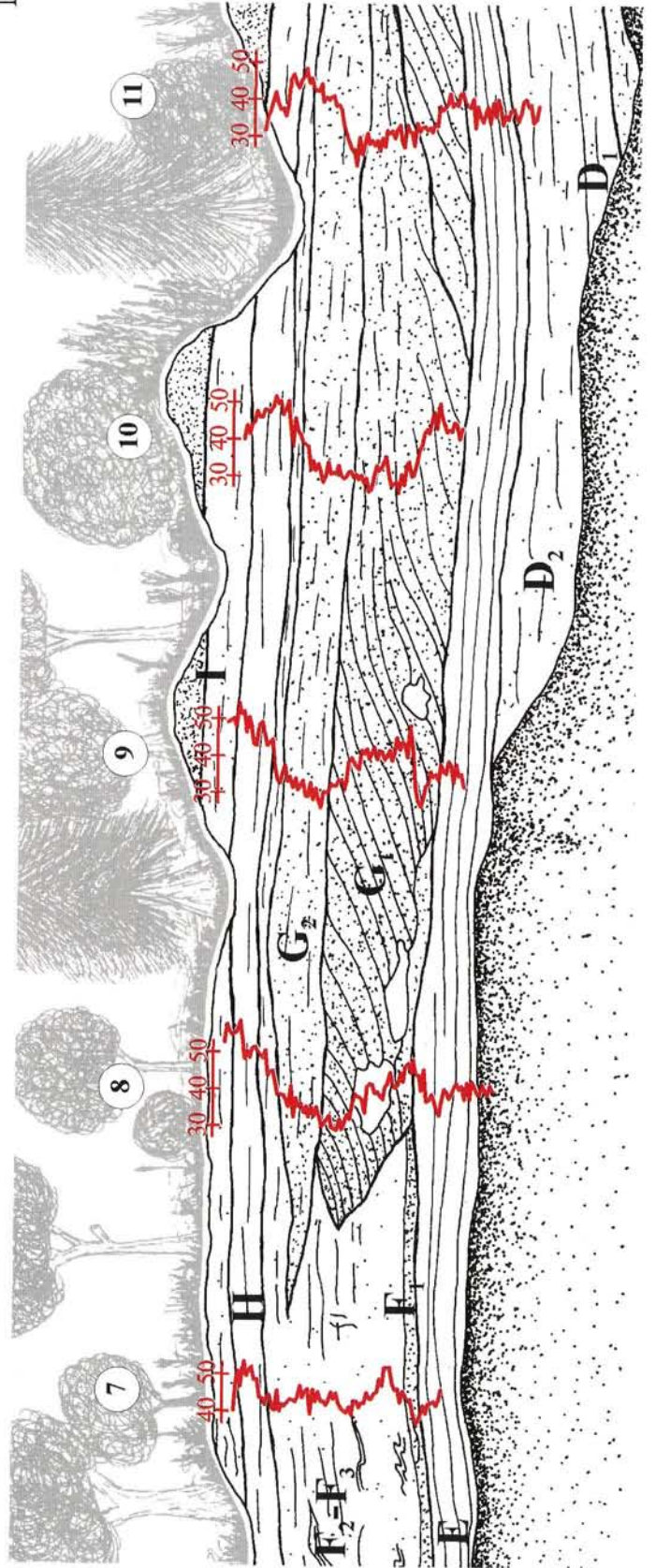
Lage der radiometrisch vermessenen, fluviatilen Abfolge ESE Paldau (= „Monscheinkiesgrube“; Ausschnitt aus ÖK 50, Blatt 191 Kirchbach).

A.-E.	Grenzflächenausbildung		[m]	Korngröße	Sedimentstrukturen	Bemerkungen
	liegend	hangend				
I	<i>kontinuierlich, planar</i>	nicht aufgeschlossen	> 1,3	siltiger Feinsand bis Silt	planar laminiert bis massig	stark verwittert, selten: oxid. Pflanzenr., Bivalv.
H	<i>kontinuierlich, planar</i>	<i>kontinuierlich, planar</i>	0,6-0,8	toniger Silt	wellig bis planar laminiert oder massig	zahlr. oxid. Pflanzenr., Insekten-, Fischr., Bivalv.
G ₂ --- G ₁	<i>erosiv, flach bis stark konkav</i>	<i>kontinuierlich bis leicht erosiv, flach</i>	0,3-0,8	Fein- bis Mittelsand, untergeordnet Siltlagen	wellig laminiert, Rippel- u. Konvolutschichtung; NNW: schräggeschichtet	lateral kontinuierlicher Übergang in F ₃
			1,6-2,0	SSE: Mittelsand mit Silt- bis Feinsand-Intraklasten; NNW: Wechself. siltig. Feinsand - Silt	SSE: Epsilon-Schrägschichtung, untergeordnet Rippelschichtung; NNW: wellig laminierte Wechselfolge	an der Basis Intraklasten aus E und F
F ₃ --- F F ₂ --- F ₁	<i>erosiv, unregelmäßig oder kontinuierlich, planar</i>	<i>kontinuierlich, planar</i>	0,8-1,1	sandiger Silt	wellig dünngeschichtet, Flaserschichtung, Durchwurzelung	Sandanteil > als in F ₂
			1,1-1,3	Wechselfolgen von tonigem bis sandigem Silt	wellig laminiert, Konvolutschichtung, Durchwurzelung	autochthone Schachtelhalmsteinkerne
			0,3-0,4	stark siltiger Feinsand mit Siltfasern	planar laminiert, vereinzelt Siltfasern, tw. schräggeschichtet (SSE-Teil)	—
E	<i>kontinuierlich, planar</i>	<i>erosiv, unregelm. od. kontinuierlich, planar</i>	1,0-1,3	toniger Silt bis Silt	wellig bis planar laminiert oder massig	zahlreiche Pflanzenreste, Fischreste, Bivalven und Gastropoden
D ₂ --- D ₁	<i>erosiv, konkav bis kontinuierlich, planar</i>	<i>kontinuierlich, planar</i>	0,9-1,2	Wechselfolgen von Silt und siltigem Feinsand	wellig dünngeschichtete Wechselfolgen, karbonatische Konkretionen, Durchwurzelung	oxidierte Pflanzenreste
			0,3-0,8	Wechself. schwach tonig. Silt - siltig. Feinsand; Rinnenfüllungen: Feinsand	wellig bis planar laminierte Wechself., Rinnenfüllungen: schräggeschichtet	erosive Kleinrinnen
C	<i>leicht erosiv bis kontinuierlich, wellig</i>	<i>erosiv, konkav bis kontinuierlich, planar</i>	1,2-1,3	Silt bis sandiger Silt	wellig laminierte Wechselfolgen oder massig, Belastungsmarken, teilweise Bioturbation und Durchwurzelung, karbonatische Konkretionen	oxidierte und inkohlte Pflanzenreste
B	<i>leicht erosiv, wellig</i>	<i>leicht erosiv bis kontinuierlich, wellig</i>	2,0-2,5	Fein- bis Mittelsand, untergeordnet Grobsand	trogförmig kreuzgeschichtet, horizontalgeschichtet oder rippelgeschichtet	selten: mehrphasig verfüllte Auskolkungen
A	<i>?erosiv, unregelmäßig (z.Z. nicht aufgeschlossen)</i>	<i>leicht erosiv, wellig</i>	4,0-5,0	stark sandiger Mittel- bis Feinkies, untergeordnet Mittelsandlinsen	undeutl. trogförmig kreuz- bis horizontalgeschichtet, undeutl. Imbrikation, tw. gradiert; sandige Anteile: planar kreuz- bis rippelgeschichtet od. planar lamin.	selten: oxidierte Holzabdrücke und limonitische Konkretionen

Tab. 1
Beschreibung der Architektur-Elemente (= A.-E.) im Aufschluß „Monscheinkiesgrube“ (vgl. Abb. 3 und 4). [m] = Mächtigkeit in m.



NNW

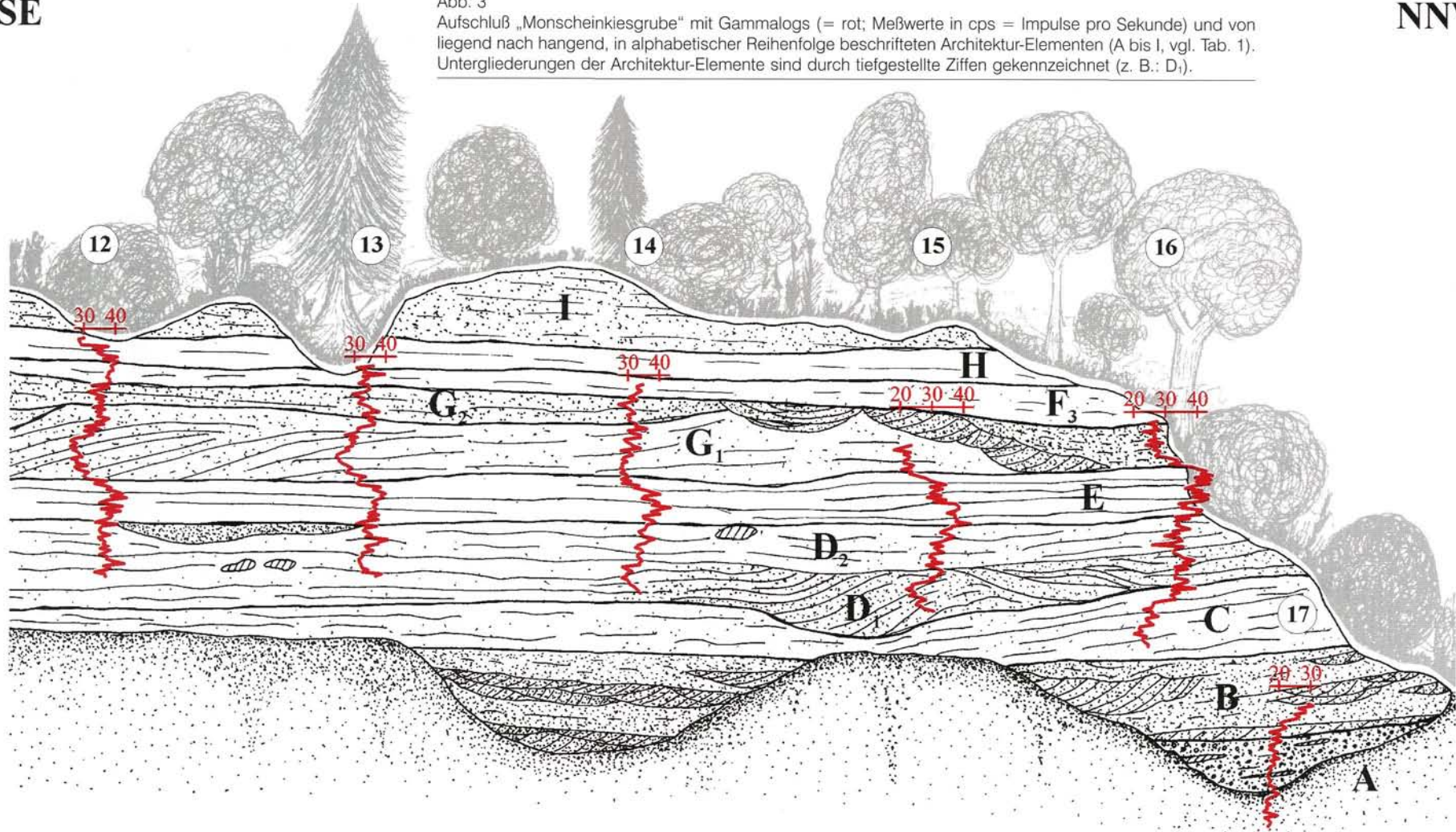


SSE

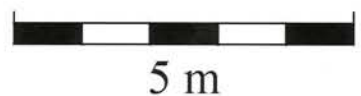
NNW

Abb. 3
 Aufschluß „Monscheinkiesgrube“ mit Gammalogs (= rot; Meßwerte in cps = Impulse pro Sekunde) und von liegend nach hangend, in alphabetischer Reihenfolge beschrifteten Architektur-Elementen (A bis I, vgl. Tab. 1). Untergliederungen der Architektur-Elemente sind durch tiefgestellte Ziffern gekennzeichnet (z. B.: D₁).

Gammastrahlungscharakteristik der „Kapfensteiner Schotter“ (Obermiozän, Steirisches Becken/Osterreich)



Legende:



A - I: Architektur-Elemente

- | | | |
|---|--|--|
|  Kies |  Silt-Ton |  Konvolutschichtung |
|  Sand |  Intraklasten (Silt-Sand) |  Durchwurzelung |
|  Sand-Silt |  Konkretionen |  Pflanzenreste |

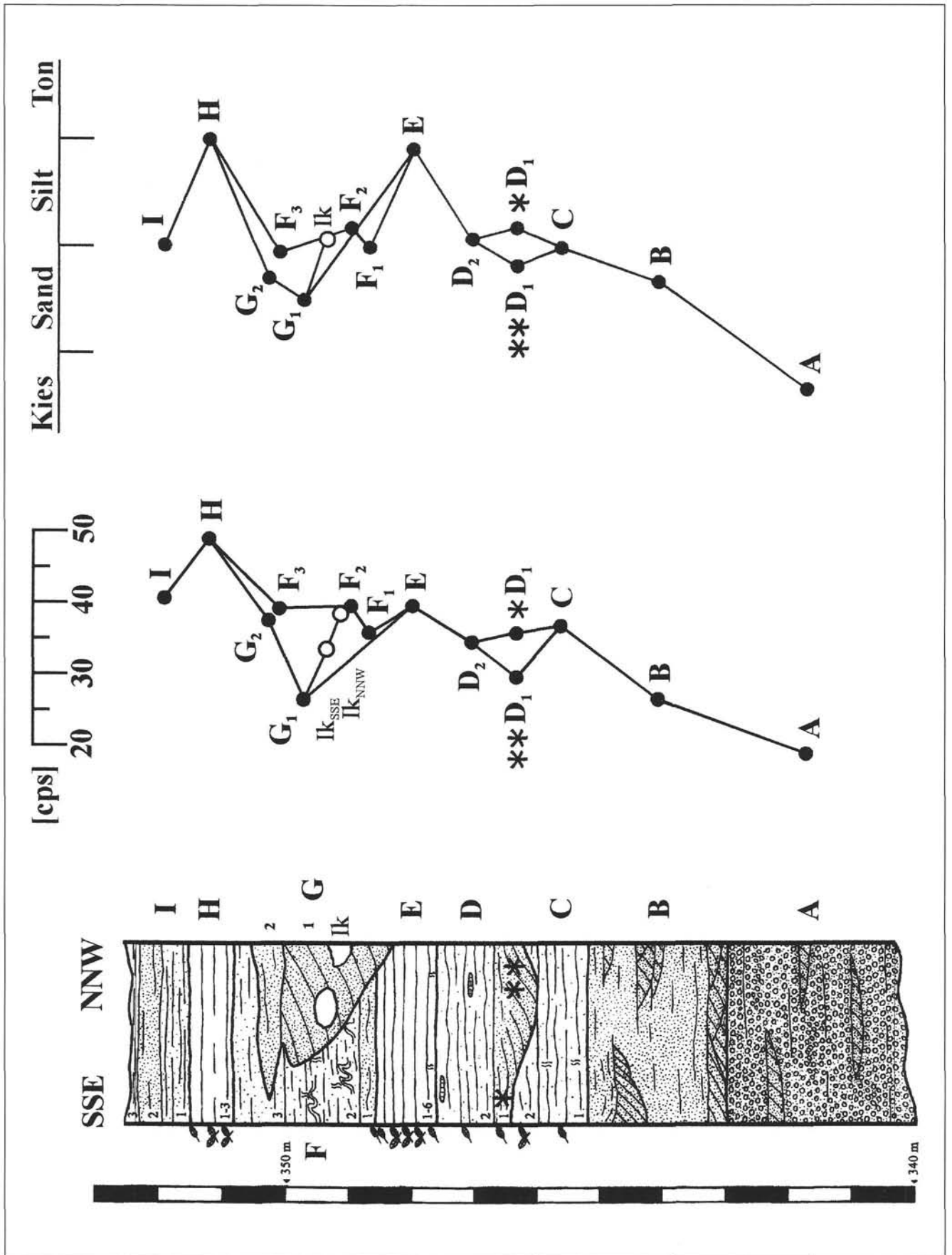


Abb. 4
 Säulenprofil der „Monscheinkiesgrube“ (Legende siehe Abb. 3), arithmetisches Mittel der Gammastrahlung [cps] und Korngröße der Architektur-Elemente im untersuchten Aufschluß. Ik_{NNW} bzw. Ik_{SSE} = Intraklasten im NNW- bzw. SSE-Teil im Architektur-Element G, * bzw. ** = Messungen im NNW- bzw. SSE-Teil von D₁.

„Empfindlichkeitskegel“, KOCH 1984). Die Gammastrahlungsmittelwerte und weitere statistische Parameter, berechnet aus den Daten der Rastervermessung, sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

6. Schlußfolgerungen

Die nach sedimentologischen Kriterien kartierten Architektur-Elemente sind in ihrem Strahlungsverhalten sehr homogene Körper. Die Streuung der Gamma-Meßdaten innerhalb der Architektur-Elemente variiert zwischen 5 und 12 SD% (beachte: Wiederholungsmessungen an einem Meßpunkt ergeben SD(%) -Werte von 3!).

Die Durchschnittswerte von Zählrate (Impulse pro Sekunde) und Korngröße sind negativ korreliert (vgl. Abb. 4). Ein über die gesamte Abfolge integrierter Gammalog-Trend zeichnet daher den „Unten-grob-Zyklus“ nach. Abweichungen vom generellen „fining-upward“ durch Neben- und Kleinrinnen (z. B. G₁, D_{1-NNW}) kommen durch entsprechende Variationen der parallel gemessenen Gammaprofile deutlich im Kurvenverlauf zum Ausdruck (Abb. 3, 4).

Eine Gruppierung der Sedimentkörper nach ihrer Strahlungsintensität läßt sich mit der sedimentologischen Faziesinterpretation korrelieren (Tab. 3). Drei Subfaziesräume innerhalb der fluviatilen Fazies können durch ähnliche Gammamittelwerte und SD(%) charakterisiert werden:

- Rinnenfüllungen (niedrige Strahlungsmittelwerte, hohe SD(%); Taf. 1, Fig. 3)
- proximale Überschwemmungsebene (mittlere Strahlungsmittelwerte, mittlere SD(%); Taf. 1, Fig. 4)
- Alt-/Totarme bzw. Auseen (hohe Strahlungsmittelwerte, niedrige SD(%); Taf. 1, Fig. 5)

Geringfügige Abweichungen von diesen Trends lassen sich mit individuellen, sedimentologischen Eigenheiten der Elemente oder Effekten des Meßvorganges („Empfindlichkeitskegel“) erklären (Tab. 3). Die Klärung einzelner Detailprobleme (z. B. die im Vergleich zu Element H niedrige Strahlungsaktivität von Element E, vgl. Tab. 3, Abb. 3) steht noch aus. Dazu müßten sedimentpetrographische und tonmineralogische Daten in die Interpretation miteinbezogen werden (RIDER, 1990). Die Ermittlung der Strahlungsquelle (Uran, Thorium,

Kalium) mit Hilfe eines spektralen Gerätes anstelle der „Heger-Sonde“ könnte ebenfalls weitere Hinweise liefern.

Die vorliegende Studie zeigt an einem 85 m langen und 15 m hohen Aufschluß die Komplexität der radiometrischen Identifikation einer lithologisch sehr heterogenen Abfolge. Innerhalb des untersuchten Beispiels können die einzelnen Architektur-Elemente radiometrisch zufriedenstellend reproduziert werden („Raster-Methode“). Eine Faziesidentifikation, sowie Profilkorrelationen durch Bohrloch-Gammalogs, deren Abstand ein Vielfaches der hier untersuchten Parallelprofile beträgt, erscheint aber auf Grund des raschen lateralen Wechsels unterschiedlicher Sedimentationseinheiten problematisch. Der vertikale und laterale Fazieswechsel innerhalb dieser fluviatilen Ablagerungen ist offensichtlich weitaus komplexer, als die von LAGLER (1998) aufgrund von Bohrloch-Gammalogs im östlichen Oststeirischen Becken (Bohrung Leitersdorf) interpretierten Faziesabfolgen vermuten lassen. Nach unseren Untersuchungen muß angenommen werden, dass die von LAGLER (1998) erkannten sedimentären Environments noch weitere Subfazies beinhalten, die nicht aus den Bohrloch-Logs erfaßt werden können. Damit gewinnt die Auswertung von ergänzenden Aufschluß-Gammalogs große Bedeutung für die Verbesserung der Bohrloch-Loginterpretation (vgl. auch SLATT et al., 1992).

7. Dank

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes bedanken wir uns bei H. LETTNER (Salzburg) und einem anonymen Reviewer. Herr E. KOBER unterstützte uns bei der Anfertigung der Abbildungen.

Literatur

- AIGNER, T., SCHAUER, M., JUNGHANS, W.-D. & REINHARDT, L., 1995: Outcrop gamma-ray logging and its applications: examples from the German Triassic. – *Sedim. Geol.*, 100, 47-61, Amsterdam.
- BRADL, E., 1980: Probleme und Erfahrungen bei petrophysikalischen Kabelmessungen in verrohrten Bohrlöchern. – *Erdöl-Erdgas Zt.*, 96, 295-300, Wien-Hamburg.
- GROSS, M., 1998: Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südststeiermark, Österreich). – *Mitt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum*, 56, 131-164, 367-371, Graz.

Tab. 2
Gamma-Statistik der Architektur-Elemente (= A.-E.) im Aufschluß „Monscheinkiesgrube“. N = Anzahl der Rastermeßpunkte, MEAN = arithmetisches Mittel der Gammastrahlung in cps (= Impulse pro Sekunde), SD (%) = Standardabweichung (in % des Mittelwertes), I_{KNNW} bzw. I_{KSSE} = Intraklasten im NNW- bzw. SSE-Teil im Architektur-Element G, D_{1-NNW} bzw. D_{1-SSE} = NNW- bzw. SSE-Teil von D₁ (vgl. Abb. 4).

A.-E.	N	MEAN [cps]	SD	SD %	Min.	Max.
I	50	40,9	4,1	10,1	34,5	50,6
H	50	48,9	3,3	6,8	38,1	55,3
G ₂	20	37,5	3,6	9,6	31,4	42,1
I _{KNNW}	10	38,4	3,0	7,8	34,2	43,9
I _{KSSE}	10	33,4	1,9	5,7	30,8	36,3
G ₁	60	26,4	3,1	11,8	17,8	34,2
F ₃	50	39,2	2,7	6,8	33,3	45,3
F ₂	50	39,5	2,7	6,7	32,2	45,9
F ₁	20	35,8	1,7	4,7	32,1	38,5
E	60	39,5	2,4	6,1	34,8	45,5
D ₂	50	34,4	2,4	7,0	26,4	38,4
D _{1-SSE}	30	35,7	2,8	7,8	30,6	41,5
D _{1-NNW}	20	29,5	3,1	10,7	25,2	36,9
C	50	36,7	2,9	8,0	31,3	43,9
B	50	26,4	2,7	10,1	18,6	32,7
A	50	18,8	2,1	11,4	14,3	22,8

A.-E.	MEAN [cps]	SD%	Fazies- interpretation	Bemerkungen
RINNENFÜLLUNGEN: MEAN=18-30 cps; SD%=10-12%				
A	18,8	11,4	tieferer Rinnenbereich, Kiesbänke	hohe SD% durch Korngrößenvariation von Kies bis Sand (Tab. 1; Abb. 3, Profil 17)
B	26,4	10,1	höherer Rinnenbereich, Dünenbildungen	cps nehmen gegen hangend entsprechend der Korngrößenabnahme zu (Abb. 3, Profil 17), dadurch auch hohe SD%; ähnliche Werte wie G ₁
G ₁	26,4	11,8	Nebenrinne	hohe SD%, da die Korngröße innerhalb von G ₁ lateral stark variiert (Tab. 1; Abb. 3: G ₁ im NNW, G ₁ im SSE); erhöhte cps im basalen Bereich von G ₁ (Abb. 3, Profile 9-11) werden durch Intraklasten aus feinerem Sediment (vgl. I _{K_{SSE}} , I _{K_{NNW}}) erklärt (vgl. RIDER, 1990)
D _{1-NNW}	29,5	10,7	Dammbuchrinne in der proximalen Überschwemmungsebene	erhöhte cps durch höheren Feinanteil (Abb. 4)
SEDIMENTE DER PROXIMALEN ÜBERSCHWEMMUNGSEBENE: MEAN=34-40 cps; SD% 5-8%				
I _{K_{SSE}}	33,4	5,7	channel-lag, Intraklasten; durch Erosion des Prallhanges und der Rinnenbasis	niedrigere cps im Vergleich zu I _{K_{NNW}} ; geringe Dimension des Intraklasten bedingt Meßwertbeeinflussung ("Empfindlichkeitskegel") durch Sediment von G ₁ (Tab. 1)
D ₂	34,4	7,0	proximale Überschwemmungsebene	typische proximale Überschwemmungsebene
D _{1-SSE}	35,7	7,8	proximale Überschwemmungsebene	typische proximale Überschwemmungsebene
F ₁	35,8	4,7	proximale Überschwemmungsebene, tw. Dammbuchsedimente integriert	cps-Abfall gegenüber E im Vergleich zur Korngrößenabnahme gering; laterale Korn- größenvariation innerhalb F ₁ auch in den Logs zu erkennen (Abb. 3, Profil 2-4)
C	36,7	8,0	Uferdamm und Übergang zur proximalen Überschwemmungsebene	typische cps und SD% für Sedimente in proximaler Lage zur Rinne
G ₂	37,5	9,6	Ende der Nebenrinne und Übergang zu proximaler Überschwemmungs- ebene, im NNW-Teil erosive Klein- rinnen (?chute channels)	cps nehmen in G ₂ kontinuierlich zu (fining-upward), dies entspricht dem sukzessiven Verlanden der Nebenrinne und dem Übergang zur proximalen Überschwemmungsebene (F ₃); nur im NNW-Teil (Abb. 3, Profil 16) nehmen cps durch die Einschaltung von Rinnenfüllungen ab, dadurch hohe SD%
I _{K_{NNW}}	38,4	7,8	channel-lag, Intraklasten (vgl. I _{K_{SSE}})	aufgearbeitete Sedimente der proximalen Überschwemmungsebene (vgl. I _{K_{SSE}})
F ₃	39,2	6,8	proximale Überschwemmungsebene	leichter cps-Anstieg im hangendsten Bereich (Abb. 3, z. B. Profile 2-4)
F ₂	39,5	6,7	proximale Überschwemmungsebene	etwas höhere cps im Vergleich zu F ₃ , korrespondiert mit höherem Feinanteil (Tab. 1; Abb. 4)
I	40,9	10,1	?proximale Überschwemmungsebene	hohe SD%, da bei I aufgrund der Aufschlußverhältnisse verschiedene Fazies-einheiten zusammengefaßt wurden
ALT-/TOTARM- ODER AUSEEFÜLLUNGEN: MEAN=40-49 cps; SD%=6-7%				
E	39,5	6,1	Ausee/Totarm	häufig cps-Abfall gegen hangend (Abb. 3, z. B. Profil 2-7), der einer Korngrößenzunahme in E (E ₅₋₆) entspricht; im Vergleich zu H niedriger Wert bei ähnlicher Korngröße; cps sehr ähnlich F ₂ und F ₃ , obwohl deutlicher Korngrößenunterschied; dicht gepackte Pflanzenlagen (teilweise inkohlte Erhaltung) - Beeinflussung der cps?
H	48,9	6,8	Ausee	sehr hohe cps entsprechend der niedrigen Korngröße

Tab. 3

Korrelation von Gammastrahlungscharakteristik und Faziesinterpretation der Architektur-Elemente (vgl. Tab. 2, Abb. 4). Architektur-Elemente (= A.-E.) nach MEAN und SD (%) gruppiert.

- GROSS, M., in Vorb.: Beitrag zur Lithostratigraphie im Oststeirischen Becken.
- HECKEMANN, W. & KRÄMER, F., 1989: Radiometrie und Sedimentationscharakteristik der Trifels-Schichten (sT) im Raum Wilgartswiesen (Pfälzer-Wald). – *Oberrhein. geol. Abh.*, **35**, 245-257, Stuttgart.
- KOCH, G., 1984: Entwicklung und Anwendung einer radiometrischen Meßmethode („Heger-Sonde“) zur Kennzeichnung klastischer Gesteinsfolgen in Aufschlüssen. – Diss. Univ. Karlsruhe, 304 S., Karlsruhe.
- KOLLMANN, K., 1965: Jungtertiär im Steirischen Becken. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **57** (1964), 479-632, Wien.
- LAGLER, T., 1998: Sedimentologisch orientierte Auswertung von Bohrlochmeßkurven zur Korrelation von Aquiferhorizonten im Bereich des Feistritz- und Safentales (Oststeiermark). – unveröffent. Diplomarbeit, K.F.-Universität, 67 S., Graz.
- RIDER, M. H., 1990: Gamma-ray log shape used as a facies indicator: critical analysis of an oversimplified methodology. – In: HURST, AL., LOVELL, M. A. & MORTON, A. C. (eds.): *Geological Applications of Wireline Logs*, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **48**, 27-37, London.
- MIALL, A. D., 1985: Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. – *Earth Sci. Rev.*, **22**, 261-308, Amsterdam.
- MIALL, A. D., 1996: *The Geology of Fluvial Deposits*. – 582 S., Springer-Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- SLATT, R. M., JORDAN, D. W., D'AGOSTINO, A. E. & GILLESPIE, R. H., 1992: Outcrop gamma-ray logging to improve understanding of subsurface well log correlations. – In: HORST, A., GRIFFITHS, C. M. & WORTHINGTON, P. F. (eds.): *Geological Applications of Wireline Logs II*, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **65**, 3-19, London.
- WINKLER, A., 1927: Über die sarmatischen und pontischen Ablagerungen im Südostteil des steirischen Beckens. – *Jb. Geol. B.-A.*, **77**, 393-456, Wien.

Manuskript eingegangen am: 16. 04. 1999 ●

Revidierte Version eingegangen am: 26. 08. 1999 ●

Manuskript akzeptiert am: 22. 01. 2000 ●