

II. WISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

Die Gammastrahlungsaktivität der Barrandeikalke (Mitteldevon) im Profil St. Pankrazen (Grazer Paläozoikum, Österreich): Bilanz und Problematik

Von Bernhard HUBMANN* & Johannes REISINGER*
Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

Angenommen am 23. Juni 1999

Zusammenfassung: Die radiometrische Charakteristik einer mitteldevonischen Flachwasserabfolge (Grazer Paläozoikum, Barrandeikalke, Eifelium) wird am Beispiel eines detailliert aufgenommenen Profils mit „konventionellen“ sedimentologischen Parametern in Beziehung gebracht. Dabei zeigt es sich, daß (1) der Gehalt an unlöslichem Rückstand am besten die natürliche Gammastahlung reproduziert, (2) neben diesem quantitativen Zusammenhang der Einfluß qualitativer Faktoren (z.B. Chemismus der Tonmineralien) in den Gammalogs zum Ausdruck kommt.

Summary: The gamma-ray activity of the Barrandeikalk (Middle Devonian) in the section of St. Pankrazen (Graz Palaeozoic, Barrandeikalk, Eifelian): facts and problems.— Detailed outcrop gamma-ray logging of Middle Devonian shallow marine deposits (Graz Palaeozoic, Barrandeikalk, Eifelian) was used to establish their gamma-ray characteristics. The correlation of the gamma-log data with the “conventional” sedimentological parameters of the studied section (a succession of fossiliferous limestones interbedded with marls) yields as a result that (1) the amount of insoluble residue reproduces best the natural gamma-radiation, (2) besides this quantitative connection the gamma-logs mirror the influence of qualitative factors (e.g. chemistry of clay minerals).

1. Einleitung

Gammalogs werden bei Bohrlochmessungen seit Jahrzehnten routinemäßig erstellt. Hingegen kommt die Messung der natürlichen Gammastrahlung von Gesteinsserien an Obertageaufschlüssen erst seit den 80er Jahren in verstärktem Maße zur Anwendung. Dieses methodisch wenig aufwendige Verfahren eignet sich zur Gliederung und Parallelisierung monotoner Gesteinsfolgen (vgl. HECKEMANNS & KRÄMER 1989 cum lit.). Dem Verfahren liegt zu Grunde, daß natürliche Gammastrahlung vor allem durch die Nuklide der Uran-Radium- und Thorium-Umwandlungsreihe, sowie vom Kaliumisotop ^{40}K spontan emittiert wird. Im sedimentären Zyklus reichern sich diese radioaktiven Elemente vor allem in Tonen an. (Zum Beispiel ist ^{40}K , das zu 0,012% im natürlichen Kalium auftritt, bevorzugt an Glimmermineralien gebunden).

Im Zuge von lithologischen Profilneuaufnahmen durch die Gesamtabfolge der „hohen Deckengruppe“ des Grazer Paläozoikums werden routinemäßig auch radiometrische Daten der Oberflächenaufschlüsse erfaßt (erste Ergebnisse wurden durch FENNINGER & HUBMANN 1997 präsentiert; vgl. Abb. 1). Die Gammastrahlungshaushalte der einzelnen Formationen unterscheiden sich zum Teil erheblich. In den meisten Fällen besteht eine Korrelation mit der lithologischen Charakteristik der Profile. Abbildung 1 zeigt den Gammastrahlungshaushalt einzelner Formationen der Rannachdecke (Teil der „hohen Deckengruppe“), dargestellt als Durchschnittswerte der Aufschluß-Gammalogs.

* Prof. Dr. Bernhard HUBMANN und Dr. Johannes REISINGER, Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz, e-mail: bernhard.hubmann@kfunigraz.ac.at; johannes.reisinger@kfunigraz.ac.at

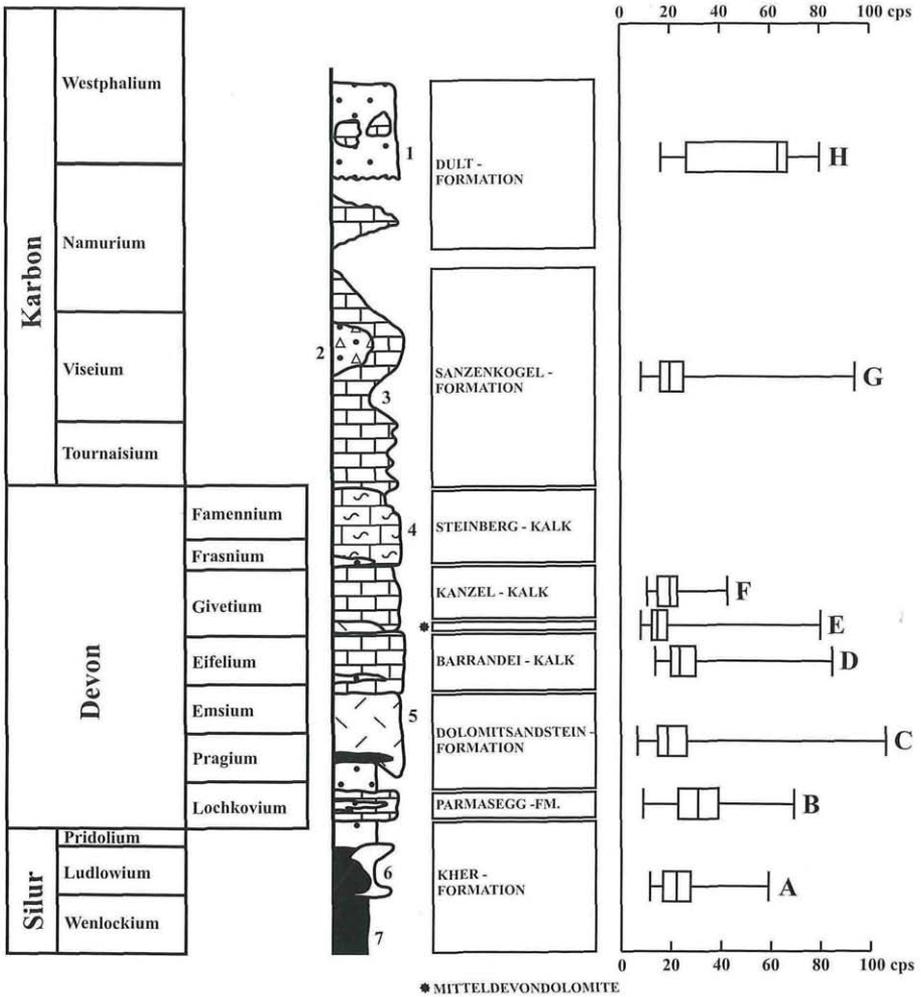


Abb. 1: Profil durch die Rannachdecke mit Verteilung der Gammastrahlungswerte einzelner Formationen. Lithologie: 1 ... Siliziklastika, 2 ... Lydite, 3 ... Kalke, 4 ... flaserige Kalke, 5 ... Dolomite, 6 ... Flaserkalk, 7 ... Vulkanoklastika.

Meßdaten: n ... Anzahl der Messungen, M ... Mittelwert, S ... Standardabweichung

A: ?obere Kehr-Formation, Greitnerkogel: n = 184; M = 23.2; S = 8.4

B: Parmasegg-Formation, Parmaseggkogel, Greitnerkogel: n = 959; M = 31.8; S = 11.8

C: Dolomitsandstein-Formation, Admonterkogel: n = 2663; M = 22.6; S = 13.1

D: Barrandeikalk, St. Pankrazen: n = 373; M = 27.5; S = 12.4

E: Mitteldevondolomit, St. Pankrazen: n = 794; M = 16.9; S = 7.4

F: Kanzelkalk und Steinbergkalk, Gratkorn: n = 87; M = 19.6; S = 5.8

G: Sanzenkogel-Formation, Hartbauer: n = 535; M = 21.2; S = 7.3

H: Dult-Formation, Hartbauer: n = 113; M = 53.8 S = 19.8

Boxplots: Whiskers markieren die Minimal- bzw. Maximalwerte, die Box gibt unteres und oberes Quartil, sowie den Medianwert der Meßdaten wieder.

Profile of the Rannach Nappe with distribution of the gamma-ray values of individual formations.

Lithology: 1 ... siliciclastics, 2 ... lydite, 3 ... limestones, 4 ... limestones, partly with flaser bedding, 5 ... dolomites, 6 ... flaser limestones, 7 ... vulcanoclastics.

data: n ... number of measurements, M ... mean, S ... standard deviation

A: ?Upper Kehr formation, Greitnerkogel: n = 184; M = 23.2; S = 8.4

(Siehe auch nächste Seite unten)

Innerhalb einer Formation sind die Strahlungswerte allerdings in den seltensten Fällen homogen: lithologische Wechsel (z.B.: Kalk-Mergel-Alternationen, Tuffit-Layers, Phosphoritknollen-Horizonte) spiegeln sich in markanten Peaks der Gammalog-Kurven wider.

Dagegen erweisen sich radiometrische Oszillationen, die nicht durch lithologische Kriterien nachvollzogen werden können, als schwer interpretierbar. An diese Problematik ist die Fragestellung geknüpft, ob diese Schwankungen auch durch andere, konventionelle Untersuchungsmethoden nachvollzogen werden können. Zur angesprochenen Problematik liegen in der Literatur nur wenige Daten vor. Eine diesbezügliche Untersuchung wurde an einem Profil der Barrandeikalke im Raum St. Pankrazen durchgeführt. Ein Großteil der sedimentologischen Daten lag bereits vor (HUBMANN 1990, 1993).

2. Methodik des Gamma-Logging

Die Methodik der in situ-Ermittlung der natürlichen Gammastrahlung von Oberflächenaufschlüssen (Profilen) mittels einer tragbaren Gamma-Sonde („Heger-Sonde“) wird bei HECKEMANNS & KRÄMER 1989 und AIGNER et al. 1995 beschrieben. Das Meßverfahren ist einfach und wenig zeitaufwendig: in einer Aufschlußwand wird die Gammastrahlung (im Gegensatz zum dynamischen Bohrloch-Log) entlang einer gewählten Meßlinie in diskreten Meßpunkten (mit Meßpunktabstand = 5 cm = Sondendurchmesser) normal zur Schichtung erfaßt (Abb. 2). Auf diese Art entsteht ein durchgehendes Gammalog, die aufgezeichnete Kurve repräsentiert somit ein lückenloses radiometrisches Abbild des stratigraphischen Profiles.

Experimente mit unterschiedlichen Meßzeiten lieferten – in Übereinstimmung mit den Angaben von KOCH 1984 und HECKEMANNS & KRÄMER 1989 – ein Integrationsintervall von 10 Sekunden für eine gute Reproduzierbarkeit der Meßwerte. Für die Interpretation der (vom Meßgerät online auf PC übertragbaren Meßwerte) werden ausschließlich die durch Umrechnung in cps (counts per second, Impulse pro Sekunde) normierten Daten verwendet. Weitere, ausführliche methodische Darstellungen der in situ-Ermittlung natürlicher Gammastrahlung von Oberflächenaufschlüssen mittels der „Heger-Sonde“ werden bei HECKEMANNS & KRÄMER 1989 und AIGNER et al. 1995 gegeben.

3. Problematik

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit erfordert eine andere Vorgangsweise als bei den o.a. kontinuierlichen Gamma-Logs aus dem Anwendungsbereich der Rohstoffprospektion. Da die mit der Gammastrahlung in Beziehung zu bringenden „Schicht-Parameter“, wie unlöslicher Rückstand, Spurenelemente etc., als „Bank-spezifische“ (Durchschnitts-)Werte erfaßt werden, galt es, über lateral und vertikal verteilte Meßpunkte „Intrabed-Mean-Gammastrahlungswerte“ zu ermitteln.

B: Parmasegg formation, Parmaseggkogel, Greitnerkogel: n = 959; M = 31.8; S = 11.8

C: Dolomitsandstein formation, Admonterkogel: n = 2663; M = 22.6; S = 13.1

D: Barrandeikalk, St. Pankrazen: n = 373; M = 27.5; S = 12.4

E: Mitteldevondolomit, St. Pankrazen: n = 794; M = 16.9; S = 7.4

F: Kanzelkalk und Steinbergkalk, Gratkorn: n = 87; M = 19.6; S = 5.8

G: Sanzenkogel formation, Hartbauer: n = 535; M = 21.2; S = 7.3

H: Dult formation, Hartbauer: n = 113; M = 53.8 S = 19.8

Boxplots: whiskers show minimum resp. maximum, box gives lower and upper quartile, central line represents median of measurement data.

Profil

Gamma-Log

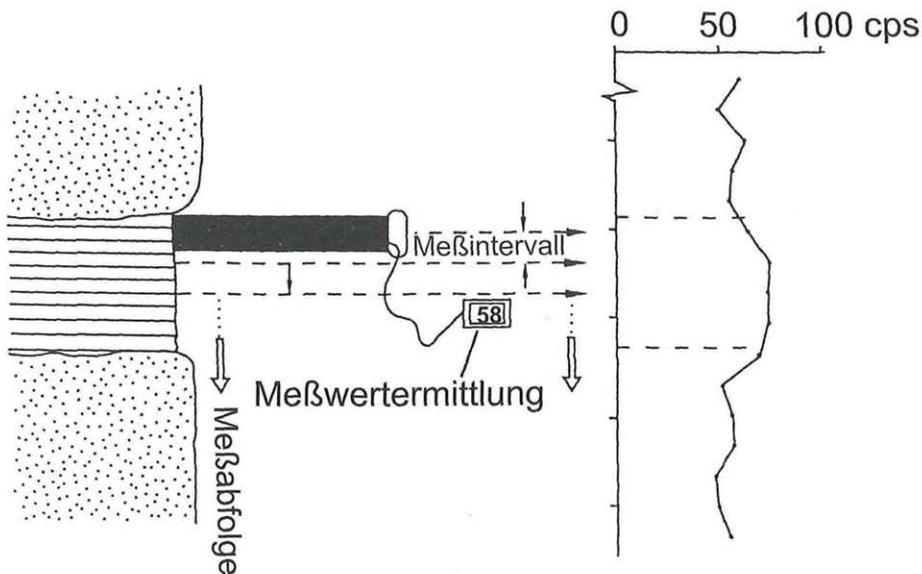


Abb. 2: Meßwerte-Ermittlung mit der Gamma-Sonde für ein „kontinuierliches“ Gamma-Log (nach HECKEMANN & KRÄMER 1989)
 Sketch of measurement configuration using the gamma sonde to record a „continuous“ gamma-log (after HECKEMANN & KRÄMER 1989)

Die Aussagekraft der „Intrabed-Mean-Gammastrahlungswerte“ wird durch die Schichtgeometrie limitiert: KOCH 1984 gibt für die „Heger-Sonde“ ein Schichtauflösungsvermögen von 20 bis 30 cm (bei einem Meßpunktabstand von 5 cm) für lückenlos erfaßte („kontinuierliche“) radiometrische Profile an. Bezogen auf die „rasterförmige“ Ermittlung von schichtbezogenen Gammastrahlungsmittelwerten (vgl. GROSS et al. in Druck) ist demnach für Schichten mit Mächtigkeiten unter 20 bis 30 cm eine Unschärfe der Werte zu erwarten. Diese Unschärfe ergibt sich durch Überlappungseffekte der „Empfindlichkeitskegel“ (Abb. 3).

Bei der Interpretation der kontinuierlichen Gammalogs und der Mittelwertsprofile gilt es somit zu berücksichtigen, daß eine geringmächtige, stark radiogene Sedimentlage, die von mächtigeren, aber schwach strahlenden Bänken über/unterlagert wird, deutlich als (realer) Extremwert hervortritt. Im umgekehrten Fall wird ein geringmächtiger, schwacher Strahler durch seine stark radiogenen Nachbarn maskiert.

4. Barrandeikalkprofil St. Pankrazen

Entlang der Landesstraße von Stiwoll nach St. Pankrazen ist ab der Höhenkote 566 (ÖK 163) bis knapp vor der Ortschaft St. Pankrazen ein durchgehendes Profil durch Paläozoikumsabfolgen (Dolomitsandstein-Formation, Barrandeikalk, „Mitteldevondolomit“, Platzlkogelkalk) aufgeschlossen. Etwa 700 m vor St. Pankrazen (R: 63150, H: 22000, Höhe: 660 m) liegt in der durch zahlreiche Abschiebungen gekennzeichneten

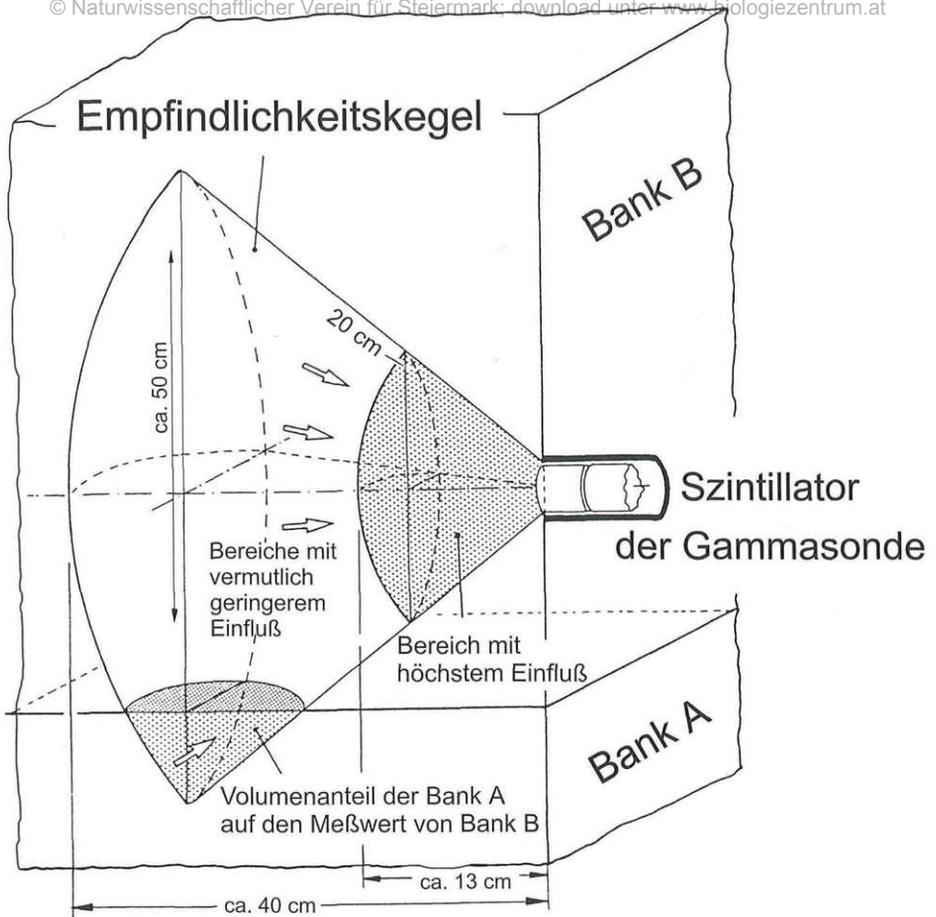


Abb. 3: „Empfindlichkeitskegel“ mit mutmaßlichen Zusammenhängen unterschiedlicher Strahlungserfassung (modifiziert nach KOCH 1984)
Sketch of the “cone of sensitivity” showing the presumable influence of its volume portions on the radiation measurement.

Abfolge das untersuchte Profil der Barrandeikalke (Abb. 4). Mikrofazielle, sedimentologische und paläoökologische Untersuchungsergebnisse der flachmarinen, reichhaltig fossilführenden, durch „Kalk-Mergel“-Wechsellagerungen charakterisierten Entwicklung wurden von HUBMANN 1993 und HUBMANN & HASENHÜTTL 1995 publiziert.

Eine detaillierte Profildarstellung findet sich bei HUBMANN 1993. In einer Kurzbeschreibung kann das Profil wie folgt charakterisiert werden. Im Basalbereich, (mit Störungskontakt zur unterlagernden Dolomitsandstein-Formation) sind dunkelrotbraune Tonschiefer mit vereinzelt Abdrücken von chonetiden Brachiopoden aufgeschlossen. Darüber schließt eine Abfolge Quarzsilt-führender, dunkelgrauer bis schwarzer Biogenschuttkalke an, die in Wechselfolgen von rötlichbraunen Tonschiefern, Kalkmergeln und hellblauen bis dunkelgrauen Biogen- bis Biogenschuttkalken übergehen. Die Hangend-

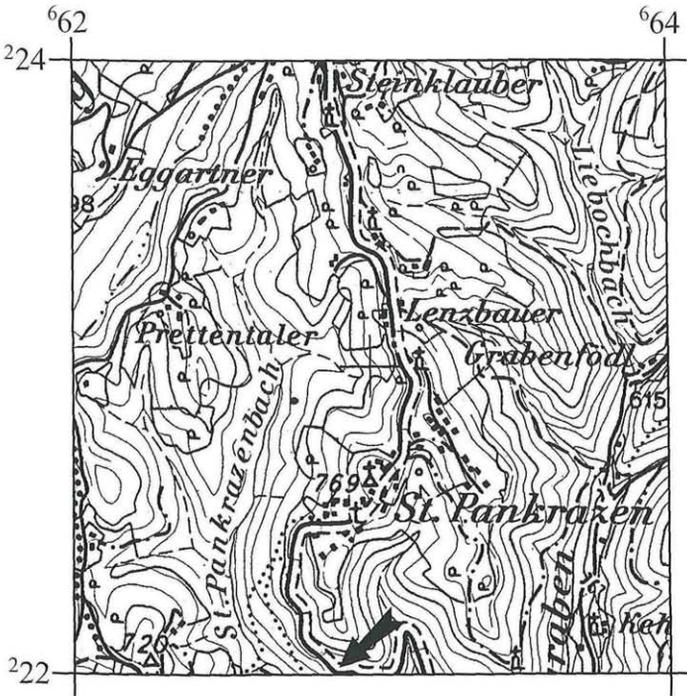


Abb. 4: Lage des Barrandeikalk-Profiles St. Pankrazen (Pfeil). Ausschnitt aus ÖK 163 (Voitsberg)
Location of the Barrandeikalk section (arrow) near St. Pankrazen. Detail of ÖK 163 (Voitsberg)

begrenzung zu den „Mitteldevondolomiten“ wird durch eine enge Wechselfolge von Kalken und Kalkmergeln markiert.

Die maximale Gesamtmächtigkeit (lateral in ihrer Mächtigkeit schwankende Bänke!) der Abfolge beträgt 20,8 m. Die lithologische Vielfalt reicht von reinen Kalken, mergeligen Kalken, Kalkmergeln, etc. bis hin zum Tonstein. Die Bezeichnungen werden hier aber nach dem Geländehabitats in „Kalk“ und „Mergel“ vereinfacht. Auf 73 Bänke (minimale Mächtigkeit 4 cm, maximale Mächtigkeit 168 cm) entfallen 17 „Mergel“- und 56 „Kalk“-Bänke. Für die hier dargestellten Untersuchungen blieb die hangendste „Kalk“- und die hangendste „Mergel“-Bank unberücksichtigt.

5. Ergebnisse der kontinuierlichen Meßtechnik

Die Gammastrahlungswerte des entlang einer kontinuierlichen Meßlinie aufgenommenen Profils lassen folgende Trends erkennen (vgl. Abb. 5):

Durch die markanten Peaks A bis E ergibt sich eine Profilverteilerung.

Die „Mergelhorizonte“ B, C und D treten mit ihren Spitzenwerten deutlich gegenüber anderen Abschnitten, die ebenfalls „Mergel“ enthalten, hervor.

Peaks mit erhöhter Strahlung (A-E) treten nicht als isolierte Spitzenwerte hervor, sondern „kündigen sich schrittweise“ an.

Erwartungsgemäß zeigen die den Kalkbänken zwischengelagerten „Mergellagen“ (i.e. Tonschiefer bis Kalkmergelschiefer) im allgemeinen höhere Gammastrahlungswerte als die Kalkbänke.

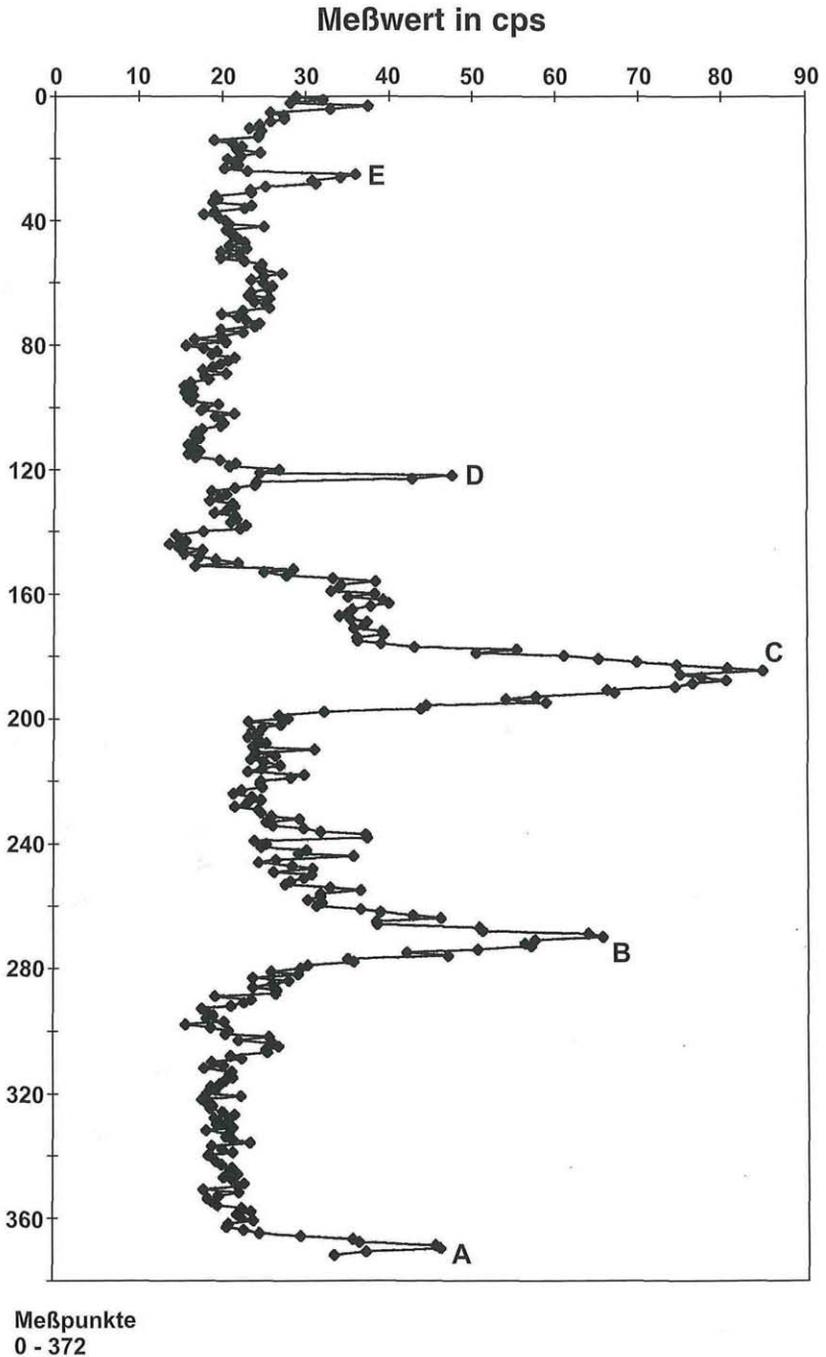


Abb. 5: „Kontinuierliches“ Gammalog des Barrandeikalk-Profiles St. Pankrazen. Buchstaben A bis E bezeichnen markante Peaks, die mit den „Mergel“-Horizonten (vgl. Abb. 6) korrespondieren. „Continuous“ gamma-log of the Barrandeikalk section near St. Pankrazen. Letters A to E denote prominent peaks corresponding with “marl” horizons (compare fig. 6).

Gamma-Log Bank-Mittelwert in cps

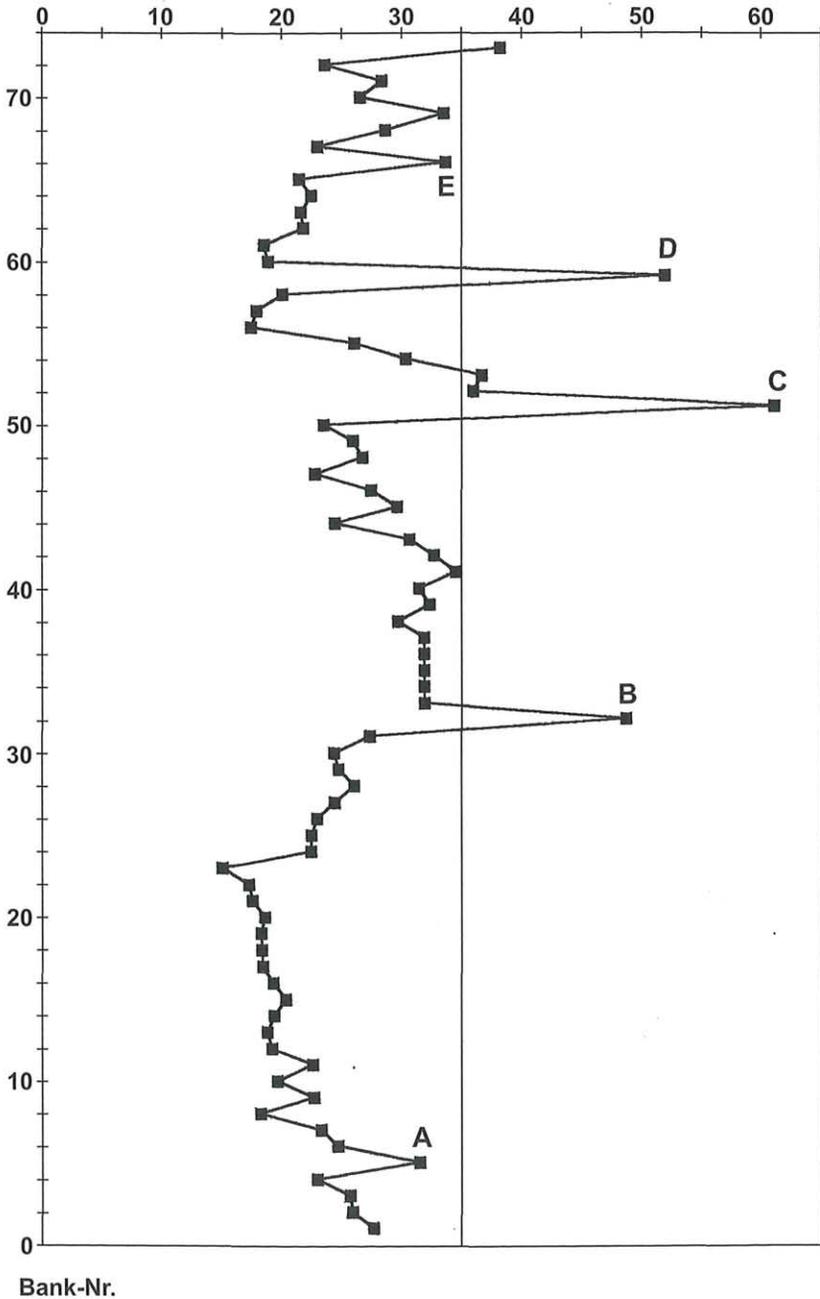


Abb. 6: Intrabed-Mean Gammalog des Barrandeikalk-Profiles St. Pankrazen. „Mergel“ durch Buchstaben ausgewiesen. Beachte 35 cps-Niveau (Näheres im Text).
Intrabed-mean gammalog of the Barrandeikalk section near St. Pankrazen: “Marl” horizons denoted by letters. Note 35 cps level (for details see text).

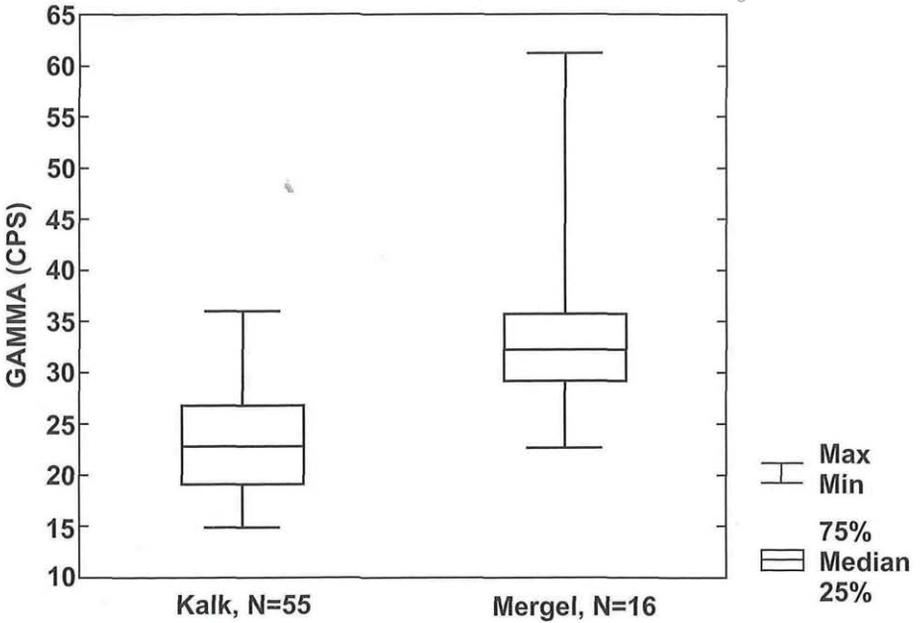


Abb. 7: Boxplor-Darstellung der Gammastrahlungswerte (Intrabed-Mean) von „Kalken“ und „Mergeln“ des Barrandeikalk-Profiles St. Pankrazen
Boxplots of the gamma-ray data (intrabed-mean) of “limestones” and “marls” in the Barrandekalk section near St. Pankrazen

Wie bereits durch HUBMANN 1993 hingewiesen wurde, können aber die „Mergellagen“ durchaus sehr hohe Karbonatgehalte aufweisen, vice versa die „Kalkbänke“ Rückstandswerte erreichen, die über denen der „Mergellagen“ liegen. Sind die radiogenen Trägersubstanzen an die feinklastische Fraktion gebunden, sollte sich eine Abhängigkeit des Gammastrahlungshaushaltes vom Gehalt säureunlöslicher, also nichtkarbonatischer Phase einzelner Bänke ergeben.

6. Ergebnisse der Intrabed-Mean Meßtechnik

Um zum einen die Abhängigkeit von Gammastrahlungswert und Karbonatgehalt („Kalk“ versus „Mergel“), zum anderen die Beziehungen der Gammastrahlungswerte zu anderen lithologischen Parametern (Mikrofazies, Schwefelgehalt, organischer Kohlenstoffgehalt, Spurenelemente) zu testen, wurden die einzelnen Bänke rasterförmig vermessen. Dies ermöglicht, den Gammastrahlungshaushalt einer Bank (ermittelt als Mittelwert mehrerer lateraler Einzelmessungen) mit den ebenfalls auf die „gesamte“ Bank integrierten ‚lithologischen Daten‘ zu korrelieren. Die bankinterne Schwankung der Gamma-Meßwerte ist auffallend gering: die Standardabweichung, ausgedrückt in % des Mittelwertes, beträgt im Durchschnitt nur 7%.

Das auf einzelne Bänke bezogene Gamma-Profil (Abb. 6) weist ebenfalls einige deutliche Peaks erhöhter Strahlung auf, die „Mergel“-Horizonten zuzuweisen sind. Generell bleiben aber einige „Mergellagen“ in ihren Gammastrahlungshaushalten auffallend zurück.

Die durchschnittlichen Gammastrahlungswerte der „Mergel“-Bänke schwanken zwischen 22,5 cps und 61,2 cps. Sie überlappen sich somit deutlich mit den Gammastrahlungsbereichen der „Kalke“ (vgl. Abb. 7); d.h., daß eine eindeutige Trennung von „Mergeln“ und „Kalken“ radiometrisch nicht möglich ist. Betrachtet man die Gammastrahlungswerte der „Mergel“-Bänke als Gesamtheit, können zwei Populationen unterschieden werden, deren Trennungs-Kriterium der Wert von 35 cps (= dem Gesamtdurchschnitt aller „Mergel“) darstellt (Abb. 6). Somit lassen sich „below average - Strahler“ von „above average-Strahlern“ unterscheiden.

Da sich zwar, wie zu erwarten (vgl. oben), eine Korrelation zwischen Gammastrahlungshaushalt und der Quantität an unlöslichem Rückstand ergibt, diese allein aber nicht die auftretenden Unterschiede erklären kann, wurden die Beziehungen zu weiteren Parametern (Mikrofaziestypen, Spurenelemente; HUBMANN 1990) geprüft. Zudem wurden Schwefel- und Kohlenstoff(C-org)gehalte der Bänke ermittelt und mitberücksichtigt. Eine synoptische Darstellung der Beziehungen dieser Werte ist den Korrelationsmatrizen (Abb. 8) zu entnehmen.

7. Diskussion

Der individuelle Gammastrahlungshaushalt der Bänke kann über keinen der übrigen hier dargestellten Parameter (alleine) erklärt werden. Generell reproduziert der Gehalt an unlöslichem Rückstand am besten die natürliche Gammastrahlung (Korrelation um 0,7). Offensichtlich sind auch zusätzliche Strahlungsdonatoren beteiligt, wie etwa der organische Kohlenstoff. Eine große Bedeutung kommt aber sicherlich der Mineralogie (dem Chemismus) der Tonmineralien zu (RIDER 1990), wie dies möglicherweise durch entsprechende Korrelationen mit den Spurenelementen seine Andeutung findet.

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.
- BRADL E. 1980: Probleme und Erfahrungen bei petrophysikalischen Kabelmessungen in verrohrten Bohrlöchern. – *Erdöl-Erdgas Zt.* 96: 295–300.
- FENNINGER A. & HUBMANN B. 1997: Biotic evolution of the Graz Paleozoic. – UNESCO-IGCP Project 335 „Biotic Recoveries from Mass Extinctions“, Abstr., S. 3, Praha.
- GROSS M., REISINGER J. & HUBMANN B. 1999: Gammastrahlungsaktivität der „Kapfensteiner Schotter“ (Obermiozän, Steirisches Becken/Österreich. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.* 91 (in Druck).
- HECKEMANN W. & KRÄMER F. 1989: Radiometrie und Sedimentationscharakteristik der Trifels-Schichten (sT) im Raum Wilgartswiesen (Pfälzer-Wald). – *Oberrhein. geol. Abh.* 35: 245–257.
- HUBMANN B. 1990: Die Fazies der Barrandeikalke (Grazer Paläozoikum). – Unveröff. Diss Univ. Graz, 243 S.
- HUBMANN B. 1993: Ablagerungsraum, Mikrofazies und Paläoökologie der Barrandeikalk-Formation (Eifelium) des Grazer Paläozoikums. – *Jb. Geol. B.-Anst.* 136/2: 393–461.
- HUBMANN B. & HASENHÜTTL C. 1995: Zur Entwicklung der hohen Deckengruppe des Grazer Paläozoikums. Exkursionspunkte zu ausgewählten Profilen. – Exkursionsführer zur 2. Tagung Österr. Paläont. Ges. 1–43. Graz.
- KOCH G. 1984: Entwicklung und Anwendung einer radiometrischen Meßmethode (Heger-Sonde) zur Kennzeichnung klastischer Gesteinsfolgen in Aufschlüssen. – Diss. Univ. Karlsruhe, 304 S.
- RIDER M.H. 1990: Gamma-ray log shape used as a facies indicator: critical analysis of an oversimplified methodology. – In HURST A., LOVELL M.A. & MORTON A.C. (Hrsg.): *Geological Applications of Wireline Logs*, *Geol. Soc. Spec. Publ.* 48: 27–37.

Appendix

Korrelationsmatrix - Gesamtprofil, 95%-Signifikanzschwelle für N=71 beträgt .23

	M	unl.R	C-org	S	Zr	Sr	Rb	Zn	Fe	Mn	Ti	Gamma	MFT
M													
unl.R	.04												
C-org	.15	.29											
S	.17	-.04	.40										
Zr	-.05	.50	.46	.04									
Sr	-.13	-.40	-.23	-.01	.53								
Rb	.07	.34	.26	-.01	.68	-.47							
Zn	.22	.04	.05	-.00	.06	-.08	-.02						
Fe	-.08	.50	.38	.04	.77	-.52	.64	-.01					
Mn	-.09	-.06	-.10	-.09	-.13	-.29	-.17	.08	.01				
Ti	.01	.53	.42	.07	.80	-.49	.73	-.00	.88	-.15			
Gamma	.03	.72	.33	-.09	.61	-.30	.43	.17	.50	-.12	.57		
MFT	.10	-.65	-.13	.18	-.31	.35	-.39	.08	-.44	-.05	-.44	-.46	

Korrelationsmatrix - KALKE, 95%-Signifikanzschwelle für N=55 beträgt .27

	M	unl.R	C-org	S	Zr	Sr	Rb	Zn	Fe	Mn	Ti	Gamma	MFT
M													
unl.R	.23												
C-org	.01	.29											
S	.12	.31	.41										
Zr	-.18	.06	.23	.04									
Sr	-.17	-.43	-.27	-.07	.50								
Rb	-.02	.05	.14	.03	.57	-.40							
Zn	.23	.19	.08	-.01	.08	-.09	-.03						
Fe	-.15	.01	.11	.03	.62	-.50	.38	-.02					
Mn	-.08	.23	-.01	-.08	-.12	-.34	-.14	.08	.14				
Ti	-.07	.04	.30	.11	.62	-.43	.62	-.00	.85	-.11			
Gamma	-.11	.21	.12	-.04	.37	-.18	.03	.35	.18	.09	.18		
MFT	-.00	-.07	-.20	.05	-.10	.30	-.30	.06	-.37	-.25	-.35	.04	

Korrelationsmatrix - MERGEL, 95%-Signifikanzschwelle für N=16 beträgt .50

	M	unl.R	C-org	S	Zr	Sr	Rb	Zn	Fe	Mn	Ti	Gamma
M												
unl.R	.37											
C-org	.49	.42										
S	.38	.07	.73									
Zr	.41	.67	.66	.39								
Sr	-.21	-.56	-.25	.05	.69							
Rb	.62	.71	.41	.19	.80	-.68						
Zn	.35	.77	.35	.24	.75	-.79	.74					
Fe	.22	.68	.63	.41	.87	-.62	.66	.75				
Mn	-.29	-.24	-.31	-.36	-.05	-.20	-.19	.01	-.13			
Ti	.42	.73	.35	.37	.96	-.66	.86	.79	.87	-.16		
Gamma	.68	.70	.52	.21	.70	-.40	.77	.46	.58	-.45	.77	

Tab. 1: Korrelationsmatrizen

Variable: M ... Mächtigkeit; unl. R. ... unlöslicher Rückstand; C-org ... organischer Kohlenstoff; S ... Gesamtschwefel; Zr ... Zirkonium; Sr ... Strontium; Rb ... Rubidium; Zn ... Zink; Fe ... Gesamteisen; Mn ... Mangan; Ti ... Titan; Gamma ... Gammastrahlungsaktivität; MFT ... Mikrofaziestyp; signifikante Korrelationen grau unterlegt

Correlation matrices

Variables: M ... bed thickness; unl. R. ... insoluble residue; C-org ... organic carbon, S ... total sulfur; Zr ... zirconium; Sr ... strontium; Rb ... rubidium; Zn ... zinc; Fe ... total iron; Mn ... manganese; Ti ... titanium; Gamma ... gamma-ray activity; MFT ... Microfacies type; significant correlations shaded

BANK-Nr.	C-org	S	CPS	BANK-Nr.	C-org	S	CPS
71	0,114	0,006	28,5	35	0,114	0,012	31,8
70	0,163	0,018	26,7	34	0,114	0,012	31,8
69	0,122	0,009	33,7	33	0,114	0,012	31,8
68	0,082	0,022	28,8	32	0,720	0,035	48,7
67	0,181	0,030	23,1	31	0,161	0,025	27,2
66	0,066	0,015	33,8	30	0,288	0,052	24,2
65	0,083	0,032	21,6	29	0,248	0,034	24,6
64	0,107	0,022	22,6	28	0,248	0,034	25,9
63	0,102	0,033	21,7	27	0,123	0,015	24,3
62	0,240	0,025	21,9	26	0,080	0,019	22,8
61	0,096	0,018	18,6	25	0,373	0,025	22,3
60	0,089	0,043	19,0	24	0,127	0,019	22,3
59	0,091	0,014	52,1	23	0,102	0,016	14,9
58	0,177	0,009	20,2	22	0,108	0,016	17,1
57	0,142	0,000	18,0	21	0,084	0,017	17,4
56	0,086	0,006	17,5	20	0,151	0,021	18,4
55	0,071	0,011	26,1	19	0,120	0,021	18,1
54	0,062	0,002	30,4	18	0,148	0,058	18,1
53	0,080	0,006	36,7	17	0,016	0,019	18,2
52	0,180	0,018	36,0	16	0,071	0,008	19,1
51	0,278	0,015	61,1	15	0,089	0,015	20,1
50	0,214	0,028	23,5	14	0,074	0,010	19,1
49	0,240	0,020	26,0	13	0,099	0,017	18,5
48	0,088	0,025	26,8	12	0,145	0,013	18,9
47	0,067	0,026	22,7	11	0,116	0,012	22,3
46	0,089	0,016	27,4	10	0,153	0,012	19,3
45	0,121	0,010	29,6	9	0,077	0,006	22,4
44	0,121	0,016	24,4	8	0,156	0,016	17,9
43	0,114	0,016	30,7	7	0,095	0,016	23,0
42	0,092	0,023	32,7	6	0,079	0,012	24,4
41	0,125	0,014	34,5	5	0,089	0,021	31,2
40	0,077	0,016	31,4	4	0,142	0,011	22,6
39	0,097	0,012	32,3	3	0,105	0,020	25,4
38	0,296	0,030	29,6	2	0,133	0,020	25,5
37	0,114	0,012	31,8	1	0,145	0,011	27,3
36	0,114	0,012	31,8				

Tab. 2: Gesamtschwefel (S), organischer Kohlenstoff (C-org) und Intrabed-Mean-Gammastrahlungswerte (CPS = counts per second) des Barrandeikalk-Profiles St. Pankrazen (Auflistungen weiterer verwendeter Parameter siehe HUBMANN 1990, 1993)

Total sulfur (S), organic carbon (C-org) and intrabed-mean gamma-ray data (CPS = counts per second) of the Barrandeikalk section near St. Pankrazen (for listing of further parameters used see HUBMANN 1990, 1993)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [129](#)

Autor(en)/Author(s): Hubmann Bernhard, Reisinger Johannes

Artikel/Article: [Die Gammastrahlungsintensität der Barrandeikalke \(Mitteldevon\) im Profil St. Pankrazen \(Grazer Paläozoikum, Österreich\): Bilanz und Problematik. 21-32](#)