

Ergebnisse von Bohrlochmessungen in einer tertiären Maarfüllung bei Baruth (Sachsen)

Thomas Wonik & Christian Bückner*,
 Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Stilleweg 2, D-30655 Hannover
 * heute: RWE-DEA AG, Ueberseering 40, D-22297 Hamburg
 Email: wonik@gga-hannover.de

1 Bohrlochmessungen in der Forschungsbohrung Baruth 1/98

Die kreisrunde geophysikalische Anomalie mit einem Durchmesser von rund 1 km östlich von Baruth ist auf ein verdecktes tertiäres Maar zurückzuführen. Den letzten Beweis hierfür erbrachte die Forschungsbohrung Baruth 1/98. In dieser Bohrung konnten umfangreiche Bohrlochmessungen bis zur Teufe von 276 m durchgeführt werden, die wesentliche Beiträge zu den physikalischen Eigenschaften der Maarfüllung, aber auch zur Entstehungsgeschichte und zeitlichen Entwicklung der Maarseesedimente lieferten. Die verwendete Apparatur und die Bohrlochsonden sind von Wonik & Salge (2000) sowie Wonik & Bückner (2000) beschrieben worden. Zusammen mit einer vereinfachten Lithologie sind alle Bohrlochmessungen in Abb. 1 dargestellt. In die Lithologiesäule ist für den Bereich der Diatomite eine Verteilung des Volumenanteils der Turbidite von 0 – 100 % eingezeichnet; diese wurde durch Auszählen der in den Kernen erkannten Turbidite erstellt (Goth et. al., in prep.).

Tabelle 1 fasst die Mittelwerte der wichtigsten physikalischen Parameter von den in der Bohrung Baruth 1/98 erbohrten Gesteinen zusammen. Laminierte Maarseesedimente (Lithozone D nach Pirrung (1998)) können leicht durch ihre ungewöhnlichen physikalischen Eigenschaften wie niedrige Dichte und geringe seismische Intervallgeschwindigkeit entdeckt werden und sind damit auch gut von der Erdoberfläche aus mit geophysikalischen Verfahren zu detektieren. In der Bohrung Baruth 1/98 fällt dies besonders leicht, da das Nachbargestein aus Granodiorit (Lithozone B) besteht, der deutlich andere physikalische Eigenschaften aufweist.

Tabelle 1: Mittelwerte physikalischer Eigenschaften in der Bohrung Baruth 1/98. Lithozonen nach Pirrung (1998).

Lithozone	Tiefe	Dichte	Seismische Intervallgeschw.	Gamma Ray	Suszeptibilität	Spez. Widerstand
	m	kg/m ³	m/s	API	10 ⁻⁶ SI	? m
D4	35,7 - 50,0	1800	-	30	-	30 - 100
D3	50,0 - 74,0	1300	1500 - 1600	40	1	25 - 30
D2	74,0 - 183,0	1500	1500 - 1600	55	5	10
Aschelage	135,0 - 141,0	1500	1500	150	5 – 800	10 - 15
D1	183,0 - 232,0	1200 – 1900	1800 - 2400	60	5	10
D	35,7 - 232,0	1430	1600	48	5	13
C	232,0 - 257,0	2100	2500	80	1000	10
Lapillituff	240,0 - 248,0	1500 – 1780	3000	40	900	3 - 12
B	257,0 - 279,6	2600 – 3000	3500	120	150 – 10000	2000

Die ermittelten extrem niedrigen Gesteinsdichten der Maarfüllung (Diatomite) um 1300 kg/m³ bis zu einer Teufe von 232 m sind die Ursache für die gravimetrische Anomalie mit einem Minimum von –6,9 mGal; die Dichteverteilung wurde als Grundlage für detaillierte Schweremodellrechnungen verwendet (Gabriel, in prep.). Rund 500 m versetzt gegenüber der gravimetrischen Anomalie konnte eine magnetische Anomalie nachgewiesen werden. Die Bohrlochmessungen erbrachten extrem niedrige Suszeptibilitätswerte für den Bereich der Diatomite. Die Seesedimente scheiden damit als Ursache für die magnetische Anomalie aus (Pucher et al., in prep.). Der magnetische Störkörper ist unterhalb der Seesedimente zu suchen.

2 Clusteranalyse der Bohrlochmessdaten und detaillierte Betrachtung der Diatomite

Eine detaillierte und quantitative Unterteilung der Maarfüllung konnte mit Hilfe einer Clusteranalyse der Bohrlochmessungen vorgenommen werden. Diese Unterteilung basiert einzig auf Änderungen in den physikalischen Eigenschaften der Sedimente und unterscheidet sich deutlich von der visuellen Kernansprache. Aufgrund der Clusteranalyse kann die Diatomitsektion des Baruther Maars unterteilt werden in einen turbiditreichen (232 - 186 m), einen tonreichen (186 - 120 m) und einen tonarmen (120 - 50 m) Abschnitt. Die Untersuchung der Kerne (Goth et al., in prep.) hat folgende Unterteilung in die Lithozonen D1 - D3 (nach Pirrung 1998) ergeben: 232 – 183 m, 183 – 74 m und 74 – 50 m.

Weiterhin ermöglichen die Bohrlochmessungen umfangreiche Aussagen zu Struktur und Aufbau des Maars. Die spez. Widerstände nehmen im Bereich der Diatomite von 50 - 175 m kontinuierlich ab. Diese Abnahme wird im Bereich phonolithischer Aschenlagen bei 140 m, die von außen in das Maar eingetragen wurden, deutlich unterbrochen. Hier ist ein regelrechter Versatz in den Messwerten zu beobachten, der auch von einer Temperaturanomalie begleitet wird. Dieser Versatz ist möglicherweise auf eine tiefgreifende Störung in den Ablagerungsbedingungen zurückzuführen. Diese Störung könnte ein Erdbeben in Verbindung mit den vulkanischen Aktivitäten, die zu den Aschenablagerungen geführt haben, gewesen sein, welches die Sedimente der Maarfüllung regelrecht durchgerüttelt hat. Diese Annahme unterstützen auch die Beobachtungen zur Struktur der Ablagerungen anhand der Dipmeter-Auswertungen. Der sehr homogene Einfallswinkel und -richtung werden unterbrochen durch die phonolithischen Aschenablagerungen bei rund 140 m. Das Einfallen der Diatomit- und Turbiditschichten ist unterhalb der Aschenlagen signifikant größer als oberhalb. Der Unterschied im Einfallswinkel beträgt ca. 5°, die Einfallrichtung dreht von ENE im unteren Bereich nach NNE im oberen Bereich. Der untere Bereich unterscheidet sich vom oberen auch durch einen höheren Tongehalt, ablesbar in den höheren Gamma Ray-Werten.

3 Analyse von Zyklizitäten im Bereich der Diatomite

Um Zyklizitäten in den Ablagerungen zu entdecken, wurden für das Tiefenintervall 74 – 183 m die entsprechenden Bohrlochmessungen Spektralanalysen auf der Basis einer Fourier-Transformation (z.B.: Davis 1973; Swan & Sandilands 1995) unterzogen. Die besten Ergebnisse ergeben die Messungen der elektrischen Leitfähigkeit, die mit einer Abtastrate von 0,01 m mit der Dipmeter-Sonde gewonnen worden waren. Die im Dipmeter-Log identifizierten Zyklen werden im Zusammenhang mit den zeitabhängigen 'Milankovitch-Zyklen' interpretiert. Diese beschreiben Schwankungen in der Bewegung der Erde um die Sonne und haben folgende Ursache bzw. Periodizitäten ($k_a = 1000$ Jahre): Exzentrizität der Erdbahn (413 ka, 123 ka, 95 ka), Obliquität (41 ka) und Präzession (23 ka, 19 ka). Die Milankovitch-Zyklen beeinflussen die breitenabhängige Verteilung der Sonneneinstrahlung. Dadurch werden langfristige Änderungen im Klima und in der Wasserzirkulation von Ozeanen verursacht. Dies hat auch indirekt Variationen in der Gammastrahlungsaktivität, die in Sedimenten gespeichert wird, zur Folge (Molinie et al. 1990; Boyd et al. 1994; De Boer & Smith 1994).

Für das Tiefenintervall 74 – 183 m kann mit Hilfe der aus dem Spektrum bestimmbaren Wellenlänge der Zyklen und den Periodizitäten der Milankovitch-Zyklen eine durchschnittliche Sedimentationsrate abgeschätzt werden. Dazu werden folgende Bedingungen vorausgesetzt:

- im Maarsee haben während der Ablagerung der Sedimente tektonisch ungestörte Bedingungen geherrscht,
- die Sedimentationsrate ist konstant über den gesamten Ablagerungszeitraum,
- die durch Auflast entstehende Kompaktion der Schichten kann vernachlässigt werden.

Die meisten Spitzen im Spektrum können durch Milankovitch-Zyklen (95 ka, 41 ka, 23 ka und 19 ka) erklärt werden, wenn man eine Sedimentationsrate von 0,6 m/ka annimmt. Die Exzentrizitätszyklen von 413 ka bzw. 123 ka entsprechen Wellenlängen von 248 m ($= 413 \text{ ka} \cdot 0,6 \text{ m/ka}$) bzw. 74 m. Das zur Verfügung stehende Tiefenintervall ist mit 109 m zu kurz, um diese Periodizitäten zu beobachten. Die Abtastrate der Dipmeter-Daten beträgt 0,01 m. Bei einer Sedimentationsrate von 0,6 m/ka können somit keine Perioden kürzer als 33 Jahre aufgelöst werden (Nyquist-Frequenz).

Auf Grund des Turbiditanteils von 50 % muss die im Intervall von 74 m bis 183 m berechnete Sedimentationsrate von 0,6 m/ka auf ca. 0,3 m/ka korrigiert werden. Dieser Wert passt gut zu dem Ergebnis von 0,2 m/ka, das sich bei den Kernanalysen von Goth et al. (in prep.) für den nahezu tur-

biditfreien Bereich zwischen 50 m und 74 m Tiefe unabhängig von den obigen Rechnungen ergeben hat.

Bei einer mittleren Sedimentationsrate von 0,3 m/ka lässt sich für den Tiefenabschnitt 74 m bis 183 m eine Sedimentationszeit von rund 180 000 Jahren abschätzen. Berücksichtigt man noch die beiden übrigen Abschnitte mit Maarseesedimentation (50 – 74 m und 183 – 232 m), so lässt sich für die Lebensdauer des rund 27 Millionen alten Baruther Maarsees ein Wert von ca. 300 000 Jahren schätzen.

Literatur

Boyd, R., Huang, Z. & O'Connell, S. (1994): Milankovitch cyclicity in Late Cretaceous sediments from Exmouth Plateau off northwest Australia. - Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., **19**: 145-166, Oxford.

Davis, J.C. (1973): Statistics and data analysis in geology. - John Wiley & Sons, New York, 550 pp.

De Boer, P.L. & Smith, D.G. (1994): Orbital forcing and cyclic sequences. - Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., **19**: 1-14, Oxford.

Molinie, A.J., Ogg, J.G. & Ocean Drilling Program Leg 129 Scientific Party (1990): Sedimentation-rate curves and discontinuities from sliding-window spectral analysis of logs. - The Log Analyst, **31**, 6: 370-374, Houston.

Pirrung, B. M. (1998): Zur Entstehung isolierter alttertiärer Seesedimente in zentraleuropäischen Vulkanfeldern. - Mainz. Naturwiss. Archiv, Beiheft **20**: 116 S.; Mainz.

Swan, A.R.H. & Sandilands, M. (1995): Introduction to geological data analysis. - Blackwell Science, Oxford, 446 pp.

Wonik, T. & Bücker, C. (2000): Möglichkeiten der Bohrlochgeophysik im Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben. – Mittlg. Dtsch. Geophys. Ges., Sonderband **III**: 41-43; Hannover.

Wonik, T. & Salge, S. (2000): Eine Apparatur für geophysikalische Messungen in kleinkalibrigen Bohrungen bis 1300 m Tiefe. - Geol. Jb., **E 52**: 129-160; Hannover.

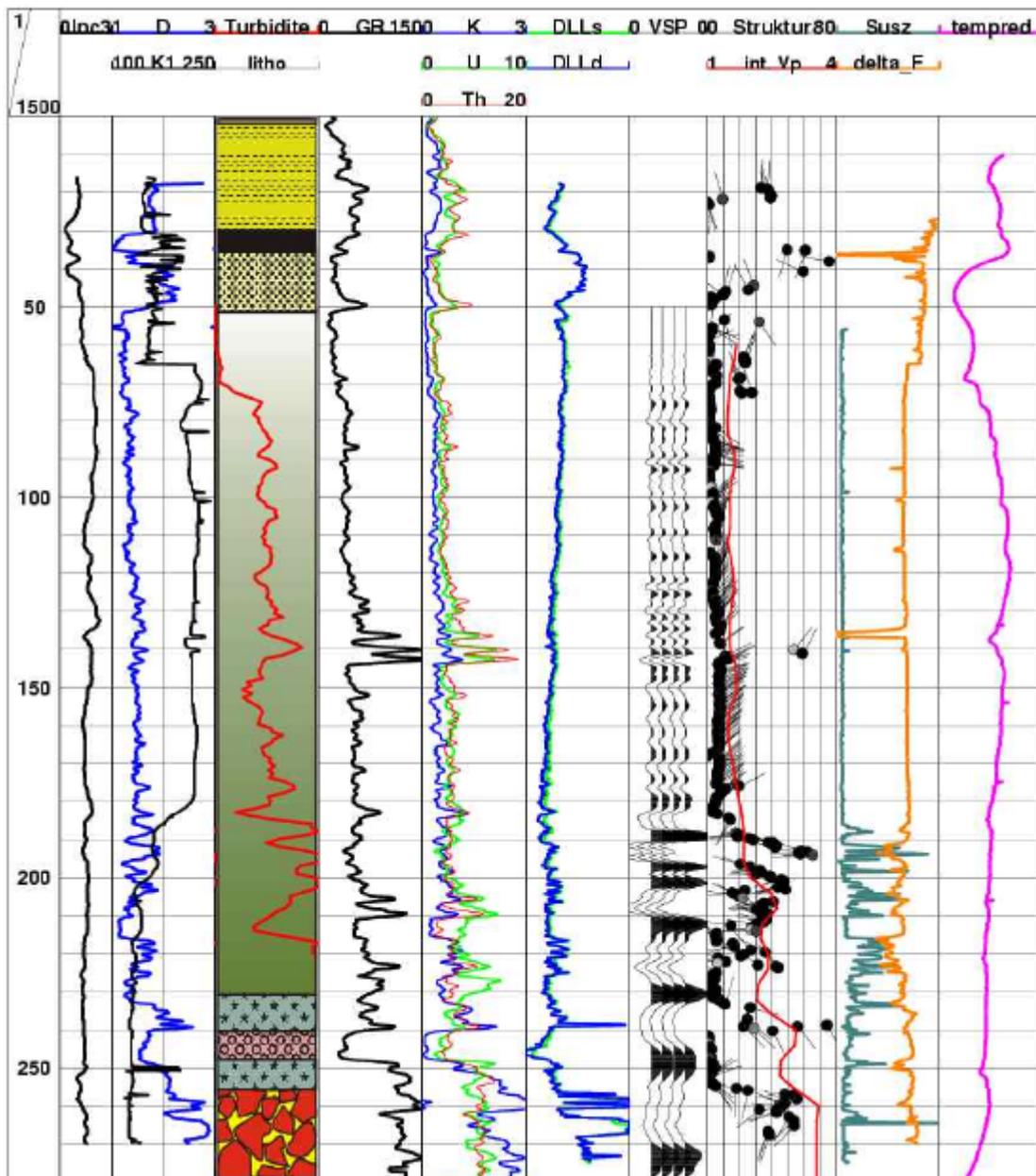


Abb. 1: Zusammenstellung der Bohrlochmessungen in der Forschungsbohrung Baruth 1/98. Von links nach rechts sind dargestellt:

Inc ($0^\circ - 3^\circ$): Neigung der Bohrung;

D ($1 - 3 \text{ g/cm}^3 = 1000 - 3000 \text{ kg/m}^3$): Gesteinsdichte;

K1 (100 - 250 mm): Kaliber;

Turbidite (0 - 100 %): Volumenanteil der Turbidite (Goth et. al., in prep.);

litho: vereinfachte Lithologie (Goth et. al., in prep.);

GR (0 - 150 API): Gamma Ray;

K (0 - 3 %): Kaliumgehalt, U (0 - 10 ppm): Urangehalt, Th (0 - 20 ppm): Thoriumgehalt;

DLLs, DLLd (2 - 2000 Ohm, logarithmische Skalierung): spez. elektrischer Formationswiderstand, s(hallow) geringe bzw. d(eep) größere Eindringtiefe;

VSP: Korridor-Stack des vertikalen seismischen Profils (Wiederhold, in prep.);

Struktur ($0^\circ - 80^\circ$): Richtung (Strich) und Einfallen (Punkt) von Strukturen in der Bohrlochwand;

int. Vp (1 - 4 km/s): seismische Intervallgeschwindigkeit (Wiederhold (in prep.));

Susz (0 - $400 \cdot 10^{-4}$ SI), magnetische Suszeptibilität;

delta_F (-500 - 500 nT): Anomalie des Erdmagnetfeldes;

tempred (-0,5 - 0,5 K): reduzierte Temperatur nach Abzug eines scheinbaren Temperaturgradienten von 20,5 K/km.