

## ZEITREIHENANALYTISCHE TRENDS DER GEOPHYSIKALISCHEN UND ANALYTISCH-SEDIMENTOLOGISCHEN DATEN IN DER FORSCHUNGSBOHRUNG "FRENZER STAFFEL 1 (1985)" (OBERKARBON, AACHENER STEINKOHLLENREVIER)

D. Klauser, A. Muller, I. Setyadharna & B. Steingrobe, Aachen

### Einleitung

Die Forschungsbohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)" wurde in der Inde-Mulde (Aachener Steinkohlenrevier) abgeteuft. Aufgrund sporologischer Analysen ist die gekernte, 234 m bankrecht mächtige Schichtenfolge, mit ihren 29 Flözen oder Flözniveaus, ins Obere Westfalium A zu stellen. Das tektonisch wenig gestörte Profil ermöglicht auf der Grundlage von Zeitreihenanalysen Trendentwicklungen geophysikalischer und granulometrischer Daten vorzustellen.

### Einsatz von Zeitreihenanalysen in der Bohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)"

Als Zeitreihe wird eine (zeitlich) geordnete Folge von Beobachtungen eines Merkmales bezeichnet (SCHLITTGEN & STREITBERG, 1987). Bei der Bearbeitung sedimentologischer Daten aus der "Frenzer Staffel 1 (1985)" bezieht sich die geordnete Folge von Beobachtungen nicht direkt auf die Zeit, sondern auf äquidistante Abstände im Bohrprofil. Eine solche Zeitreihe wird als relative Zeitreihe bezeichnet (MILLER & KAHN, 1962).

Zur Analyse einer Zeitreihe können verschiedene Verfahren verwendet werden. Im vorliegenden Fall erwies sich die Moving-Average-Methode als besonders geeignet. Der Moving Average, der die Eigenschaft eines Filters besitzt, wird folgendermaßen berechnet (DAVIS, 1973):

$$Y_i = \frac{\sum_{j=i-k}^{j=i+k} Y_j}{m}, \quad k = (m-1)/2$$

$Y_i$  = der berechnete Trend an der Stelle  $i$   
 $Y_j$  = der Beobachtungswert an der Stelle  $j$   
 $m$  = die Ordnung des Moving Average

Aus der Zeitreihenanalyse sind Fluktuationen und ggf. übergeordnete Trends zu ermitteln. Übergeordnete Trends zeichnen sich durch ein nicht stationäres Verhalten der Zeitreihenkurve aus. In Abhängigkeit der Intervalllänge (=Ordnung) wird eine Glättung der Fluktuationen der Zeitreihenkurve herbeigeführt. Je höher die Ordnung, desto glatter und kürzer der Trend.

Bei der Zeitreihenanalyse in der Bohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)" wurden die geophysikalischen Daten äquidistant in 0,50-m-Abständen gelesen. Die granulometrischen Daten dagegen wurden auf äquidistante Abstände interpoliert. Der in der 15. Ordnung gewählte Moving Average gewährleistet, mögliche Trends zu erkennen, wobei der Trendverlauf am Profilanfang und am Profilende dementsprechend um 3,5 m gekürzt wird.

### Zeitreihenanalyse geophysikalischer Bohrlochdaten

In der Forschungsbohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)" beziehen sich die zeitreihenanalytischen Untersuchungen auf Gamma-Ray-Werte (API) und auf Widerstandswerte ( $\Omega m$ ), letztere wurden durch ein Focussed Electric Log (FEL) gemessen. Die gemessenen Werte der natürlichen Gammastrahlung schwanken im nicht verrohrten Abschnitt der Bohrung, unterhalb 294 m, zwischen Maximalwerten von 220 API (Tonsteine) und Minimalwerten von 20 API (Sandsteine). In dem oberen verrohrten Abschnitt sind die Werte generell niedriger. Die Widerstandswerte, die ausschließlich aus dem nicht verrohrten Abschnitt vorliegen, schwanken zwischen Maximalwerten von 800  $\Omega m$  (quarzitische Sandsteine) und Minimalwerten um 40  $\Omega m$  (Tonsteine). Kohlenflöze weisen in der Bohrung Werte um 300  $\Omega m$  auf.

Die Zeitreihenanalyse der geglätteten Gamma-Ray-Werte ( $i=15$ ) läßt keine übergeordneten Trends erkennen (Abb. 1). Die Werte für den unteren nicht verrohrten Abschnitt schwanken um 160 API, während im oberen verrohrten Abschnitt durchschnittliche Werte um 90 API auftreten. Das resp. stationäre Verhalten der Zeitreihenkurve wird durch Ausschläge mit minimalen Werten unter 50 API bei 380 m, 294 m und 200 m Bohrteufe unterbrochen. Somit läßt sich die Kurve in vier zyklische Abschnitte gliedern. Von den Minimalwerten ausgehend, entwickeln sich die Abschnitte allmählich zu den höheren API-Werten, pendeln längere Zeit um den Mittelwert und springen plötzlich zu dem nächsten Minimalwert zurück.

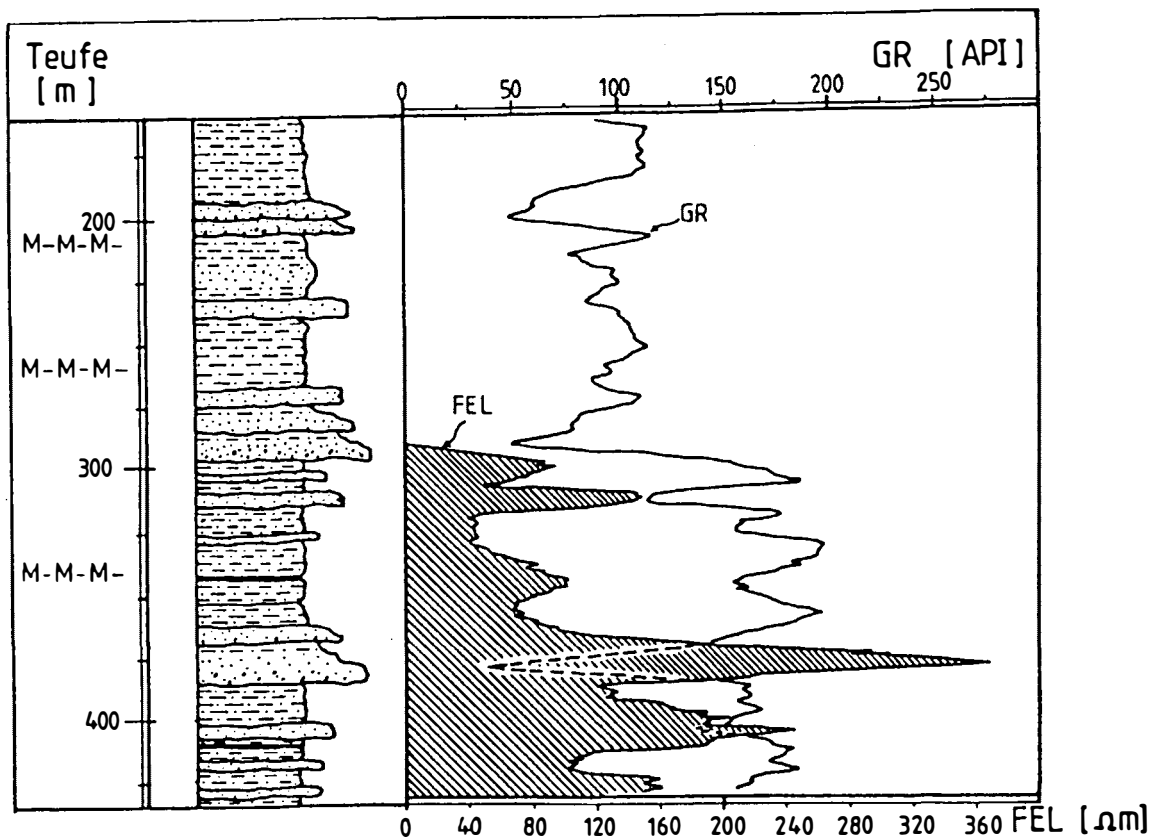


Abb. 1:

Zeitreihenanalytische Trenduntersuchungen von geophysikalischen Bohrlochdaten (Gamma Ray Log, Focussed Electric Log) aus der Forschungsbohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)"

Die Zeitreihenanalyse der  $\Omega\text{m}$ -Werte (Abb. 1) ist generell der Gamma Ray Kurve gegenläufig. Die Maximalausschläge der geglätteten Kurve erreichen Spitzenwerte um  $360\ \Omega\text{m}$  und Minimalwerte von  $30\ \Omega\text{m}$ . Auch bei dieser Zeitreihenanalyse fehlt ein übergeordneter Trend. Die Kurve läßt sich in drei untergeordnete Trends gliedern. Im liegenden Abschnitt zwischen 434 und 375 m zeigt die Kurve einen zögernd ansteigenden Trend, der abschließend auf  $360\ \Omega\text{m}$  emporschnellt. Im zweiten Abschnitt zwischen 375 und 320 m geht die Kurve langsam auf  $30\ \Omega\text{m}$  zurück. Der Kurvenverlauf in hangenden Abschnitt, von 320 m bis zum obersten Meßpunkt bei 294 m, ist durch die Intervall-Länge des gleitenden Mittels methodisch nicht mehr korrekt zu fassen. Anstelle der Werte um  $60\ \Omega\text{m}$  sollten die im Hangenden nicht mehr erfaßten Sandsteine deutlich höhere Werte anzeigen.

#### Zeitreihenanalyse der granulometrischen Daten

Die Zeitreihe der granulometrischen Daten baut auf 153 untersuchten Proben auf. Hiervon wurden 41 im Dünnschliff und 112 im Labor granulometrisch in  $\phi/2$ -Schritten analysiert. Beispielhaft werden die Entwicklungen der Fraktionen  $< 5,5\ \mu\text{m}$  und  $> 125\ \mu\text{m}$  diskutiert (Abb. 2).

Die geglätteten prozentualen Anteile der Fraktionen  $< 5,5\ \mu\text{m}$  zeigen einen übergeordneten Trend zwischen 350 und 205 m, wobei der Anteil der Feinstfraktion von 58% auf 15% abnimmt (Abb. 2). Im Liegenden dieses Trends zwischen 434 und 375 m verbleiben die Werte stationär um 30%. Zwischen 375 und 350 m steigen sie kontinuierlich an und erreichen den Maximalwert von 58%. Im Hangenden des übergeordneten Trends erfolgt erneut eine Zunahme des Anteils der Fraktionen  $< 5,5\ \mu\text{m}$ .

Die Siltfraktionen zwischen  $5,5$  und  $63\ \mu\text{m}$  sind statistisch mit ca. 50%, die sehr feinen Sande ( $63$ – $125\ \mu\text{m}$ ) mit ca. 10% an der Sedimentzusammensetzung beteiligt.

Besonders signifikante zeitreihenanalytische Schwankungen werden durch die Fraktionen  $> 125\ \mu\text{m}$  hervorgerufen (Abb. 2). Maximalwerten von 45% stehen minimale Werte von lediglich 1% gegenüber. Es ist zwar kein übergeordneter Trend abzuleiten, dennoch treten vier starke Fluktuationen auf, die das sedimentologische Geschehen beherrschen. Die einzelnen Maxima zeigen ein asymmetrisches Verhalten.

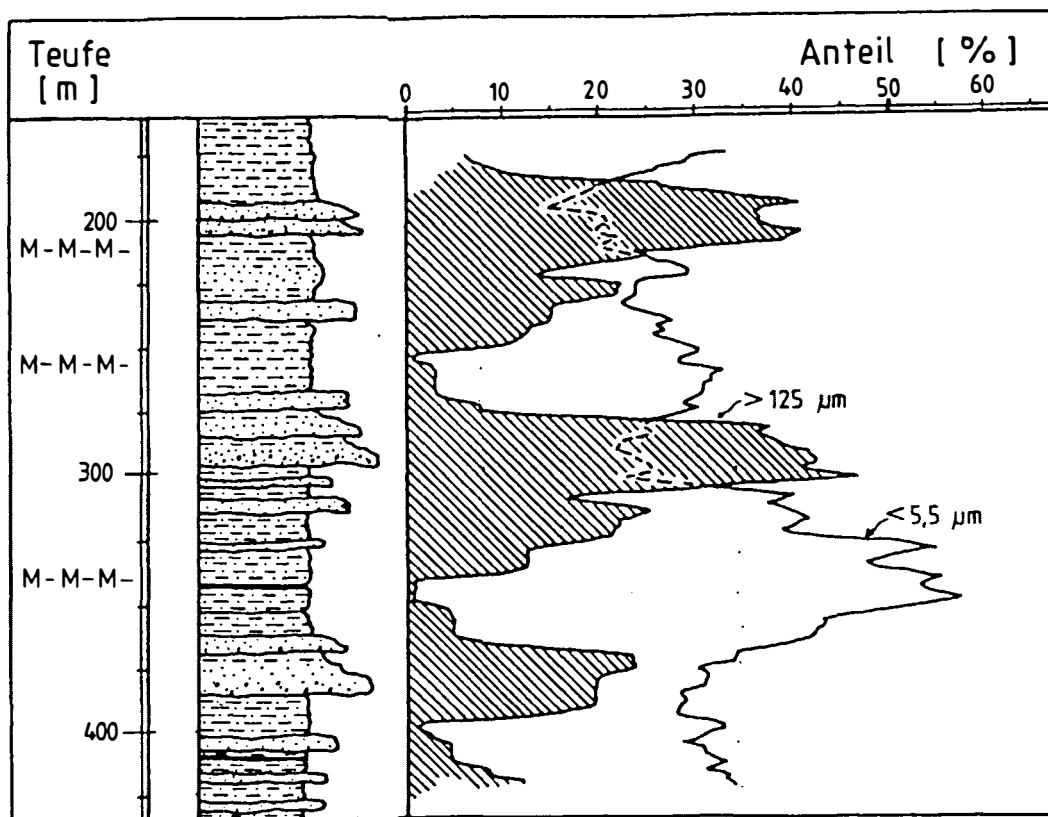


Abb. 2:

Zeitreihenanalytische Trenduntersuchungen von granulometrischen Daten (Fraktionen  $> 125 \mu\text{m}$  sowie  $< 5,5 \mu\text{m}$ ) aus der Forschungsbohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)"

### Deutung der Untersuchungsergebnisse

Auch für die durch die Zeitreihenanalyse geglätteten Werte gilt generell, daß hohen Anteilen an den Fraktionen  $> 125 \mu\text{m}$  hohe  $\Omega_m$ -Werte, niedrige API-Werte und niedrige Anteile der Fraktionen  $< 5,5 \mu\text{m}$  entsprechen. Die geophysikalischen Daten werden demnach weitgehend durch die Granulometrie bestimmt.

Die Fluktuationen der GR-Kurve und der Fraktionen  $> 125 \mu\text{m}$  entbehren eindeutig eines übergeordneten Trends, der auf eine grundlegende Verlagerung des Sedimentationsareals schließen lassen könnte. Beide sind vielmehr zyklisch gegliedert, wie dies z. B. zwischen Bohrmeter 300 und 200 nachzuvollziehen ist. In die Überflutungsebene schneiden sich erosiv Flüsse ein (HENS et al., in diesem Band). Die Überflutungsebene sinkt pulsierend ein und erreicht bei Bohrmeter 250 ihre tiefste marine Lage. Anschließend verflacht - ebenfalls pulsierend - das Sedimentationsareal, in das sich erneut ab 200 m Bohrtiefe im Litoralbereich Flüsse einschneiden. Ein ähnlicher Zyklus liegt zwischen 380 und 300 m vor.

Auf der unteren Deltaebene waren somit Subsidenz und Sedimentakkumulation, in der Dimension von 100 m mächtigen Großzyklen, im Gleichgewicht. Es ist zu erwar-

ten, daß ebenfalls die Schwankungen der  $\Omega_m$ -Werte diesen Zyklen unterworfen sind. Bedingt durch die fehlende Vermessung im oberen Bohrabschnitt sind sie jedoch methodisch nicht zu fassen. Die Werte für die Fraktionen  $< 55 \mu\text{m}$  fassen zwei Großzyklen zu einem übergeordneten Trend zusammen.

### Literatur

- DAVIS, J. C. (1973): *Statistics and Data Analysis in Geology*. - 550 p., J. Wiley & Sons Inc., New York.
- HENS, Th., KLAUSER, D., MEYER, H., MULLER, A. & STEINGROBE, B. (1989): *Faziesseinheiten in der Forschungsbohrung "Frenzer Staffel 1 (1985)"*. - in diesem Band.
- MILLER, R. L. & KAHN, J. S. (1962): *Statistical Analysis in the Geological Sciences*. - 483 p., J. Wiley & Sons Inc., New York.
- SCHLITTGEN, R. & STREITBERG, J. (1987): *Zeitreihenanalyse*. - 505 S., R. Oldenburg-Verlag, München.