

# Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland

## Schallgeschwindigkeiten und Dichten von Gesteinsproben aus der KTB-Vorbohrung bis zur Teufe 478.5 m

Bücker, Eigner, Gebrande, Pohl, Rauch, Wienand (München)

### Ziele

Dichte ( $\rho$ ) und Schallgeschwindigkeiten ( $V_p$ ,  $V_s$ ) sind wichtige petrophysikalische Kenngrößen. Sie hängen von Chemismus, Mineralbestand, Porosität, Porenfüllung, Druck und Temperatur ab. Die Schallgeschwindigkeiten werden darüberhinaus u. U. empfindlich vom Gesteinsgefüge, der Porengeometrie und dem inneren Spannungszustand mitbestimmt. Die Messungen an Bohrkernen und Bohrklein im Feldlabor bei Normalbedingungen dienen folgenden Zielen:

- Interpretation von seismischen und gravimetrischen Bohrloch- und Oberflächenmessungen
- Rückschlüsse auf Veränderungen der Bohrkern gegenüber dem in-situ-Zustand durch Vergleich mit Bohrlöchlösungen
- Referenz für Spezialuntersuchungen. ( $V_p$  u.  $V_s$  bei hohen Drucken und Temperaturen, Eigenspannungsuntersuchungen, Wiederholungsmessungen zur Kontrolle fortschreitender Gefügeauflockerung)

### Meßprinzipien

Im Oberbrückungsprogramm werden zunächst nur die P-Wellen-Geschwindigkeiten senkrecht zur Achse der Bohrkern ermittelt (Abb. 1). Die unbearbeiteten Bohrkern werden auf Rollen drehbar in einem Wasserbad gelagert und durch Ultraschallschwinger im Direktkontakt längs eines Durchmessers durchschallt. Azimutale und teufenabhängige  $V_p$ -Variationen können durch Drehen des Kerns und durch Verschieben des Schwingerpaars ermittelt werden. Die Dichte wird an unbearbeiteten Bohrkernen nach dem Prinzip von Archimedes (Abb. 2, oben) und an Bohrklein pyknometrisch (Abb. 2, unten) bestimmt.

### Ergebnisse

Die Abb. 3 zeigt eine Zusammenstellung der ersten Meßergebnisse bis zur Teufe 478.5 m. Dargestellt sind von links nach rechts:  $V_p$ -Geschwindigkeit (azimutal gemittelt), Dichte von Bohrkernen, Dichte von Bohrklein. Lücken sind durch Kernverlust, schlechte Kernqualität und bei  $V_p$  zusätzlich durch den derzeit noch großen Zeitbedarf der Messungen bedingt. Auffallend sind starke, z.T. kleinräumige Schwankungen von  $V_p$  und  $\rho$ . Die relativen Änderungen von  $V_p$  sind mit 40% deutlich größer als die von  $\rho$  (24% für Kerne, 19% für Bohrklein); der geringere Schwankungsbereich für Bohrklein ist dadurch zu erklären, daß es sich um Mischdichten über ein Teufenintervall handelt.

Korrelationen zwischen  $V_p$  und  $\rho$  sind vorhanden, kommen aber in Abb. 3 wegen der nicht teufengleichen Meßwerte nicht voll zur Geltung. Markante Minima und Maxima sind graphithaltigen Gneisen bzw. Granat-amphiboliten zuzuordnen.

Viele Bohrkern zeigen eine ausgeprägte azimutale seismische Anisotropie. Abb. 4 zeigt dies am Beispiel eines Amphibolits mit steilstehender Schieferung. (In Abb. 3 ist dieser Effekt herausgemittelt.)

### Ausblick

Nach Abschluß der laufenden Entwicklungsarbeiten können künftig auch  $V_p$  und  $V_s$  in axialer Richtung gemessen und die Meßpunkt-abstände verringert werden (Abb. 5). Die Dichte wird zusätzlich durch  $\gamma$ -Strahlabsorption gemessen werden.

### Autoren:

Bücker, Ch.; Eigner, K.-H.; Gebrande, M.; Pohl, J.; Rauch, E.; Wienand, J.

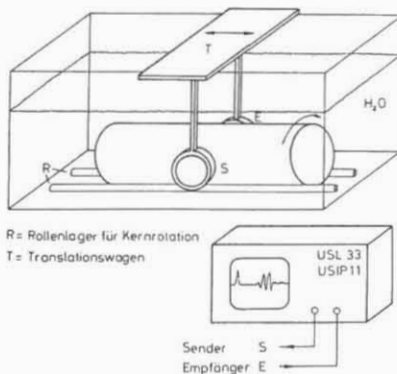


Abb. 1 Prinzip der Geschwindigkeitsmessung  $V_p$ , radial. Im Oberbrückungsprogramm wird zur Ansteuerung des Ultraschallgebers und zur Signalregistrierung ein kommerzielles Ultraschallgerät der Fa. Krautkrämer verwendet.

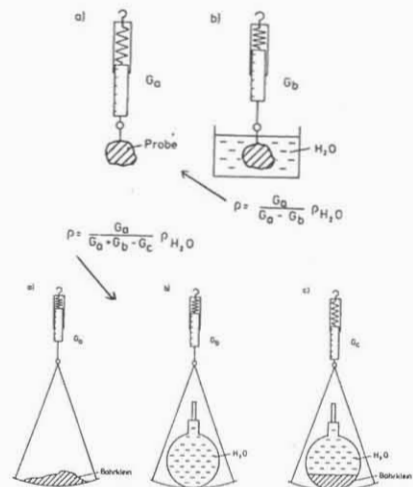


Abb. 2 Dichtebestimmung eines Bohrkerns unter Anwendung der Auftriebsmethode (oben). Dichtebestimmung des Bohrkleins mit dem Pyknometer (unten).

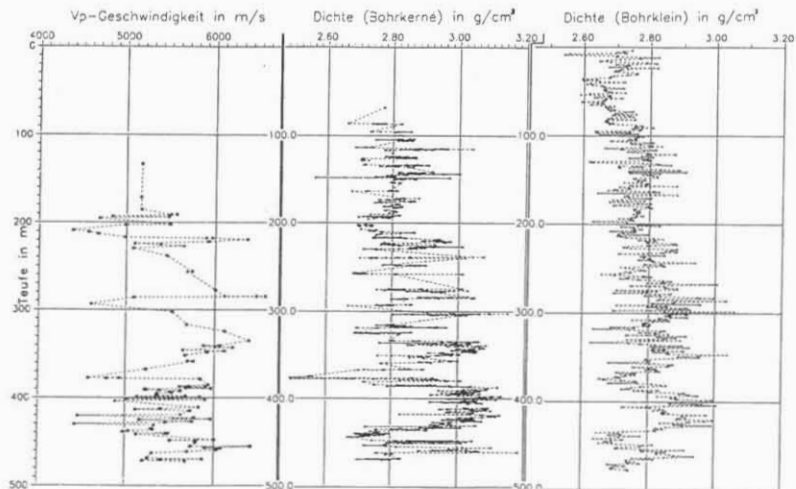


Abb. 3 Gegenüberstellung der  $V_p$ -Geschwindigkeit in Radialrichtung und der Dichte bis zu einer Teufe von 478.5 m. Die dargestellten Geschwindigkeiten sind Mittelwerte bei verschiedenen Azimuten in der betreffenden Bohrstückteufe. Die Dichten sind mittlere Dichten für unbearbeitete Kernbruchstücke und Bohrklein.

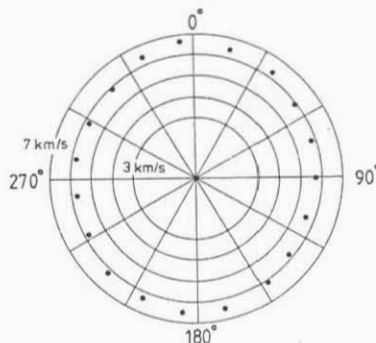


Abb. 4  $V_p$ -Geschwindigkeit bei verschiedenen Azimuten in einer Teufe von 458 m. Viele der bisher untersuchten Kerne zeigten eine starke azimutale Anisotropie. Sie korrespondiert mit steilstehenden Schieferflächen.

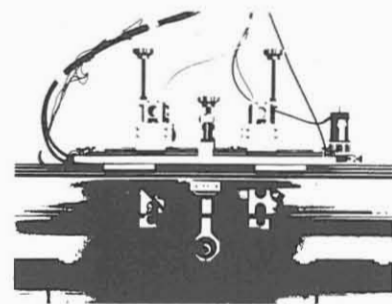


Abb. 5 Parallel zu den Messungen im Feldlabor wird an der Universität München die Weiterentwicklung der Ultraschallapparat betrieben. Das Foto zeigt den Translationswagen, mit dem auch Geschwindigkeitsmessungen ( $V_p$  und  $V_s$ ) in axialer Kernrichtung möglich sein werden. Die Steuerung der Apparat, bzw. die Erfassung der digitalisierten Meßdaten, erfolgt weitgehend rechnergesteuert.