

Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland

Messung der physikalischen Parameter an Kernen und Bohrklein im Feldlabor

Soffel (München)

1) Konzeption und Ziele

Das erbohrte Material in Form von Bohrkernen und Bohrklein unterliegt bei Lagerung unter den Bedingungen der Erdoberfläche zum Teil rasch irreversiblen Veränderungen der physikalischen und mineralogischen Eigenschaften. Es wurde daher als unbedingt erforderlich angesehen, in unmittelbarer Nähe des Bohrplatzes ein Feldlabor einzurichten, um neben der geologischen Ansprache des Kernmaterials möglichst rasch die physikalischen, geochemischen und mineralogischen Eigenschaften des erbohrten Materials bestimmen zu können. Aufgabe insbesondere der Arbeitsgruppe Geophysik war dabei die Messung einer Reihe von physikalischen Parametern um folgendes Ziel zu erreichen: Sofortige Charakterisierung des erbohrten Materials, um einen Überblick über seine wichtigsten physikalischen Eigenschaften zu erhalten. Diese Informationen sind unter Umständen auch für technische Probleme bei der Bohrung selbst von Bedeutung. Sie dienen aber vor allem als Grundlage einer weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung des Materials in anderen Laboratorien. Die Messung der physikalischen Eigenschaften sollte dabei unmittelbar nach der Entnahme des Materials erfolgen, um die Parameter noch möglichst unter in situ Bedingungen erfassen zu können. Ferner sollten die Messungen zerstörungsfrei, wenn möglich auch an unbehandelten Bohrkernen vorgenommen werden.

Um das unter Umständen in großer Menge anfallende Material in Form von 10-20 Meter an Kernen pro Tag und das Bohrklein möglichst schnell vermessen zu können, wurde der Aufbau von zumindest halbautomatisierten rechnergesteuerten Meßplätzen vorgesehen, wobei die Rechner neben der Steuerung von Schrittmotoren auch die Auswertung und Kompilation der Daten vorzunehmen haben. Die Endergebnisse sollen dann im zentralen Rechner des Feldlabors zur Dokumentation und für die Korrelation mit anderen Daten der Bohrung gespeichert werden.

2) Im Feldlabor gemessene physikalische Parameter

a) Messung der Dichte nach drei Verfahren: (i) pyknometrisch an Bohrklein; (ii) nach dem Verfahren von Archimedes an unbehandelten Bohrkernen sowie an Bohrkern-Fragmenten; (iii) über die Absorption von Gamma-Strahlen an unbehandelten Bohrkernen.

b) Seismische Geschwindigkeiten an unbehandelten Bohrkernen mit Hilfe einer Ultraschall-Apparatur. Die Proben befinden sich dabei im Wasserbad, um eine möglichst gute seismische Ankopplung zu erreichen. Vorgesehen sind zwei Meßplätze: (i) Durchschallung der Gesteinsproben mit Longitudinalwellen quer zur Kernachse in verschiedenen azimutalen Richtungen, um eine Anisotropie von v_p zu erfassen, ferner eine Durchschallung von abgesägten Kernstücken in axialer Richtung; (ii) Refraktions-Anordnung zur Messung von v_p und v_s in axialer Richtung.

c) Messung der natürlichen remanenten Magnetisierung von unbehandelten Bohrkernen mit Hilfe einer Förstersonden-Anordnung bei Abschirmung der Erdmagnetfeldes mit Hilfe einer μ -Metall-Röhre.

d) Bestimmung der magnetischen Suszeptibilität von Bohrklein und unbehandelten Bohrkernen sowie Bohrkernfragmenten mit einem induktiven Meßverfahren.

e) Messung der elektrischen Leitfähigkeit von unbehandelten Bohrkernen mit zwei Meßverfahren: (i) induktiv und (ii) galvanisch.

f) Ermittlung der thermischen Leitfähigkeit mit Hilfe einer Wärmekelle und Temperatursonden. Diese Messung kann nur an Kernmaterial mit vorbehandelten Flächen durchgeführt werden.

g) Messung der natürlichen Gamma-Aktivität an Bohrklein und unbehandelten Bohrkernen. Auswertung hinsichtlich des Gehaltes der Gesteine an K, U und Th.

h) Messung der Porosität. Hierzu ist die Anfertigung von kleinen Tochterkernen erforderlich. Meßmethode: Bestimmung von Ge-

wichtsdifferenzen von Proben mit leerem bzw. gefülltem Porenvolumen.

i) Gasvolumetrische Bestimmung der inneren Oberfläche. Hierzu müssen Proben mit einer bestimmten Geometrie angefertigt werden.

j) Messung von Spannungsnachwirkungen an ausgewählten Kernen.

Da bei der Vorbohrung und auch noch in weiten Bereichen der Hauptbohrung mit der Förderung von mehr oder weniger intakten Bohrkernen gerechnet werden kann, wurden die Meßplätze vorerst hauptsächlich auf die Bestimmung physikalischer Parameter von Kernen ausgerichtet. Bei der Hauptbohrung ist jedoch mit großen Abschnitten zu rechnen, bei denen überhaupt keine Kerne gebohrt werden sollen oder können. Hier wird dann nur Bohrklein zur Verfügung stehen. In einer weiteren Ausbauphase des Feldlabors wird daher die Entwicklung von Apparaturen zur Erfassung möglichst vieler physikalischer Parameter an Bohrklein zunehmend an Bedeutung gewinnen. Mit diesen Entwicklungen soll unmittelbar nach Fertigstellung der jetzt zum Einsatz kommenden Geräte begonnen werden, um erprobte Meßvorrichtungen für die Untersuchung von Bohrklein beim Beginn der Hauptbohrung zur Verfügung zu haben.

3) Messung physikalischer Parameter im Notlabor Windisch-Eschenbach

Bei Beginn der Bohrung Ende September 1987 stand das geplante Feldlabor für die Messungen noch nicht bereit. Ferner waren die für den Einsatz im Feldlabor geplanten Apparaturen noch nicht alle fertiggestellt und im Einsatz erprobt. In einigen Räumen der Schule von Windisch-Eschenbach wurde Ende September 1987 ein Notprogramm aller Arbeitsgruppen des Feldlabors aufgenommen. Für die Abteilung Geophysik konnte ein geeignet großer Raum zur Verfügung gestellt werden, um die Messung folgender Parameter sofort bei Bohrbeginn zu ermöglichen: a) Fyknometrische Bestimmung der Dichte an Bohrklein. a2) Messung der Dichte von Bohrkernen und Kernfragmenten durch Wiegen in Wasser und Luft. b) Durchschallung von Bohrkernen quer zur Kernachse in mehreren azimutalen Richtung zur Bestimmung eines Richtwertes für v_p . c) Bestimmung der natürlichen remanenten Magnetisierung von Bohrkernen. d) Messung der magnetischen Suszeptibilität von Bohrkernen und von Bohrklein.

Ab Ende September 1987 standen für die geophysikalischen Messungen im Notlabor lediglich zwei Wissenschaftler zur Verfügung, die gelegentlich durch Hilfskräfte verstärkt werden konnten. Alle anderen Wissenschaftler waren an Hochschulen mit der Weiterentwicklung der Geräte für das Feldlabor beschäftigt. Ab Mitte Oktober wurde die Gruppe Geophysik durch die Einstellung von drei physikalisch-technischen Mitarbeitern verstärkt, die nach einer erfreulicherweise kurzen Einarbeitungszeit rasch viele Routineaufgaben übernehmen konnten. Ab 1. Januar 1988 wird ein zusätzlicher vierter physikalisch-technischer Mitarbeiter zur Verfügung stehen, sowie ein weiterer Wissenschaftler. Beim Bezug des Feldlabors Ende Januar 1988 werden ab Anfang Februar auch die restlichen Wissenschaftler ihre Arbeit im Feldlabor aufnehmen. In der Abteilung Geophysik werden dann folgende Mitarbeiter tätig sein: 6 Wissenschaftler (Dr. Bückler, Dr. Wolter, Dr. Hüngens, die Dipl.-Geophys. Rauen, Wienand und Eigner) sowie die physikalisch-technischen Mitarbeiter Rick, Jäger, Köstler und Füllrohr.

Die begrenzte Zahl der Mitarbeiter im Feldlabor verbunden mit der zum Teil unerwartet großen Menge an Kernmaterial (statt der angenommenen 10 Meter Kern bis zu über 20 Meter Kern pro Tag) führte im Notlabor zu erheblichen Engpässen bei allen Arbeitsgruppen. In der Arbeitsgruppe Geophysik wurde dies dadurch aufgefangen, daß die Abstände zwischen zwei untersuchten Proben flexibel ausgedehnt wurden, um vom neu hereinkommenden Material möglichst ohne Verzögerung gleich repräsentative Stücke vermessen zu können. Die so entstandenen Lücken sollen in

der Phase zwischen der Vor- und Hauptbohrung durch Nachmessung geschlossen werden. Eine andere Ursache für zum Teil erhebliche Lücken in den Darstellungen der Meßwerte in Abhängigkeit von der Tiefe sind Kernverluste bei der Bohrung selbst (besonders im Bereich der ersten 500 m) oder Kernmaterial in einem Zustand, der den Einsatz der bisher aufgebauten Geräte nicht gestattete (völlig zerbrochene Kerne, Kernfragmente). Da mit Material dieser Art auch weiterhin zu rechnen ist, sollte mit der oben schon erwähnten Weiterentwicklung der Apparaturen in Richtung auf Meßplätze für die Untersuchung von Bohrklein und Kernfragmenten möglichst rasch begonnen werden, um vorhandene Datenlücken so weit wie möglich schließen zu können.

4) Einrichtung des Feldlabors im Januar 1988

Ab Mitte Januar 1988 wurde damit begonnen, die im Notlabor der Schule in Windisch-Eschenbach nicht eingesetzten Meßgeräte im Großraumlabor des Feldlabors aufzubauen und für Routinemessungen herzurichten. In dieser Zeit wurde der Betrieb im Notlabor ungestört weitergeführt. Ende Januar/Anfang Februar 1988 wurden dann auch die Geräte aus dem Notlabor im Feldlabor aufgestellt. Bei weiterlaufender Bohrung sollen die bisher zurückgestellten Untersuchungen am vorliegenden und am neu erbohrten Kernmaterial aufgenommen werden. Es sind dies: a2) Dichtemessungen an Bohrkernen mit Hilfe der Absorption von Gamma-Strahlen; b) Messung von v_p und v_s an Bohrkernen mit der Refraktions-Methode sowie vollständige Durchschallungen (v_p -Messung auch in Achsenrichtung) von abgesägten Kernstücken; e) Messung der elektrischen Leitfähigkeit mit der induktiven und mit der galvanischen Methode von Bohrkernen; f) Messung der thermischen Leitfähigkeit von Bohrkernen mit glatt gesägten Flächen; g) Bestimmung der natürlichen Gamma-Aktivität von Bohrkernen und Bohrklein; h) Bestimmung der Porosität von Tochterkernen; i) Messungen der inneren Oberfläche von Tochterkernen; j) Spannungsnachwirkungs-Bestimmungen an ausgewählten Proben.

Durch den verspäteten Bezug des Feldlabors und die Verzögerungen bei der Beschaffung der für die einzelnen Meßplätze der Geophysik notwendigen Apparaturen werden viele Messungen an zum Teil schon durch die lange Lagerung ausgetrockneten oder durch Spannungsentlastung zerfallenen Kernen vorgenommen werden müssen. Die physikalischen Eigenschaften dieser Kerne werden sich zum Teil erheblich von ihren in situ Zuständen entfernt haben, sodaß ihre Korrelationen mit den Daten der Bohrlochmessungen nur noch bedingt möglich und sinnvoll sein werden. Ihre Brauchbarkeit für geophysikalische Modellrechnungen zur Interpretation von Messungen an der Oberfläche wird auch eingeschränkt sein. Dies betrifft hauptsächlich folgende Größen: Natürlicher Spannungszustand, elektrische Leitfähigkeit, thermische Leitfähigkeit, seismische Geschwindigkeiten und die Dichte. Andere Parameter, wie zum Beispiel die magnetische Suszeptibilität, die natürliche remanente Magnetisierung, die Permeabilität und die Porosität dürften sich bei der langen Lagerung der Proben nicht oder nur wenig verändert haben. Bei der Nachmessung der von der langen Lagerungszeit besonders beeinträchtigten Proben wäre es wünschenswert, dieses Material längere Zeit zu wässern, um ausgetrockneten Porenraum wenigstens einigermaßen wieder regenerieren zu können. Es ist allerdings möglich, daß solche Maßnahmen einen un gerechtfertigten Eingriff in den allgemeinen Ablauf der Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen im Feldlabor darstellen und deshalb nicht realisiert werden können. Trotzdem ist es sinnvoll und notwendig, das ganze Probenmaterial in der Ruhephase zwischen Vor- und Hauptbohrungen hinsichtlich aller Parameter möglichst lückenlos zu vermessen, um für die anschließenden Spezialuntersuchungen in anderen Labors Basiswerte zur Verfügung zu haben.