Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland
Differenz-Deformations-Analyse

Baumann, Negendank (Trier)

Abteilung für Geologie
Fachbereich III
Universität Trier

Mit Hilfe der Differenz-Deformations-Analyse (DDA) soll der Gebirgsspannungstensor in verschiedenen Teufen bestimmt werden. Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß es bis zu Teufen von einigen Tausend Metern einsetzbar ist. Die Teufenbegrenzung ist letztendlich durch die Intensität des Core-Diskings der Bohrkerne gegeben.

Theorie des Meßverfahrens der DDA

Ausgehend von der empirisch bekannten Proportionalität zwischen Mikrorißhäufigkeit/Länge/Orientierung und dem erzeugenden Spannungstensor wird aus der Rißschließungskurve einer Gesteinsprobe im Hochdruckautoklaven der Rißschließungsdruck gemessen.

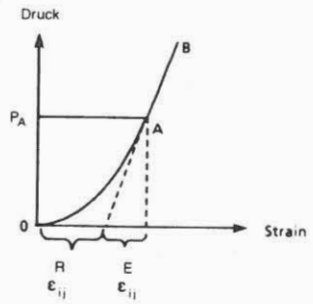


Abbildung 1 zeigt den schematischen Verlauf einer Rißschließungskurve in einer bestimmten Richtung. Der nichtlineare Kurvenabschnitt (OA) entspricht dem Bereich des Schließens der Mikrorisse in der entsprechenden Richtung. Der lineare Kurvenanteil (AB) entspricht dem elastischen Gesteinsverhalten. Zu jedem Kurvenpunkt bis zum Rißschließungsdruck P_A läßt sich eine Spannungskomponente, ausschließlich bedingt durch Rißschließung, und eine Spannungskomponente aus ausschließlich elastischer Deformation angeben. Beim Druck P_A sind alle Mikrorisse in entsprechender Richtung geschlossen. Die zu P_A gehörende Rißschließungs-Deformationskomponente ist das "Gedächtnis" für den Druck im Gebirge in dieser Richtung. Mit 8 weiteren Druck-Strain-Kurven (Gebaranordnung wie in Abb. 2) läßt sich ein Rißdeformationstensor erstellen:

$$\underline{\varepsilon}^R = \begin{matrix} \varepsilon^R_{xx} & \varepsilon^R_{xy} & \varepsilon^R_{xz} \\ \varepsilon^R_{yx} & \varepsilon^R_{yy} & \varepsilon^R_{yz} \\ \varepsilon^R_{zx} & \varepsilon^R_{zy} & \varepsilon^R_{zz} \end{matrix}$$

Mit der Annahme von Proportionalität zwischen Rißdeformationstensor und erzeugendem Spannungstensor erhält man:

$$\sigma^* = A * \underline{\varepsilon}^R$$

wobei:

$$A = \frac{D * g * z}{\varepsilon^R_{zz}}$$

σ^* = effektive Spannung

A = Auflastspannung

D = mittlere Gesteinsdichte

g = Erdbeschleunigung

z = Entnahmeteufe der Probe

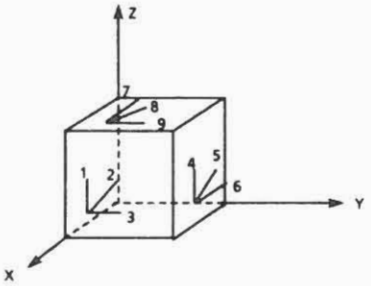
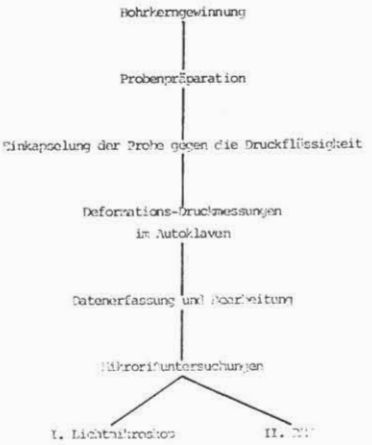


Abbildung 2: Orientierung der neun Dehnungsmeßstreifen auf einem Gesteinswürfel von ca. 3 cm Kantenlänge.

Organisationsdiagramm Probenbearbeitung



Versuchstechnik

Zur Dehnungsmessung werden DMS-Rosetten des jüngst vorgestellten Typs RY 91-10 von Hottinger Baldwin Meßtechnik eingesetzt.

Innerhalb des Autoklaven wird eine einfache DMS-Schaltung verwendet, um die Zahl der Meßkabeldurchführungen möglichst klein zu halten (16 Kabel). Außerhalb des Autoklaven wird mit einer erweiterten Kreutzer-Schaltung gearbeitet.

Probe und DMS werden gegen das Druckmedium mit Sylgard 186 oder PU10 von Hottinger Baldwin Meßtechnik geschützt.

Um hohe Genauigkeiten bei den Dehnungsmessungen zu gewährleisten, wird folgender technischer Kniff benutzt: ein mit DMS applizierter "Druckstandard" wird gleichzeitig mit der Probe im Autoklaven hydrostatisch belastet. So können experimentell bedingte Nichtlinearitäten und Fehler, wie Drift des Meßgerätes, Widerstandsänderungen der DMS durch den aufgebrachten Druck, Temperatureffekte und Kabeleinflüsse minimiert werden.

Der Druckstandard soll eine lineare, isotrope Kompressibilität zeigen. Von anderen Autoren wurde meist Quarzglas (Optosil) verwendet. Wir werden Homosil verwenden, eine spannungslose Varietät von Optosil.

Als Meßverstärker wird eine UPM 40A (HBM) verwendet. Dies ist ein selbstkalibrierender 225 kHz-Meßverstärker mit Mikroprozessor, Drucker und V-24 Schnittstelle. Der Autoklav soll einen Innendurchmesser von 60 mm bei einer Länge von 120 mm haben und für einen Innendruck bis 7000 bar geeignet sein. Die Innendruckmessung erfolgt mit einem elektrischen Druckaufnehmer der Genauigkeitsklasse 0,1.
Die Druckerzeugung erfolgt in zwei Stufen.Bis ca. 2000 bar mit einer Handpumpe, darüber mit einer Spindelpresse.

Bisherige Erfahrungen mit der DDA

Bisher wurden DDA-Messungen vor allem bei Erdölbohrungen in der Nordsee, im Nahen Osten und in Amerika durchgeführt. Im Projekt FENTON-HILL zeigten gleichzeitige hydraulic-fracturing Messungen eine gute Übereinstimmung der Spannungsdaten.

Das Projekt wird seit 1. 1. 1980 gefördert. Die Meßapparatur soll noch in der ersten Jahreshälfte 1980 einsatzbereit sein, und es sollen dann Bohrkerne aus der KTB-Vorbohrung bearbeitet werden. Wenn möglich, sollen die Messungen an den gleichen Proben durchgeführt werden, an denen die Deformationsmessungen im Feldlabor vom geophysikalischen Institut der Universität Frankfurt vorgenommen werden.