



Bohrlochschlitzentlastung mit der Bohrlochschlitzsäge (Borehole Slotter) ist ein zweidimensionales Primärspannungsmessverfahren. Es basiert auf dem Prinzip einer lokalen Spannungsentlastung in einer Bohrung. Mit Hilfe einer pneumatisch angetriebenen Diamantsäge werden parallel zur Bohrachse Entlastungsschlitze gesägt (Abb. 1). Die Schlitze sind jeweils ca. 1 mm weit und bis zu 20 mm tief.



Abb. 1 Schlitzsonde am Mund eines Bohrlochs

In unmittelbarer Nähe des Schlitzes wird während des Sägens ein eigens entwickelter Kontaktdehnungsaufnehmer mit einer definierten Kraft an die Bohrlochwand gedrückt (Abb. 2). Seine Funktion ist die Erfassung der tangentialen Dehnung der Bohrlochwand, die mit dem Schlitzten einhergeht. Bei der in Abb. 3 gezeigten Konfiguration tritt am Messpunkt eine vollständige lokale Spannungsentlastung auf, die sich in einer proportionalen tangentialen Dehnung äußert.

Normalerweise werden die Bohrungen zunächst mit einer Bohrlochkamera befahren um ungeeignete Bohrlochabschnitte auszuschließen.



Am jeweiligen Messort werden nacheinander in verschiedenen Richtungen Schlitzte gesägt. Mindestens drei, um jeweils 120° versetzte Schlitzte, ermöglichen die Bestimmung des zweidimensionalen Spannungszustands. Normalerweise werden für eine Spannungsmessung jedoch noch drei zusätzliche Schlitzversuche an einer 10 cm tieferen oder höheren Messstelle im Bohrloch durchgeführt (Abb. 4) um durch Überbestimmung die Ergebnisse zu verifizieren.

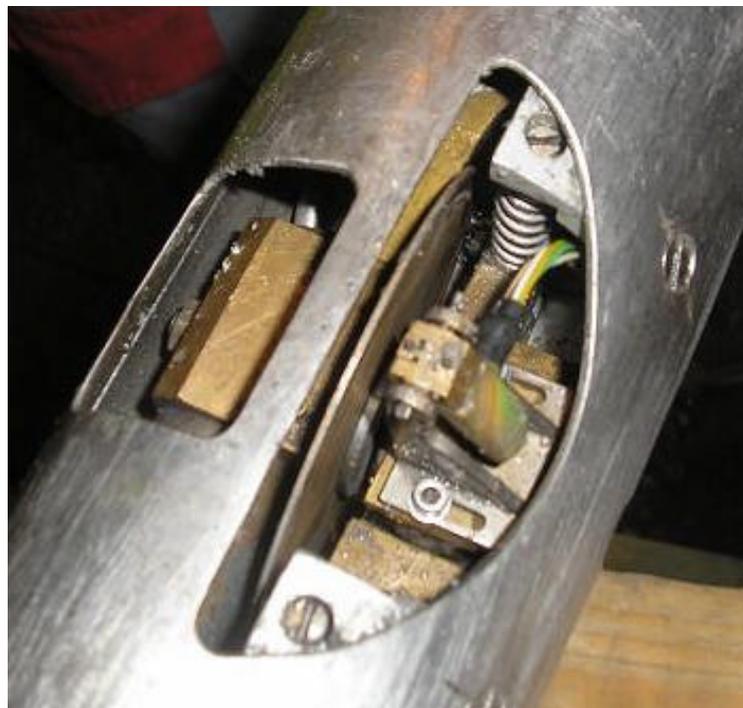


Abb. 2 Dehnungsaufnehmer neben dem Sägeblatt

Die sich daraus ergebende Redundanz der Messdaten erlaubt eine Quantifizierung der Güte der Messdaten, z. B. in Form eines Korrelationskoeffizienten. Diese Möglichkeit der inneren Kontrolle der Messdaten hat sich bei der Durchführung und Interpretation der Bohrlochschlitzversuche als äußerst vorteilhaft herausgestellt. Erscheint z. B. während der Versuchsdurchführung die innere Konsistenz der Messergebnisse als unzureichend niedrig, so können unmittelbar zusätzliche Schlitzte geschnitten werden, bis sich ein hinreichend beständiger Trend abzeichnet.



Bei der Auswertung wird der Untersuchungsbereich als linear elastisch, homogen und isotrop angenommen. Mit Hilfe des Modells der gelochten Scheibe wird über die Gleichungen von KIRSCH aus der Entlastung des sekundären Spannungszustandes beim Schlitzten im Bohrloch der Primärspannungszustand rückgerechnet. Als Eingangswerte müssen dazu der Elastizitätsmodul und die Querdehnungszahl aus einaxialen Druckversuchen am anstehenden Gestein ermittelt werden.

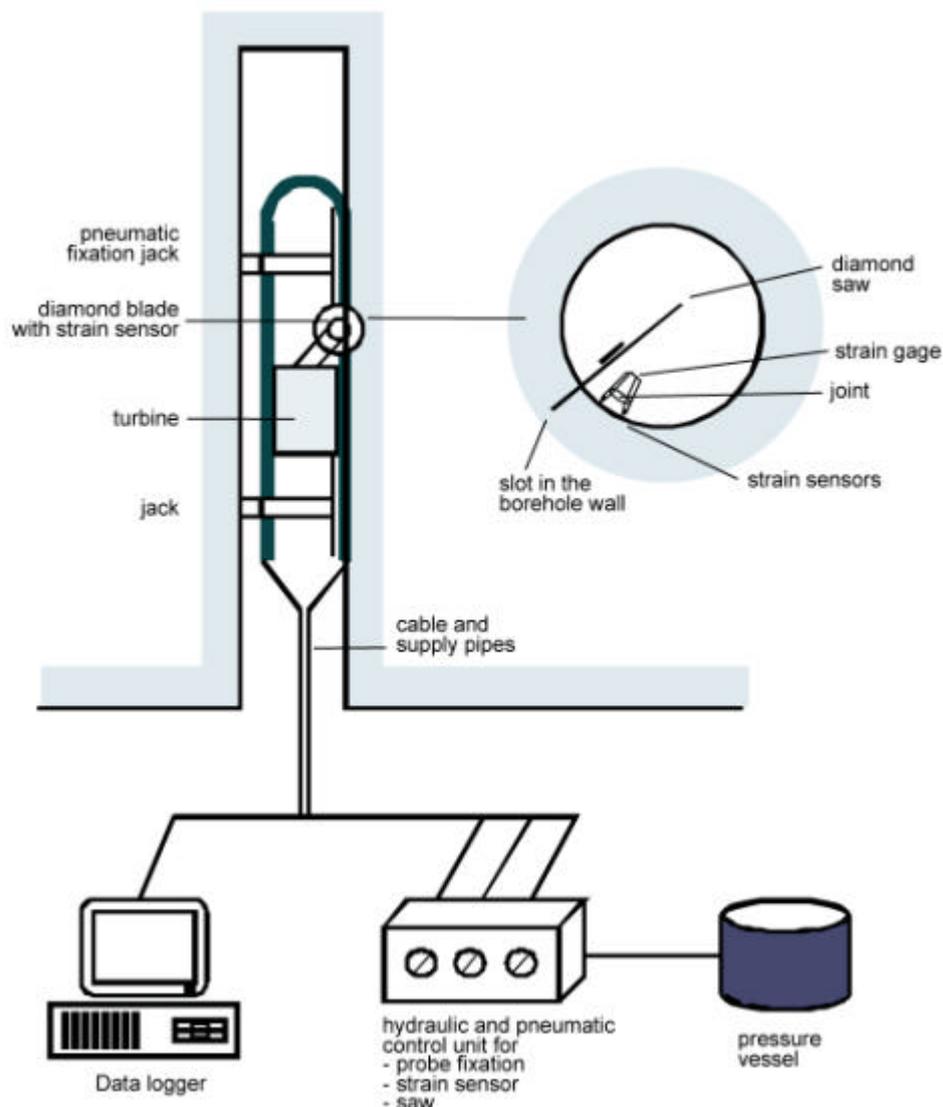


Abb. 3 Prinzipskizze des Versuches mit der Bohrlochschlitzsäge



Die Genauigkeit der Primärspannungsmessung mit der Schlitzsonde hängt von der Größe des Gesteinsmoduls und der Empfindlichkeit des Dehnungsgebers ab. Für ein Gestein mit einem E-Modul von 40 GPa beträgt die Genauigkeit ca. +/- 0,5 MPa, wobei die Auflösung des Sensors bei etwa 1 Mikrostrain liegt.

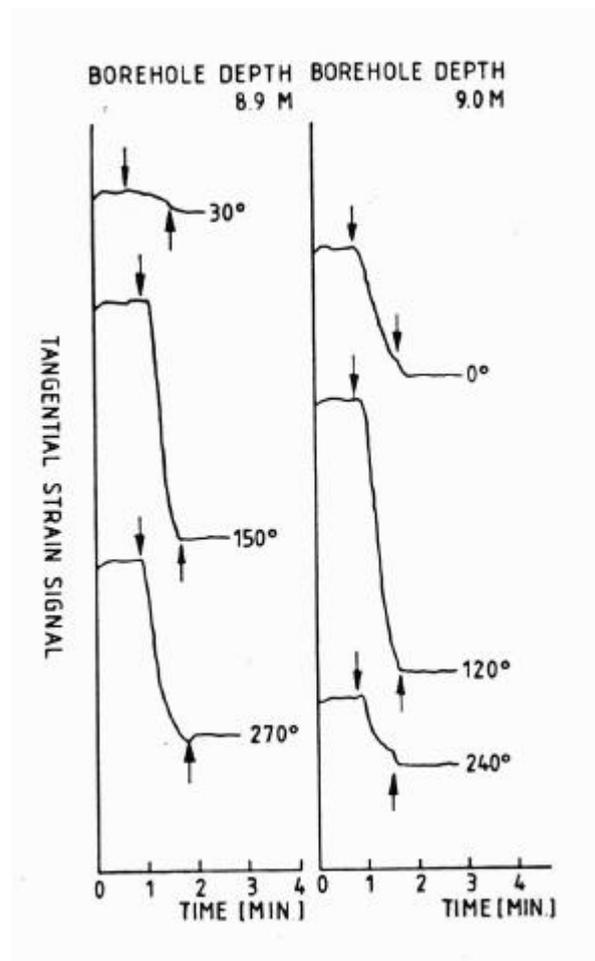


Abb. 4 Zeit-Dehnungskurven von 6 Schlitzversuchen, die zusammen eine einzelne, redundante 2-D Spannungsmessung ergeben

Um den dreidimensionalen Spannungszustand im Gebirge zu bestimmen, muss das Verfahren in drei Bohrungen mit unterschiedlichem Azimut und Einfallswinkel durchgeführt werden. Die Richtungen und Neigungen der möglichst ortsnahe beieinander liegenden Bohrungen sind exakt einzumessen, da diese Werte in die Berechnung des Spannungstensors eingehen.



Als Bohrungen werden Kernbohrungen benötigt, da für die Auswertung des Spannungszustandes der Elastizitätsmodul und die Querdehnungszahl des Gesteins an jeder Messstelle durch Laborversuche bestimmt werden müssen.

Technische Daten

Einsatzbedingungen

- Die Erkundung geologischer Bohrungen ist bis max. 30 m Teufe möglich.
- Unter Wasser ist das Verfahren nicht einsetzbar; die Bohrungen sollten daher leicht steigend bis vertikal nach oben angeordnet werden. Eine typische Anordnung der Bohrungen zur Bestimmung des 3D Spannungszustandes wäre:
 Bohrung 1 subhorizontal, ungefähr 5 ° steigend (wenn möglich rechtwinklig zum Bohrloch 2)
 Bohrung 2 subhorizontal, ungefähr 5 ° steigend (wenn möglich rechtwinklig zum Bohrloch 1)
 Bohrung 3 vertikal nach oben.
- Der Bohrlochdurchmesser der Kernbohrungen darf zwischen 96 und 103 mm liegen. Die Bohrung sollte mit einer Diamantbohrkrone gebohrt werden.
- Bei Messungen aus einem Tunnel oder Stollen heraus sollten die Messungen erst ab einer Tiefe vom 1,5 bis 2fachen des Hohlraumdurchmessers durchgeführt werden.
- Das Bohrloch sollte immer mindestens 1 m tiefer sein als die größte gewünschte Messtiefe.
- Die Arbeitsfläche vor dem Bohrloch sollte wegen des Schubgestänges mindestens 2 x 2 m betragen.

Abmessungen

Borehole-Slotter	L = 1300 mm, dia = 90 mm
Schubgestänge	LxBxH 1500x20x20 mm
Hydraulisch/Pneumatische Steuerungseinheit	LxBxH 660x390x650 mm

Gewicht

Borehole-Slotter	13,5 kg
Schubgestänge	1,0 kg / Schuss
Hydraulisch/Pneumatische Steuerungseinheit	28,0 kg