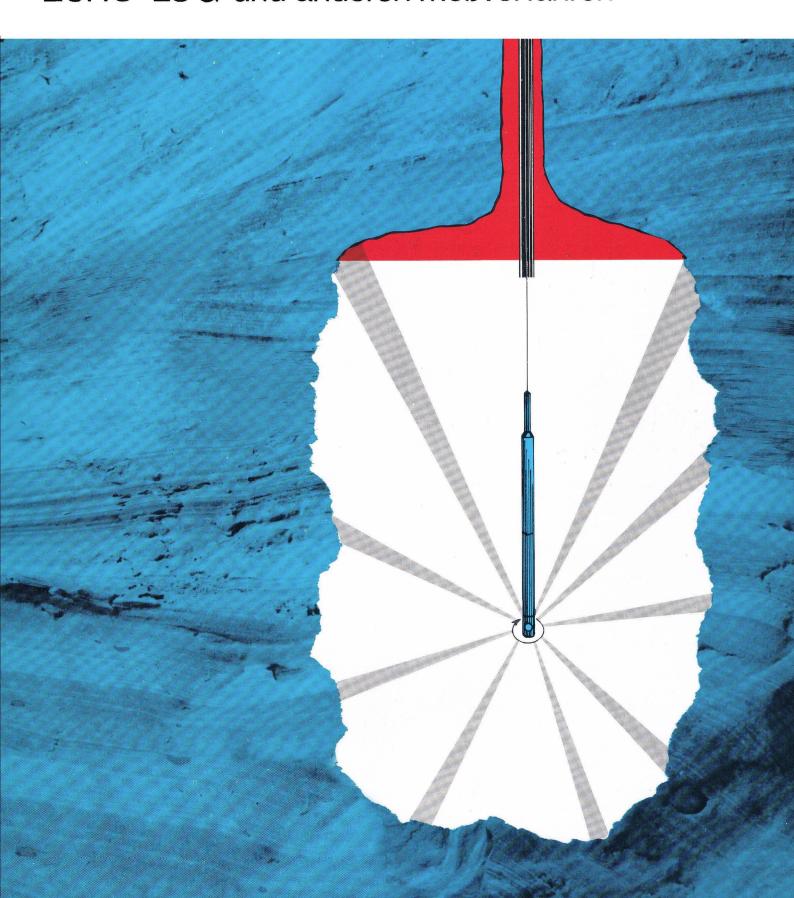
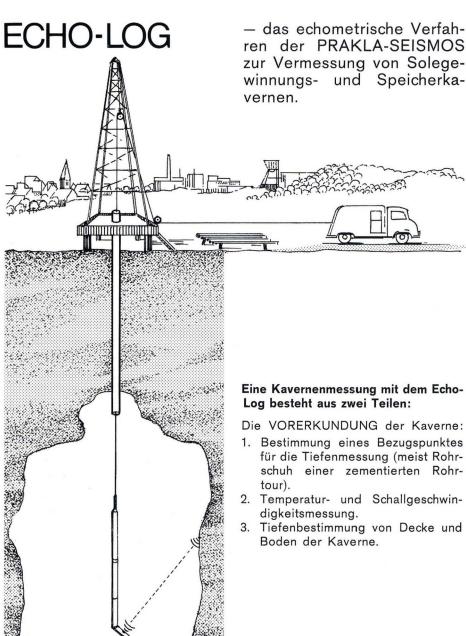
PRAKLA-SEISMOS INFORMATION No.13

Kavernenüberwachung

PRAKLA-SEISMOS

mit dem ECHO-LOG und anderen Meßverfahren







Eine Kavernenmessung mit dem Echo-

Die VORERKUNDUNG der Kaverne:

- 1. Bestimmung eines Bezugspunktes für die Tiefenmessung (meist Rohrschuh einer zementierten Rohr-
- 2. Temperatur- und Schallgeschwin-
- Tiefenbestimmung von Decke und

Die VERMESSUNG der Kaverne:

- 1. Horizontalmessungen im gesamten Kavernenbereich.
- 2. Aufwärts gerichtete Messungen im Bereich der Kavernendecke und in den Teilen, die eine anomale Aussolung aufweisen.
- Abwärts gerichtete Messungen im Bereich des Kavernenbodens.

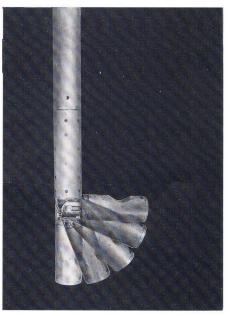
Das Zwei-Wandler-System des Meßkopfes kann zwischen seiner vertikalen und horizontalen Stellung schrittweise oder kontinuierlich ausgekippt werden.

Das Meßprinzip

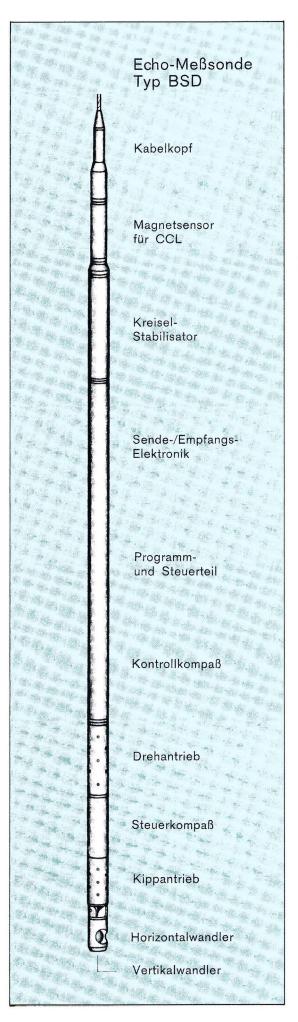
Die mit einem Ultraschallsende- und Empfangssystem ausgerüstete Meßsonde wird in die zu vermessende Kaverne eingelassen. Ein dreh- und auskippbarer Ultraschallwandler* sendet pulsförmige, scharf gebündelte Ultraschallwellen aus, die von der Kavernenwand reflektiert werden. Der gleiche Wandler formt das aufgenommene Echosignal in ein elektrisches Signal um, das nach Verstärkung zusammen mit dem Sendesignal über das Kabel zur Meßapparatur übertragen wird. Ein elektronischer Zähler mißt die Echo-Laufzeit; aus dieser und der Schallgeschwindigkeit in der Kavernenflüssigkeit wird der Abstand zwischen Kavernenwand und Meßsonde errechnet.

Mit dem Dreh- und Kippantrieb der Meßsonde* kann der Ultraschallwandler auf jede beliebige Meßrichtung eingestellt werden, so daß eine vollständige Erfassung des gesamten Kavernenhohlraumes möglich ist.

Zur Bestimmung der horizontalen Richtung dient ein magnetischer Kompaß.



^{*} Deutsche Patentanschrift 1623111 Canadian Patent No. 894911 US Patent 3614891



Die Meßsonden für Kavernenmessungen mit dem ECHO-LOG

Auf der Grundlage langjähriger Felderfahrungen hat die PRAKLA-SEIS-MOS eine kontinuierliche Weiterentwicklung ihrer Kavernenmeßsonden betrieben, so daß diese heute einen hohen technischen Stand aufweisen. Für Kavernenmessungen mit dem ECHO-LOG stehen folgende Standard-Meßsonden zur Verfügung:

Kombinations-Meßsonde Typ BSDV zur Vorerkundung einer Kaverne mit folgenden Meßsystemen:

- Magnetsensor für Registrierung von Casing-Collar-Logs
- 2. Temperatur-Meßteil mit Thermistorenfühler
- Gammastrahlendetektor mit hochempfindlichem Szintillometer für Messung der natürlichen Radioaktivität und zur Ortung von Tracermarkierungen

Eine zusätzliche Vorrichtung zur Aufnahme einer Gammastrahlenquelle ermöglicht die Registrierung von Gamma-Gamma-Logs

- Schallgeschwindigkeits-Meßteil mit hoher Meßgenauigkeit durch neuartiges Differenz-Durchschallungsverfahren
- Neigungs-Meßteil zur Feststellung von Rohrschäden, die Abweichungen der Rohrachse von der Vertikalen zur Folge haben
- Echo-Meßteil mit Ultraschallwandlern für die echometrische Ortung von Decke und Boden der Kaverne

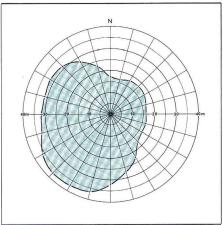
Echo-Meßsonde Typ BSD für die Kavernenmessung mit folgender technischer Ausstattung:

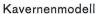
- Ultraschallsende- und Empfangsteil mit umschaltbaren Meßfrequenzen, Standardbereiche 200 – 600 – 1000 kHz.
 - Optimale Frequenzabstimmung durch Fernsteuerung
- Meßkopf mit Dreh- und Kippantrieb und eingebautem Magnetometer-Steuerkompaß für die automatische Einhaltung einer vorgegebenen Meßrichtung
- Kontrollkompaß mit Magnetnadelsystem zur Erhöhung der Sicherheit in der Richtungsorientierung
- Kreiselstabilisator zur Unterdrükkung von Eigendrehungen der am Kabel hängenden Meßsonde
- Magnetsensor (ausgeführt als Vorsatzteil) für Registrierung von Casing-Collar-Logs

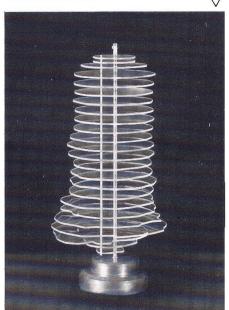
 ∇

Darstellung der Meßergebnisse

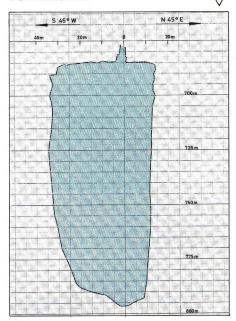
Horizontalschnitt







Vertikalschnitt



Eine Vermessung in üblicher Form erfaßt die Kaverne in 12 Vertikalschnitten, so daß alle 360°-Echogramme in 24 Schritten zu je 15° registriert werden. Wenn erforderlich, sind auch kleinere Drehschritte von z. B. 5° oder 3° ausführbar.

Der normierte Kippschritt beträgt 6°, aber auch hier sind kleinere Schritte, so z. B. 3° möglich.

Aufwärts und abwärts gerichtete Messungen können auf zwei Arten durchgeführt werden:

- 360°-Rundsichtechogramme mit einer bestimmten Kippstellung und
- 90°-Kippechogramme mit einer vorgewählten Kompaßrichtung

Messungen durch die Rohre

Unter günstigen Bedingungen lassen sich Echomessungen auch durch die Wand eines Rohrstranges erzielen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß sowohl Bündelungsschärfe als auch Reichweite sich vermindern.

In Stahlrohren muß die Richtungsbestimmung mit Magnetkompaß durch Einordnen der Echogramme in Bezug auf die Form der Horizontalschnitte ersetzt werden, sofern nicht ein Kreiselkompaßgerät verwendet wird.

Für Messungen in verrohrten Kavernen kann eine Meßausrüstung, zu der Kreiselkompaß, Sondenzentrierer und spezielle Ultraschallwandler gehören, von Hannover aus zur Verfügung gestellt werden.

Messungen in Öl

Echomessungen in mit Heiz- oder Rohöl befüllten, verrohrungsfreien Kavernen sind prinzipiell durchführbar, erfordern allerdings wegen hoher Dämpfung der Ultraschallwellen infolge der Viskosität des Öles bestimmte technische Voraussetzungen. Dazu gehören eine Erweiterung des Frequenzbereiches auch auf Werte unterhalb 200 kHz, eine beträchtliche Erhöhung

der Sendepulsleistung und Empfangsempfindlichkeit sowie die Verwendung spezieller Ultraschallwandler mit verbesserten Abstrahlungs- und Empfangseigenschaften.

Besondere Schwierigkeiten ergeben sich, wenn die Echomessungen durch die Wand eines Rohrstranges ausgeführt werden müssen. In diesem Fall können brauchbare Ergebnisse wahrscheinlich nur in einem beschränkten Umfang erzielt werden. Die maximal möglichen Reichweiten werden im wesentlichen von der Viskosität des Öles abhängen.

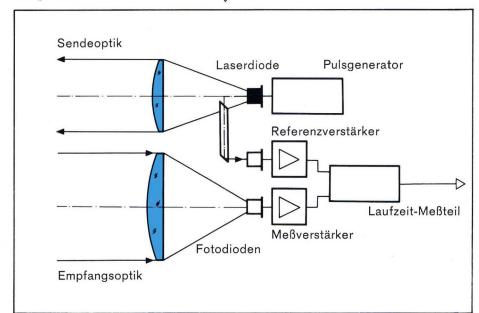
LASEF

für die Vermessung von Gasspeicherkavernen:

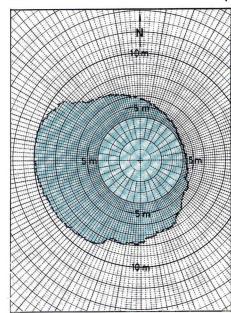
Für die Vermessung gas- oder lufterfüllter Hohlräume sind optische Verfahren vorteilhafter als akustische. Besonders günstige Voraussetzungen ergeben sich bei der Verwendung von Laserlicht, dessen scharfe Bündelung eine hohe räumliche Auflösung der Messungen ermöglicht. Aus diesem Grunde wurde von der PRAKLASEISMOS eine Laser-Meßsonde entwickelt, die vor allem für die Vermessung von Gasspeicherkavernen verwendet werden soll. Hauptbestandteil dieser Sonde ist ein Laser-Entfernungsmeßgerät, das mit Infrarotpulsen arbeitet. Die Wellenlänge liegt bei

ca. 900 nm. Die Entfernung zwischen Sonde und Hohlraumwand wird mit Hilfe von Laufzeitmessungen bestimmt. Das Lasergerät ist so aufgebaut, daß es mit dem gleichen Dreh- und Kippantrieb, wie der von Meßsonden des Echo-Logs betrieben werden kann. Auch im übrigen Aufbau und in ihrer Funktion entspricht die Laser-Meßsonde weitgehend der links abgebildeten Echo-Meßsonde.

Blockschema eines Laser-Entfernungsmeßgerätes



Beispiel für die Registrierung eines Horizontalschnittes mit Laser-Meßsonde



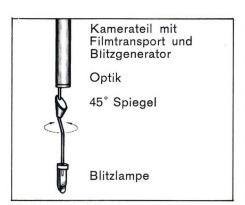
3D-FOTO-LOG

mit Stereo-Fotosonde für fotografische Aufnahmen in Rohren, offenen Bohrungen und Kavernen

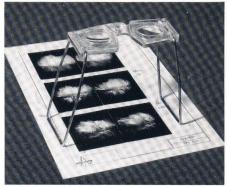
Der Meßkopf der Stereo-Fotosonde besteht aus Drehantrieb, Steuerkompaß und Fotokamera in druckfestem Gehäuse.

Für Aufnahmen in horizontaler Richtung ist unterhalb der Optik ein 45°-Spiegel angebracht, so daß sich in Verbindung mit dem Drehantrieb Bildserien aufnehmen lassen, die eine vollständige Rundsicht der Bohrung oder Kaverne wiedergeben.

Eine andere Registriermethode besteht darin, eine Horizontalrichtung vorzuwählen und dann in bestimmten



Tiefenstufen zu fotografieren. Ohne Spiegel können vertikal gerichtete Aufnahmen gemacht werden, z. B. um eine Schnittstelle oder Beschädigung des befahrenen Rohrstranges zu überprüfen.



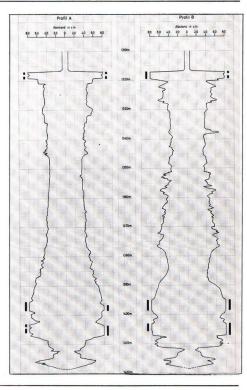
Mit der Stereo-Fotosonde können Schwarz-weiß- oder Farbaufnahmen in Gas oder ausreichend klarer Flüssigkeit registriert werden. Maximal zulässiger Außendruck ca. 200 bar. Öffnungswinkel der Kameraoptik 40°.

PROFIL-KALIBER-LOG

Ein mechanisch-elektrisches Verfahren zur Messung des Bohrlochdurchmessers mit Abtastung der Bohrlochwand durch vier Meßarme und Aufzeichnung von zwei Vertikalprofilen.

Das PROFIL-KALIBER-LOG ergänzt das ECHO-LOG in den Bereichen, in denen Wandentfernungen von weniger als 0,8 m auftreten.

Je zwei gegenüberliegende Meßarme gehören zu einem Vertikalprofil. Die registrierten Profile liegen rechtwinklig zueinander. Der maximale Ausschlag eines einzelnen Armes entspricht einem Radius von ca. 80 cm. Beispiel für die Registrierung eines PROFIL-KALIBER-LOGS in einer Kavernenbohrung In den markierten Tiefenintervallen haben die Meßarme ihren Vollausschlag erreicht, so daß hier Messungen mit dem ECHO-LOG erforderlich sind.



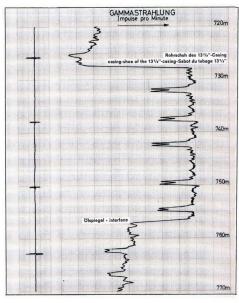
SPIEGEL-MESSUNGEN

Zur Lokalisierung der Grenzflächen Blanket/Sole während des Solprozesses beziehungsweise Speichergut/Sole während oder nach der Befüllung einer Kaverne werden Spiegelmessungen durchgeführt.

Das am häufigsten angewendete Meßverfahren ist das GAMMA-GAMMA-LOG, eine Messung rückgestreuter Gammastrahlen, die von einer Gammastrahlenquelle ausgesendet werden. Sie ist dem Prinzip nach eine Dichtemessung. Folglich erscheint im Meßdiagramm eine Grenzfläche zwischen Gas bzw. Öl und Sole als ein Intensitätssprung der registrierten Gamma-

strahlung, wobei Sole der geringeren Strahlungsintensität entspricht.

Spiegelmessungen mit dem GAMMA-GAMMA-LOG lassen sich auch bei Vorhandensein mehrerer Rohrtouren durchführen. In offenen Kavernen ist der Nachweis eines Spiegels sowohl durch den Magnetsensor des Casing-Collar-Locators als auch durch Echomessungen möglich.



Unser Meßprogramm für die Kavernenüberwachung:

ECHO-LOG

mit Ultraschall- und Laserpulstechnik zur Vermessung von Gas- und Ölspeicherkavernen. Meßsonden mit 88 mm und 65 mm Durchmesser.

2.

PROFIL-KALIBER-LOG

mit Vierarm-Meßsonde für Profildurchmesser von 10 cm bis 160 cm. Sondendurchmesser 70 mm.

3.

SPIEGELMESSUNGEN

Blanket/Sole zur Überwachung des Solprozesses sowie Speichergut/Sole während und nach Befüllung einer Kaverne. Meßsonden mit 88 mm und 42 mm Durchmesser.

4.

TEMPERATURMESSUNGEN.

Meßsonden mit 88 mm und 42 mm Durchmesser.

5.

TIEFENBESTIMMUNGEN

des Rohrschuhes nach dem Einbau einer Rohrtour sowie von Kavernendecke und -boden mit Gammastrahlen- oder Echomeßsonden. Meßsonden mit 88 mm, 51 mm und 42 mm Durchmesser.

6.

FLÜSSIGKEITS-PROBENAHMEN

mit Probenvolumen von ca. 4 Liter (Sole oder Öl). Sonden für zentrale und seitliche Entnahme. Sondendurchmesser 101 mm und 130 mm (mit seitlichem Ausleger).

7.

3 D-FOTO-LOG

mit Stereo-Fotosonde für fotografische Aufnahmen in Rohren, offenen Bohrungen und Kavernen. Sondendurchmesser 88 mm.

8.

NEIGUNGSMESSUNGEN

mit und ohne magnetischer Orientierung für Messungen in Rohren und offenen Bohrungen. Meßsonden mit 88 mm und 42 mm Durchmesser.

9.

NEUTRON-GAMMA-LOG

zur Unterscheidung zwischen Sole und noch nicht gesolten Bereichen des Salzgesteins. Anwendung in verrohrten Kavernen, die zur Salzgewinnung ausgesolt werden. Sondendurchmesser 51 mm und 42 mm.

Für das Einfahren von Meßsonden unter Druck am Kavernenkopf stehen geeignete Schleusenausrüstungen zur Verfügung.



PRAKLA-SEISMOS GMBH · HAARSTRASSE 5 · P.O.B. 4767 · D-3000 HANNOVER 1 PHONE: 8 07 21 · TELEX: 9 22 847 · CABLE: PRAKLA · GERMANY