

# Erfahrungen bei der Anwendung von Bohrlochmessungen in Untergrundgasspeichern des Aquifertyps

K. BUCKUP

Az „aquifer“-típusú felszínalatti gáztárolók felügyeleténél fellépő problémáknak kétfajta neutron-gammamérést alkalmaznak:

1. Ismételt elvégzett neutron-gamma-mérések az időbeli változási effektus felhasználásával.  
2. különböző szondahosszúság mellett felvett neutron-gamma-regisztrációk összehasonlítása a rövid szondahosszaknál jelentkező megfordulási effektus felhasználásával.

Az interpretációnál differencia vagy hányados-paramétereket alkalmaznak. A gáztelítettséget az üzemi szondák számára a lyukmérések és szonda-tesztelések komplex felhasználásával határozhatjuk meg, ahol a neutron-gamma szintet különböző lyukteltség mellett pl. a fejnyomás segítségével kell tudni befolyásolni.

Для изучения подземных газовых коллекторов водоносного типа применяются два варианта метода НГК, в зависимости от возникающих проблем:

1. Повторные замеры НГК с использованием эффекта вариации во времени;  
2. Сопоставление кривых НГК, записанных при различных длинах зондов с использованием эффекта поворота, наблюдаемого при коротких зондах.

При интерпретации используются разностные или относительные параметры. Газонасыщенность для рабочих зондов определяется с комплексным использованием результатов скважинных замеров и испытаний зондов, причем на уровень нейтронно-гамма-излучения можно оказать влияние, напр. при помощи давления на устье.

Routinemäßig werden entsprechend den Aufgaben bei der Überwachung von Untergrundgasspeichern des Aquifertypes zwei Varianten des Neutron-Gamma-Logs eingesetzt:

1. Wiederholte Durchführung von Neutron-Gamma-Messungen unter Ausnutzung des Effektes der zeitlichen Änderung.

2. Registrieren von Neutron-Gamma-Kurven mit unterschiedlichen Sondenlängen.

Die Interpretation erfolgt mit Hilfe von Differenz- oder Quotientenparametern. Die Gassättigung kann für Betriebssonden durch Komplexauswertung von Bohrlochmessung und Sondentesten bestimmt werden, wobei die Kontrollierbarkeit des Neutron-Gamma-Niveaus bei unterschiedlicher Bohrlochfüllung z. B. über den Kopfdruck möglich sein muß.

## 1. Einleitung

Der Bohrlochmessung kommt im Rahmen der Überwachung und Kontrolle von Untergrundgasspeichern des Aquifertyps immer größere Bedeutung zu. Die Problematik läßt sich etwa mit der von Gaslagerstätten vergleichen. Die Meßbedingungen sind schwierig. Die Messungen werden stets in verrohrten Sonden durchgeführt, die unter Druck stehen, das Bohrlochmedium ändert sich fortwährend und Änderungen im Speicherbereich finden periodisch entsprechend dem Ein- und Ausseisebetrieb statt.

Von der Bohrlochmessung werden qualitative als auch quantitative Aussagen erwartet, die für den Speicherbetrieb von größter Wichtigkeit sind:

1. Nachweis und Lokalisierung gasführender Intervalle und Bestimmung des Gas-Wasser-Kontaktes.

2. Verhalten gasführender Schichten bei verschiedener Fahrweise des Speichers.

3. Bestimmung der Gassättigung.

Von den Routineverfahren kann bei den herrschenden Meßbedingungen das Neutron-Gamma-Log erfolgversprechend eingesetzt werden. Das Neutron-Gamma-Log ist dabei in zwei Varianten einsetzbar:

1. Wiederholte Durchführung von Neutron-Gamma-Messungen.
2. Registrierten von Neutron-Gamma-Kurven mit unterschiedlichen Sondenlängen (Neutron-Gamma-Sondierung).

## 2. Interpretationsmethodik

Sobald man Untergrundgasspeicher in Sand-Ton-Profilen anlegt, muß damit gerechnet werden, daß die maximalen Neutron-Gamma-Intensitäten an gasführende Lagen gebunden sind und daß sich diese Werte entsprechend der Fahrweise des Speichers ändern.

Als Auswerteparameter kamen deshalb nur auf einen Bezugswert bezogene Differenzen

$$\Delta \ln \gamma = \ln \gamma_x - \ln \gamma_T$$

oder Quotienten

$$Q \overline{\ln \gamma} = \frac{\ln \gamma_x}{\ln \gamma_T}$$

in Frage.

$\ln \gamma_x$  – Neutron-Gamma-Intensität in der zu untersuchenden Schicht

$\ln \gamma_T$  – Neutron-Gamma-Intensität im Bezugshorizont

Beide Parameter sind im Falle des wassergefüllten Bohrloches in gasfreien Lagen gut miteinander korrelierbar (*Abb. 1*). Sind diese Bedingungen jedoch nicht erfüllt, geht die korrelative Verbindung verloren.

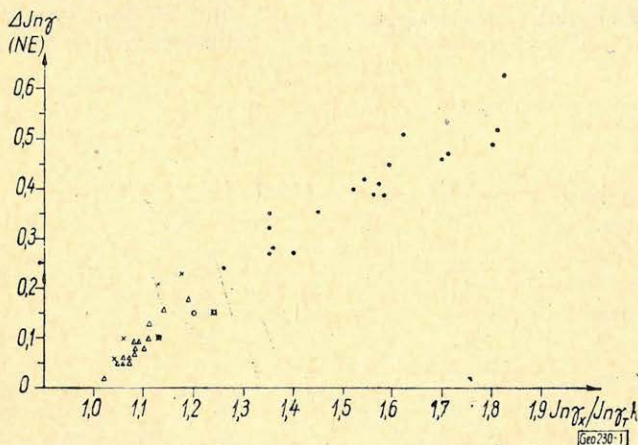


Abb. 1.  
Φuz. 1.  
1. ábra

Auf *Abbildung 1* ist für eine Struktur ein derartiger Zusammenhang gezeigt. Die unterschiedliche Symbolik wurde für Werte aus verschiedenen Bohrungen verwandt. Als Bezugswert  $\ln \gamma_T$  wurde die Intensität der Einfangstrahlung im Bereich des Rupeltones  $\ln \gamma_R$  herangezogen.

Als Kriterium der Entscheidung über die Gasführung der jeweiligen Horizonte wird die zeitliche Veränderung der Parameter angenommen.

Dazu werden die Parameter für zwei Zeitpunkte entweder direkt miteinander verglichen (*Abb. 2*) oder es werden sogenannte „Sondengeschichten“  $\Delta \ln \gamma = f(t)$  zusammengestellt (*Abb. 3*), die es zusätzlich erlauben, das zeit-

liche Verhalten der jeweiligen Schicht anschaulich zu demonstrieren. Für die Neutron-Gamma-Sondierung wird das gleiche Auswerteverfahren angewandt, nur ist hier die Entscheidung an Hand einer Messung möglich (Abb. 4).

Diese Möglichkeit ergibt sich aus der unterschiedlichen Ansprechbarkeit kurzer und langer Neutron-Gamma-Sondenlängen auf Gasführung, wobei dieser Effekt dann ausgenutzt werden kann, wenn nachweislich keine Infiltrationszone vorhanden ist. In diesem Falle liefert die lange Sondenlänge im Vergleich zur kurzen in gasführenden Bereichen höhere Intensitätswerte. Wenn der Verlauf der Kennlinie  $(\ln\gamma/\ln\gamma_T) L = 60 = f(\ln\gamma/\ln\gamma_T) L = 35$  für wasserführende Intervalle ermittelt wurde, dann liegen die Punkte aus gasführenden Zonen über der Kennlinie (Abb. 4), was eine eindeutige Ausgliederung dieser Partien zulässt.

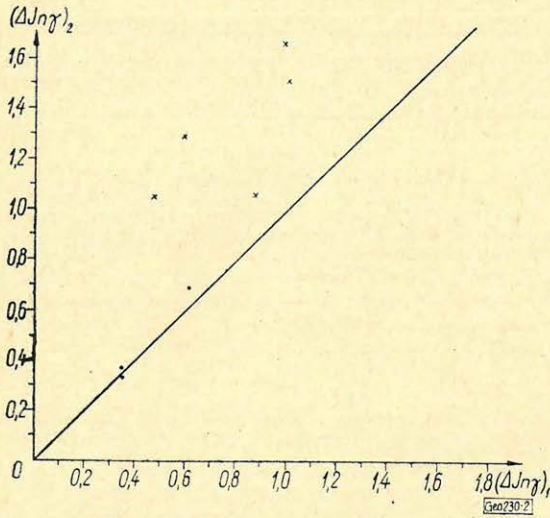


Abb. 2. ● tonige oder wasserführende  
× gasführende Intervalle

Фиг. 2. ● – глинистые или водопрводящие интервалы

× – газопроводящие интервалы

2. ábra. ● agyagos vagy vízvezető,  
× gázvezető szakaszok

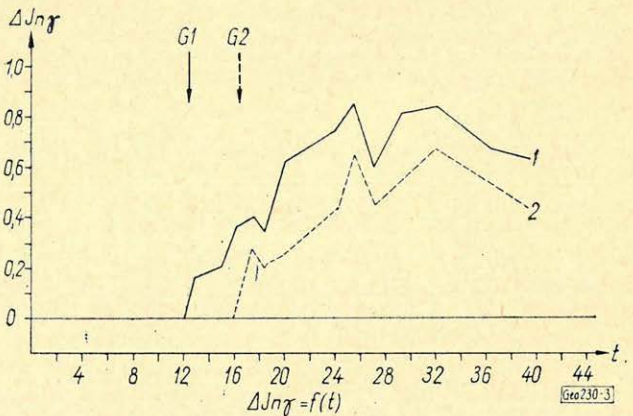
### 3. Bestimmung der Gassättigung

Eine Einschätzung der Gassättigung wird nach entsprechender Auswertung von Sondentesten erreicht.

Abb. 3. t = Monate

Фиг. 3. t – месяцы

3. ábra. t = hónapok



Bekanntlich gilt

$$\frac{K_G}{K_W} = \frac{\mu_G \cdot q_G}{\mu_W \cdot q_W} = f(S_G)$$

$\mu_G, \mu_W$  – Viskosität von Gas bzw. Wasser

$q_G, q_W$  – Beim Test anfallende Gas- bzw. Wassermengen

$K_G, K_W$  – Phasenpermeabilitäten für Gas bzw. Wasser

$S_G$  – Gassättigung

Wenn die Funktion  $K_G/K_W = f(S_G)$  für die zu untersuchende Schicht ermittelt wurde (Abb. 5), dann kann aus jedem Test ein Gassättigungswert bestimmt werden, der bei Zusammenstellung einer repräsentativen Eichkurve  $\Delta I \gamma = f(S_G)$  verwendet wird (Abb. 6. Erklärung s. weiter unten). Ein derartiges Verfahren bietet die Möglichkeit, die Bohrlocheinflüsse direkt zu berücksichtigen und zu erfassen, was bei den gewöhnlich praktizierten Modellarbeiten zur Gewinnung der Gassättigungswerte nicht gewährleistet ist, allerdings muß die Konstanz des Verrohrungs- und Bohrlochdurchmessers garantiert sein. Die zweite Bedingung, die für die Anwendung dieses Verfahrens eingehalten sein muß, ist die Kontrollierbarkeit der Neutron-Gamma-Anzeige bei verschiedener Bohrlochfüllung. Die einfachste Möglichkeit wäre die Verwendung der Kopfdricke. Ein sich abzeichnender Zusammenhang wird von der Gaszusammensetzung entscheidend beeinflußt und muß in jedem konkreten Fall einzeln bestimmt werden. In Abb. 7 ist ein solcher Zusammenhang dargestellt.

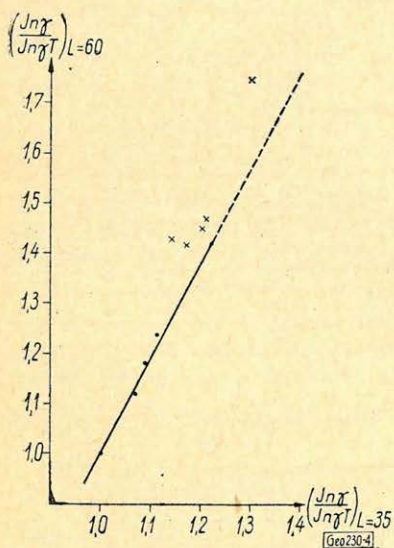


Abb. 4. ● tonige oder wasserführende  
× gasführende Intervalle

Фиг. 4. ● – глинистые или водон-  
проводящие интервалы  
× – газопроводящие  
интервалы

4. ábra. ● agyagos vagy vízvezető,  
× gázvezető szakaszok

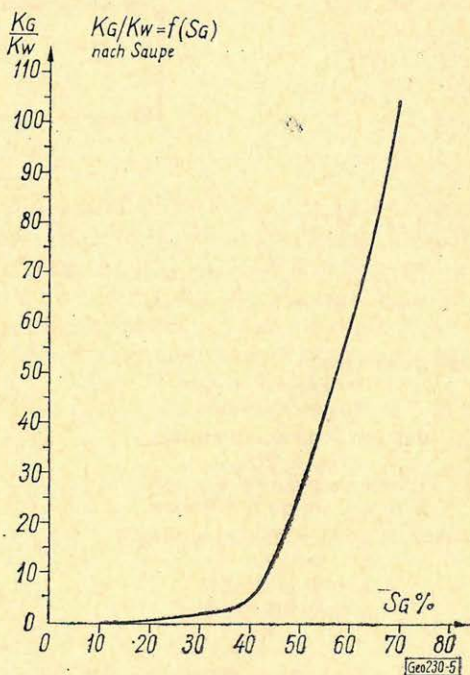


Abb. 5.

Фиг. 5.

5. ábra

Für Betriebssonden, die im interessierenden Horizont geöffnet sind, wurden für folgende konkrete Bedingungen die Abhängigkeit der Neutron-Gamma-Intensität von der Gassättigung bestimmt:

1. Bohrloch trocken, zementierte und perforierte Verrohrung 6 5/8", Steigrohre 3 1/2" und geschlitzter Liner

2. Durchmesser der Meßsonde 50 mm, 1 Zählrohr SI-4G mit Cd-Umhüllung, Spacing  $L = 60$  cm

3. Sandspeicher, Porosität Kurve 1 25%  
Kurve 2 30% (Abb. 6).

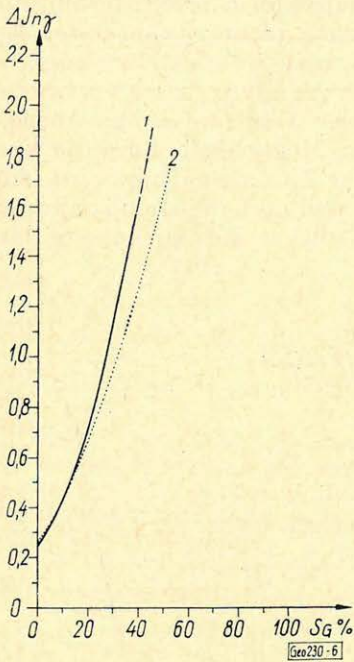


Abb. 6. Eichkurve  $\Delta In\gamma = f(S_G)$

- 1 Geringere Porosität
- 2 Höhere Porosität

Фиг. 6. Эталонная кривая  $\Delta In\gamma = f(S_G)$

- 1 пониженная пористость
- 2 повышенная пористость

6. ábra. A  $\Delta In\gamma = f(S_G)$  kalibrálási görbe

- 1 kisebb porozitás
- 2 nagyobb porozitás

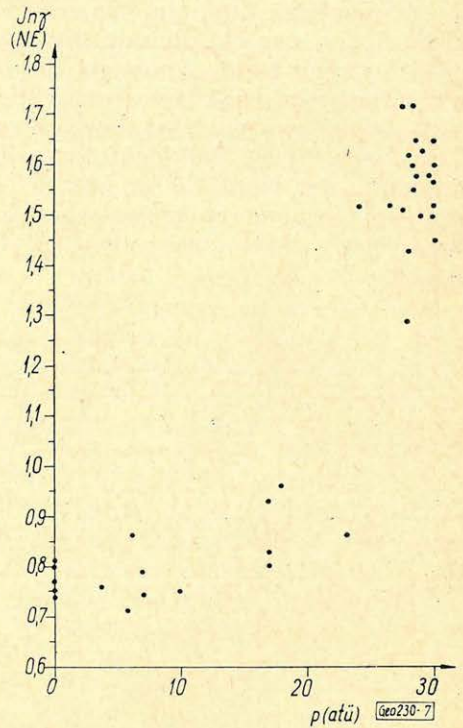


Abb. 7.  $In\gamma$ -Niveau bei unterschiedlichem Kopfdruck.

Фиг. 7. Уровень  $In\gamma$  при различных давлениях на устье

7. ábra.  $In\gamma$ -szint különböző fejtnyomásoknál.

Die Funktion wurde in der Form  $\Delta In\gamma = f(S_G)$  ermittelt. Wie erwartet, liegt die Abhängigkeit bei höherer Porosität unter der Kurve für geringere Porosität. Auffällig ist die Steilheit beider Kurven, hier macht sich der Einfluß der Bohrlochkonstruktion bemerkbar. Im vorliegenden Fall wirkt dieser Faktor begünstigend, da er die Steilheit vergrößert und damit die Genauigkeitsforderungen an die Ausgangssättigung vermindert. Der relative Fehler bei der Bestimmung der Gassättigung liegt bei Anwendung der beschriebenen Verfahren unter 15%. Der Fehler summiert sich aus dem Meßfehler, aus dem Fehler der Abhängigkeit  $K_G/K_W = f(S_G)$ , die unbedingt am Modell des entsprechenden Horizontes gewonnen werden muß, dazu kommt der Fehler aus dem Test, der auch die Größe des Gesamtfehlers bestimmt, da trotz größter Sorgfältigkeit

nicht alle Faktoren erfaßt werden können, die sich auf das Testergebnis auswirken. Eine Verringerung des Fehlers wird in erster Linie erreicht, wenn die Genauigkeit des Testes verbessert werden kann.

#### LITERATUR

*Dachnow, W. N., Cholín, A. J., Pestrikow, A. S., Galuso, J. W.*: u. a. Anwendung der Methoden der Bohrlochmessung bei der Untersuchung gasführender Speicher Moskau 1962.

*Saupe, H.*: Grundlagen zur gasdynamischen Erkundung (Forschungsthema), Gommern 1967 (unveröffentlicht). Berichte zu Neutron-Gamma-Messungen 1965, 1966, 1967, 1968 (unveröffentlicht).

BUDAY TIBOR

1900 – 1969

Egyesületünk egyik alapító tagja távozott el közülünk május hó végén: Buday Tibor. Eredetileg mérnöknek készült, de az irodalom iránti érdeklődése a hírlapírói pályára sodorta. Sokáig mint lapszerkesztő működött. 1952-ben a Geofizikai Intézet Egyeztető Osztályának munkatársa lett és hosszabb időn át szerkesztette a Geofizikai Közleményeket, mint technikai szerkesztő. Részt vett a Magyar Geofizika alapításában is és tevékenyen közreműködött a kezdeti nehézségek elhárításában.

Emlékét kegyelettel megőrizzük.