

Werk

Jahr: 1957

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:23

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0023

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0023

LOG Id: LOG_0040

LOG Titel: Die seismische Bestimmung der Grundwassertiefe

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Die seismische Bestimmung der Grundwassertiefe

Von P. Broße, Hannover ¹⁾

Zusammenfassung: Bei seismischen Vermessungsarbeiten in einer Erdölkonzession im Oberrheintalgraben wurden an über 400 Meßpunkten aus der seismisch gemessenen "Aufzeit" und der Bohrtiefe die Grundwassertiefen berechnet. Aus der Gestaltung der Grundwasseroberfläche lassen sich Schlüsse auf das Vorhandensein und den Verlauf von Grundwasserströmen ziehen.

Abstract: On the occasion of a seismic survey in a petroleum concession in the Upper Rhine Valley graben, at more than 400 measuring points the ground-water levels were calculated from the seismically recorded uphole time and the drilling depth. From the condition of the ground-water surface conclusions can be drawn with regard to the presence and the course of ground-water currents.

Im Rahmen einer seismischen Untersuchung im Oberrheintal wurden Sprengladungen in Bohrlöchern von 10-12 m Tiefe zur Detonation gebracht. Bei jedem Schuß wurde die Aufzeit, d.h. die Zeit gemessen, die der Schall zum Durchlaufen der Schicht zwischen Bohrlochsohle und Erdoberfläche braucht. Hierbei wurden erhebliche Unterschiede in der Größe der Aufzeiten innerhalb des Meßgebiets festgestellt. So variierten bei 10 m Bohrtiefe die Aufzeiten zwischen 10 und 24 Millisekunden. Da das Material der durchbohrten Schichten allgemein aus sandigem Kies besteht – nur vereinzelt wurden in der Nähe der Erdoberfläche tonige Schichten geringer Mächtigkeit angetroffen – konnte nur der verschiedene Wassergehalt des Materials die großen Unterschiede der Schallgeschwindigkeit des Bodens verursachen.

Rückschließend wird in folgendem aus der Größe der Aufzeiten und der Bohrtiefe an den einzelnen Meßpunkten die Tiefe des Grundwassers berechnet. Aus dem Verlauf des Grundwasserspiegels wurden dann Schlüsse auf die Richtung der Grundwasserströme gezogen.

Das Meßgebiet umfaßt eine Fläche von rund 100 qkm und liegt etwa in der Mitte zwischen den Städten Karlsruhe und Speyer auf dem rechten Rheinufer in der Höhe von Germersheim. Ungefähr 10 km ostwärts des Meßgebiets beginnen die Höhen des Kraichgaus.

¹⁾ Dr. Paul Broße in Firma: PRAKLA Gesellschaft für praktische Lagerstättenforschung, Hannover, Haarstr. 5.

Die Abbildung 1 zeigt die Oberflächengestaltung des Untersuchungsgebiets: der Rhein bildet die Westgrenze, daran schließt sich die Talaue, die schwach nach Norden einfällt. Nach Osten zu wird die Talaue von einem Steilhang begrenzt. Die Terasse oberhalb des Steilhangs liegt im Norden 6, im Süden 10 m über der Talaue.

Zur Berechnung der Grundwassertiefen standen über 400 Meßpunkte zur Verfügung. Relativ wenig Meßpunkte liegen in einem 2-3 km breiten Streifen am Rhein. Das übrige Gebiet ist annähernd gleichmäßig mit Meßpunkten besetzt.

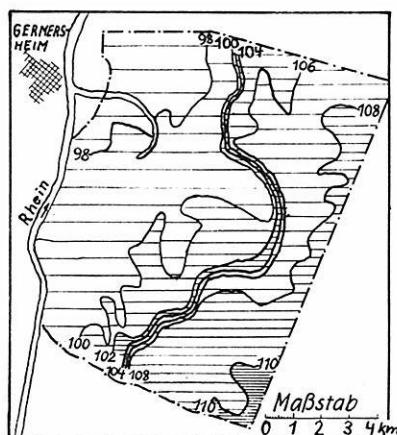


Abb. 1: Höhe des Geländes über NN

Die Meßmethode

Die Berechnung der Grundwassertiefe aus Bohrtiefe und Aufzeit ist nur möglich, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Das durchbohrte Material ist innerhalb des Meßgebiets einheitlich und wasserdurchlässig.
2. Die Schallgeschwindigkeit des Materials ist in trockenem Zustand die gleiche, wie bei einer gewissen Durchfeuchtung. Sie ändert sich erst sprunghaft bei vollständiger Sättigung mit Wasser.

Die Voraussetzungen unter 1. dürften erfüllt sein, da in allen Bohrungen sandiger Kies angetroffen wurde. Die in wenigen Bohrungen in der Talaue festgestellten dünnen Schichten mit tonigem Kies beeinträchtigen die Geschwindigkeit der Bodenschicht oberhalb des Grundwassers vermutlich nur wenig. Jedenfalls spielen diese wegen ihrer Seltenheit nur eine untergeordnete Rolle bei der Gesamtbetrachtung.

Hinsichtlich der Voraussetzungen unter 2. kann auf Untersuchungen von Wyllie u. a. [1] hingewiesen werden, bei denen die Schallgeschwindigkeit verschiedener Sandsteine in Abhängigkeit vom Wassergehalt experimentell bestimmt wurde. Hiernach zeigte ein Sandstein mit 21.7% Porenvolumen und einem Wassergehalt bis zu 70% eine nahezu konstante Geschwindigkeit von 1750 m/s, die bei weiterer Zunahme des Wassergehalts zunächst langsam, bei 85% sprunghaft anstieg und bei 100% Wassergehalt 2500 m/s erreichte.

Bei einem Sandstein von 29.9% Porenvolumen lag die Geschwindigkeit bis zu einem Wassergehalt von 98% bei 1700 m/s, um dann plötzlich auf 2300 m/s anzusteigen.

Auf den vorliegenden Fall übertragen, bedeutet das, daß eine gewisse Durchfeuchtung des Bodens kaum einen Einfluß auf die Schallgeschwindigkeit hat. Oberhalb des Grundwasserspiegels kann daher mit einer Geschwindigkeit gerechnet werden, die unabhängig von dem örtlich verschiedenen Wassergehalt ist. Erst unterhalb des Grundwasserspiegels muß mit einer höheren, aber im ganzen Gebiet gleichbleibenden Geschwindigkeit gerechnet werden.

Die Größe der im Meßgebiet zu erwartenden Geschwindigkeiten ist von denen, die im Sandstein gemessen wurden, allerdings wesentlich verschieden.

Für lockeres Material gibt Jung [2] folgende Geschwindigkeitswerte an:

trockener Sand, Löß, Verwitterungsboden	300 bis 800 m/s
nasser Sand und Löß	1000 bis 1300 m/s

Nach dem Gesagten scheint es daher gerechtfertigt, für die folgenden Berechnungen anzunehmen, daß dem Bodenmaterial oberhalb des Grundwasserspiegels eine bestimmte Geschwindigkeit zukommt unabhängig von der örtlich wechselnden Durchfeuchtung. Bei vollständiger Wassersättigung, d.h. unterhalb des Grundwasserspiegels hat das gleiche Material eine zweite, wohl definierte Geschwindigkeit.

Unter diesen Voraussetzungen erfolgte die Bestimmung der Grundwassertiefe auf folgende Weise (Abb. 2):

Die Sprengladung S befindet sich auf der Bohrlochsohle, in der Tiefe h unterhalb der Erdoberfläche. Der durch den Schuß ausgelöste Impuls durchläuft die Strecke h in t Sekunden (Aufzeit). Die Tiefe des Grundwassers unter der Erdoberfläche sei h_1 . Ferner sei v_1 die Schallgeschwindigkeit des Bodenmaterials oberhalb, und v_2 die entsprechende unterhalb des Grundwasserspiegels. Es gelten dann die folgenden Beziehungen:

$$(1) \quad \frac{h_1}{v_1} + \frac{h - h_1}{v_2} = t$$

Wird die Gleichung nach h_1 aufgelöst, so ist:

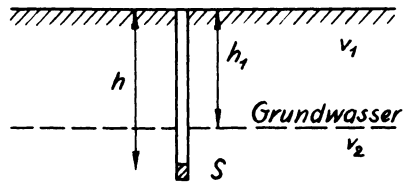


Abb. 2: Zur Berechnung der Grundwassertiefe

$$(2) \quad h_1 = (t \cdot v_2 - h) \frac{v_1}{v_2 - v_1}$$

Sind die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 bekannt, so kann aus Gleichung (2) für jeden Meßpunkt die Grundwassertiefe h_1 berechnet werden. Für die Berechnung der Geschwindigkeiten v_1 und v_2 wurden die Meßdaten von vier Meßpunkten verwandt, in deren unmittelbarer Nähe Kontrollbrunnen vorhanden sind. Für diese Meßpunkte war die Grundwassertiefe daher bekannt [3], so daß zur Bestimmung der Geschwindigkeiten vier Gleichungen mit zwei Unbekannten zur Verfügung standen. Nebenbei sei bemerkt, daß der Grundwasserspiegel an diesen Kontrollbrunnen innerhalb der dreimonatigen Meßzeit nur um 20–30 cm schwankte.

Im Mittel ergaben sich folgende Werte für die Geschwindigkeiten:

$$v_1 = 380 \text{ m/s} \quad \text{und} \quad v_2 = 1000 \text{ m/s}$$

Diese Werte liegen also an der unteren Grenze der von Jung angegebenen Werte für Sand.

Mit diesen Geschwindigkeiten wurde für jeden Meßpunkt die Grundwassertiefe nach Gleichung (2) bestimmt und in einen Lageplan eingetragen. Das Zeichnen von Linien gleicher Grundwassertiefe stieß auf keine Schwierigkeiten. Von den über 400 Meßwerten fügten sich nur 12 in das allgemeine Bild nicht ein. Hieraus kann geschlossen werden, daß die errechneten Geschwindigkeiten tatsächlich für das ganze Meßgebiet Gültigkeit haben.

Die Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Grundwassertiefe im Meßgebiet. Wäre der Grundwasserspiegel eine horizontale Fläche, so müßten die Tiefenlinien des Grundwassers parallel zu den Höhenlinien der Erdoberfläche in Abb. 1 verlaufen. Der Terrassenrand, der in Abb. 1 deutlich durch Drängung der Höhenlinien hervortritt, ist auch in Abb. 3 als Sprung in der Grundwassertiefe zu erkennen. Betrachtet man aber jede Terrasse für sich, dann zeigen die Abbildungen 1 und 3 keinerlei Parallelität im Linienverlauf.

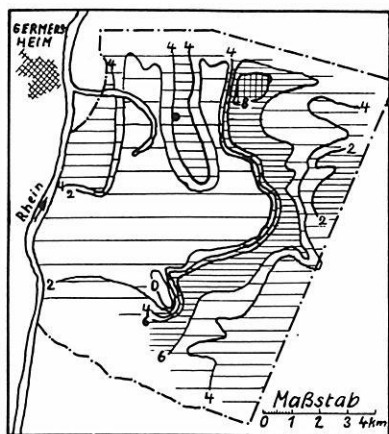


Abb. 3: Tiefe des Grundwassers unter der Erdoberfläche

Die Talaue ist eine wenig gegliederte Ebene, die schwach nach Nordwesten einfällt. Abb. 4 zeigt dagegen im mittleren Teil der Talaue ein

Gebiet hoher Grundwasserstände. Nach Süden nimmt die Grundwassertiefe zu, wobei hier allerdings der Verlauf der Tiefenlinien nicht sicher ist. Im Norden zeichnen sich deutlich zwei Senken des Grundwasserspiegels ab mit Grundwassertiefen bis zu 5 Metern. Auch auf der Hochterrasse ist kein paralleler Linienverlauf der Abbildungen 1 und 3 zu erkennen. Während das Gelände von Nordwesten nach Südosten um 6 m ansteigt, finden sich die größten Tiefen des Grundwassers gerade im Nordwesten. Nach Osten zu steigt der Grundwasserspiegel in unregelmäßiger Weise an.

Noch deutlicher zeigt Abb. 4 das starke Relief des Grundwasserspiegels. Da in dieser Abbildung die Grundwasserstände auf NN bezogen sind, ist die Darstellung unabhängig von den Unebenheiten der Erdoberfläche. Generell fällt die Grundwasseroberfläche nach Nordwesten ein. Um dieses Gefälle aufrecht zu erhalten, muß eine Grundwasserströmung in dieser Richtung vorhanden sein. Dieser Grundwasserfluß erfolgt hierbei jedoch nicht gleichmäßig über die ganze Fläche hinweg, sondern in einzelnen Senken, die in der Abb. 4 als Verbiegungen der Höhenlinien erscheinen.

Jede dieser Senken muß durch einen eigenen Grundwasserstrom entwässert werden. Diese Grundwasserströme wurden in der Länge, in der sie verfolgt werden konnten, durch Pfeile gekennzeichnet. Im Nordosten des Meßraums lassen sich mehrere Grundwasserströme verfolgen, die etwa nach Westen gerichtet sind und in einen Hauptstrom einmünden, der etwa parallel zum Rhein verläuft. Weiter südlich ist im Ostteil des Meßgebiets ein weiterer Weststrom vorhanden, der aber nicht in den genannten Hauptstrom einmündet, der etwa parallel zum Rhein verläuft. Weiter südlich ist im Ostteil des Meßgebiets ein weiterer Weststrom vorhanden, der aber nicht in den genannten Hauptstrom mündet, sondern vermutlich erst in der Nähe des Rheins nach Nordwesten abbiegt.

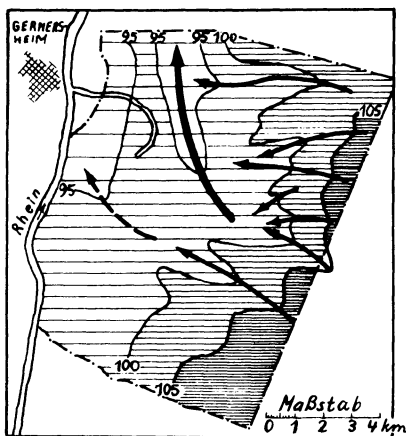


Abb. 4: Höhe des Grundwassers über NN

Literatur

- [1] Wyllie, M.R.J.; Gregory, A.H. und Gardner, L.W.: Geschwindigkeiten elastischer Wellen in heterogenen und porösen Medien. Geophysics 1956 Nr. 1.
- [2] Jung, Karl: Angewandte Geophysik. 1948.
- [3] Landesanstalt für Gewässerkunde, Karlsruhe: Mündliche Mitteilung der Meßdaten von Kontrollbrunnen.