

Dipl.-Math.

Schelkes:

Referat: Bewegung des Grundwassers

Bewegung des Grundwassers

Ein wesentliches Ziel des "Hydrogeologischen Untersuchungsprogrammes" ist die Bestimmung der natürlichen Grundwasserbewegung in der Umgebung des Salzstockes Gorleben. Da genaue Aussagen dazu erst möglich sind, wenn das entsprechende Datenmaterial vorliegt, ist zum jetzigen Zeitpunkt die Anzahl der Ergebnisse noch relativ klein. Methodik und Ziele können aber schon dargelegt werden.

Bisher konnten im Rahmen wasserwirtschaftlicher Planung nur Aussagen zum großräumigen Fließverhalten aufgrund der wenigen vorliegenden Bohrungen gemacht werden. Inzwischen liegen wenigstens für den direkten Salzstockbereich Einmessungen der Höhenlagen eines Großteils der neuen Meßstellen auf NN vor. Damit können für dieses Gebiet Spiegelpläne - d.h. Höhenlinienpläne des Grundwasserstandes - erstellt werden. Da der Meßdienst für viele Meßstellen erst seit kurzem durchgeführt wird, sind Aussagen über langzeitiges Fließverhalten noch nicht möglich.

Abb.1

Abbildung 1 zeigt einen Spiegelplan, der auf den Grundwasserstandsmessungen des Monats März basiert. Da im wesentlichen Meßstellen, die in den oberen sandigen Schichten bis etwa 25m unter Gelände stehen, berücksichtigt wurden, zeigt sich das Fließverhalten des oberflächennahen Grundwassers. Die Zahlen bezeichnen die Grundwasserstandshöhenlinien über NN. Dabei sind die durchgezogenen Linien durch Einmessungen der Meßpunkthöhenlagen abgesichert. Für die gestrichelten Linien wurden geschätzte Geländehöhen verwendet. Sie sind daher mit Vorsicht zu interpretieren.

Das hier erkennbare Fließverhalten wird durch die Grundwasserneubildung durch Niederschlag bestimmt, die im Bereich der Gartower Tannen bei durchschnittlich 100 mm/a liegt. Aus den Neubildungsgebieten mit Grundwasserstandshöhen bis etwa 23m über NN fließt ein oberflächennaher Grundwasserstrom ab. Zur Verdeutlichung sind zwei Fließrichtungen dieses oberflächennahen Grundwassers im Gebiet über dem Salzstock gezeigt. Die eine

verläuft in nördlicher Richtung in den Bereich der Elbe- und Seegeniederungen, die zweite in nordwestlicher Richtung in den Bereich des Naturschutzgebietes Lucie sowie die Niederungen des Dannenberger Landgrabens. Bei dieser Verteilung der Grundwasserhöhenlinien sowie unter der Annahme, daß sandige Schichten vorliegen, lassen sich die Geschwindigkeiten des oberflächennahen Grundwassers schon jetzt mit ca. 10 - 15 m/a abschätzen. Wenn demnächst die restlichen Höheneinmessungen sowie längerfristige Beobachtungen der Grundwasserstände vorliegen, werden verlässliche Aussagen über die oberflächennahe Grundwasserbewegung im gesamten Untersuchungsgebiet möglich sein.

Völlig offen ist dabei im Augenblick, wie tief die Grundwasserbewegung in den Untergrund eingreift und wie sie sich mit der Tiefe verändert. Wegen der Wichtigkeit dieser Frage sollen daher zum besseren Verständnis einige grundlegende Bemerkungen zur Grundwasserbewegung angeschlossen werden, die in Abbildung 2 graphisch dargestellt sind.

Abb. 2

Dabei sind die Angaben in Abbildung 2 nicht maßstabsgerecht und nur prinzipiell. Die Längserstreckung wurde gestaucht und der Tiefenmaßstab über und unter NN verschieden angesetzt.

Die Abwechselung von Hochlagen und Niederungen im Untersuchungsgebiet mit Höhenunterschieden von 10-15 m bestimmt wesentlich den Grundwasserfluß. Denn die Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt zu einer Aufwölbung des Grundwasserspiegels unter den höher gelegenen Landschaftsteilen. Daher liegt im Untergrund unter den Hochlagen ein höherer Wasserdruck als unter den Niederungen. Das Wasser ist bestrebt einen Druckausgleich zu schaffen und beginnt zu fließen. Der Druckunterschied setzt so eine Grundwasserbewegung aus den Hochlagen zu den Niederungen in Gang (Pfeile). Langfristig stellt sich dabei ein in etwa zeitunabhängiges Gleichgewicht zwischen "Grundwasserneubildung in den Hochlagen" und "Grundwasserabfluß in die Täler" ein.

Die Eindringtiefe ist besonders von der geologischen Schichtenverteilung mit ihren Durchlässigkeiten abhängig. Tonlagen hemmen die Bewegung in die Tiefe und lassen den Grundwasserstrom vor allem darüber ablaufen. Mächtige sandige Schichten gestatten das Eindringen bis in größere Tiefen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die wesentlich durch den Salzgehalt des Grundwassers bestimmte Dichteschichtung im Grundwasser, wobei die Zunahme der Dichte hemmend auf die Grundwasserbewegung wirkt.

Das unter den Hochlagen in den Untergrund eindringende Süßwasser erniedrigt dort die Temperaturen und Salzgehalte. Im weiteren Verlauf nimmt das Wasser Salz auf und erwärmt sich, so daß im Aufstromgebiet Temperaturen und Salzgehalte erhöht sind (siehe Abb.2) und Bewegungsvorgänge sich daraus ableiten lassen.

Die Grunddaten, die Informationen für die Grundwasserbewegung liefern, sowie ihre Meßmethoden sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt und sollen kurz kommentiert werden.

Tabelle

Die Einmessung der Lage der ca. 300 Meßpunkte ist im Gange. Bisher vorliegende Daten gingen in den Spiegelplan ein.

Die bodenphysikalischen Untersuchungen zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag, die für das Fließverhalten wichtig sind, wurden abgeschlossen. Die Abflußmessungen in Oberflächen-gewässern sind jedoch noch nicht erfolgt.

Auf die geologische Schichtenverteilung, die durch Aufschlußbohrungen in Verbindung mit geophysikalischen Bohrlochvermessungen und geoelektrischen Messungen bestimmt wird, sowie die damit verbundenen Durchlässigkeiten ist bereits im Vortrag über die Grundwasserstockwerke eingegangen worden. Vor allem fehlen hier noch neben weiteren Durchlässigkeitsmessungen an Proben großräumige Werte, die durch Langzeitpumpversuche gewonnen werden.

Labormessungen und Interpretation geophysikalischer Bohrlochvermessungen werden die schichtspezifische Größe Porosität liefern, die für die Größe der Geschwindigkeit wichtig ist.

Die Verteilung des Wasserdrucks ist bei gleichzeitiger Beachtung der Dichteschichtung ausschlaggebend für die Bewegung des Grundwassers. Die Messung erfolgt in den bereits genannten Pegeln, die den Wasserdruck an ca. 100 Orten in verschiedenen Tiefen anzeigen. Verschieden hoher Salzgehalt erschwert dabei die Bestimmung und ist zu berücksichtigen.

Die Temperaturverteilung hat einen vergleichsweise geringen Einfluß auf das Fließverhalten. Sehr wichtig hingegen ist der Salzgehalt und die im wesentlichen damit gekoppelte Dichte des Wassers im Untersuchungsgebiet. Genaue Aussagen über Bewegungsvorgänge im tiefen Untergrund sind nur unter Berücksichtigung dieser Größe zu erhalten. Es hat sich gezeigt, daß vor allem über dem Salzstock hochsalziges Wasser das Süßwasser aufgrund seiner Schwere unterlagert und zusätzlich zur geologischen Schichtenverteilung eine Barriere für eine tiefgreifende Bewegung des Grundwassers liefert. Auf die Auswertung von Salzgehalt und Temperatur im Hinblick auf Strömungsvorgänge wurde in vorhergehenden Vorträgen eingegangen.

Erste Laborergebnisse zum Alter und Chemismus der Wässer liegen vor. Es kann hieraus der Schluß gezogen werden, daß sich das stark versalzene Grundwasser im Bereich der Rinne über dem Salzstock kaum bewegt. Das geht aus den gemessenen Altern von mehreren 10000 Jahren hervor. Weitere Aufschlüsse über die Grundwasserbewegung gerade im tiefen Untergrund werden möglicherweise Messungen der Strömungsgeschwindigkeiten im Bohrloch liefern.

Neben direkten Strömungsmessungen und den angesprochenen qualitativen Auswertemöglichkeiten liefern vor allem die Wasserdrucke in Verbindung mit den Dichten des Wassers Aussagen zum Fließverhalten.

Als Beispiel dafür sind in Abbildung 3 die Spiegelschwankungen von Pegeln der Pegelgruppe 10 (18,6m ü. NN), die untereinander in verschiedenen Tiefen ausgefiltert sind, dargestellt. Pegel 11 - ausgefiltert in 10m unter Gelände - und Pegel 12 - ausgefiltert in 43m u.G. - sind gefüllt mit Süßwasser. Pegel 13, der in 120m u. G. ausgefiltert ist, enthält salziges Wasser aus einem tiefliegenden Grundwasserleiter.

Abbildung 3

Obwohl sie in verschiedenen Wasserleitern stehen, zeigen die einander ähnlichen Kurvenverläufe, daß hier ein guter Kontakt zwischen den Wasserleitern besteht. Druckänderungen im obersten Grundwasserleiter (Pegel 11) lassen sich auch in den beiden anderen verfolgen.

Genaue Bestimmungen der Grundwassergeschwindigkeiten sind mit Hilfe dieser Spiegelmessungen möglich. So liegen die Spiegelstände des Pegels 12 immer über denen des Pegels 11 - bis auf Januar 80. Der Wasserdruck in der Tiefe von 25m unter NN ist also höher als in der Tiefe von 8m über NN. Daher liegt eine Aufwärtsbewegung des Grundwassers vor. Sind demnächst die Durchlässigkeiten und Porositäten der dazwischenliegenden Schichten bekannt, kann auch die Größe berechnet werden.

Den Einfluß des Salzgehaltes zeigt nun das Verhalten der Pegel 12 und 13. Da im Pegel 13 leicht versalzenes Wasser aus etwa 100m unter NN steht, hat dieses eine größere Dichte und ist schwerer. So kann der Druck größer, jedoch die Wassersäule geringer sein. Es läßt sich also nicht direkt auf eine Auf- oder Abwärtsbewegung schließen. Außerdem fängt hier die Zunahme des Salzgehaltes im Grundwasser außerhalb des Pegels an, eine Rolle zu spielen. Auf die Bestimmung dieser Salzgehaltsprofile wurde in einem anderen Vortrag eingegangen. Genaue Auswertungen sind noch nicht möglich. Ferner werden mit der weiteren Zunahme des Salzgehaltes die Auswerteprobleme größer.

Ähnlich werden auch Spiegelschwankungen von Pegeln, die in gleichen Tiefen oder Grundwasserstockwerken liegen, ausgewertet. Schließlich soll ein Bild von Richtungen und Beträgen der Geschwindigkeiten in verschiedenen Tiefen oder Wasserleitern - soweit es die Fehlergrenzen der Meßwerte zulassen - für das gesamte Untersuchungsgebiet vorliegen.

Dem gleichen Zweck dient die Entwicklung eines geohydraulischen Modells, bei dem die Bedingungen, die im Untersuchungsgebiet vorliegen, in Großrechenanlagen simuliert werden. Mit der Entwicklung dieses Modells konnte begonnen werden.

In Abbildung 4 ist das Modellgebiet dargestellt mit seinen Abgrenzungen, die zumeist aus den Niederungen gebildet werden, die um die Hochlagen im Bereich des Salzstockes liegen. Das Modellgebiet ist in ca. 380 Teilgebiete unterteilt, für die

alle einflußnehmenden Faktoren angegeben werden müssen. Technische Details sollen hier nicht näher erläutert werden.

Abbildung 4

Für jedes dieser Teilgebiete konnte bisher zum einen die Basis des tiefsten Grundwasserleiters festgelegt werden, der zumeist durch die Braunkohlensande des Tertiärs gebildet wird, im Bereich des Salzstockes selbst jedoch auch aus quartären Sanden bestehen kann. Zum zweiten wurde die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen für das Modellgebiet bestimmt (siehe Abbildung 5). Neben den Gebieten mit durchschnittlicher Neubildung von 100 mm/a im Bereich der Gartower Tannen sind die Gebiete der höchsten Neubildung mit 180 mm/a auf den Brandflächen des Trebeler Forstes zu erkennen. In den Niederungen ist die Neubildung negativ, d.h. es wird zusätzlich Grundwasser entzogen. Das Verhalten der Grundwasserneubildung aus Niederschlag und die Verteilung der Grundwasserhöhenlinien aus Abbildung 1 stimmen übrigens recht gut überein.

Abbildung 5

Dieses Modell wird eine Näherung an die wahren Verhältnisse, da es z.B. den Salzgehalt des Wassers nicht berücksichtigt. Ziel der Modellvorstellungen ist schließlich die Beschreibung der Vorgänge im Grundwasser unter Berücksichtigung aller einflußnehmenden Faktoren.

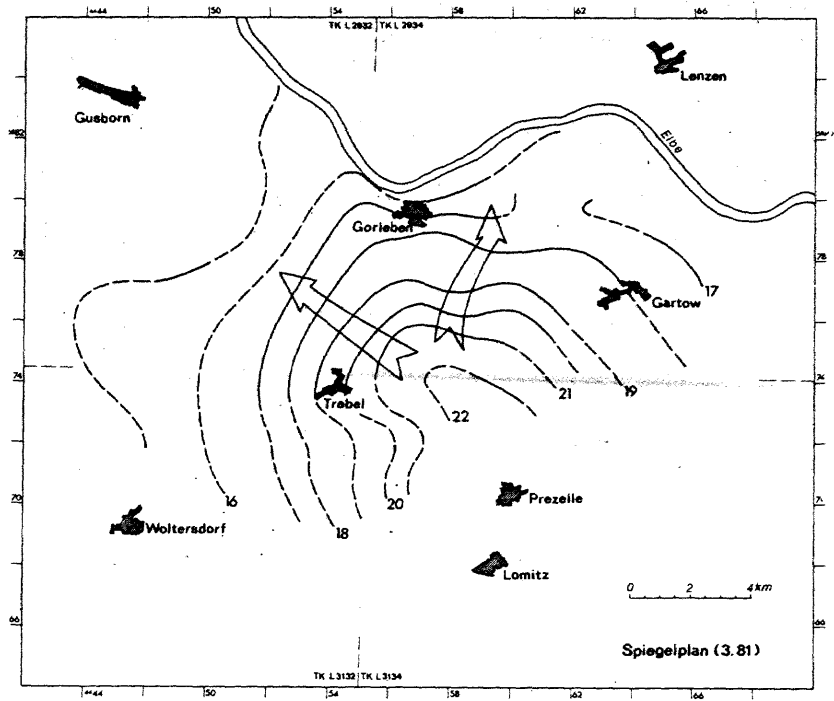


Abb. 1 Spiegelplan für März 1981

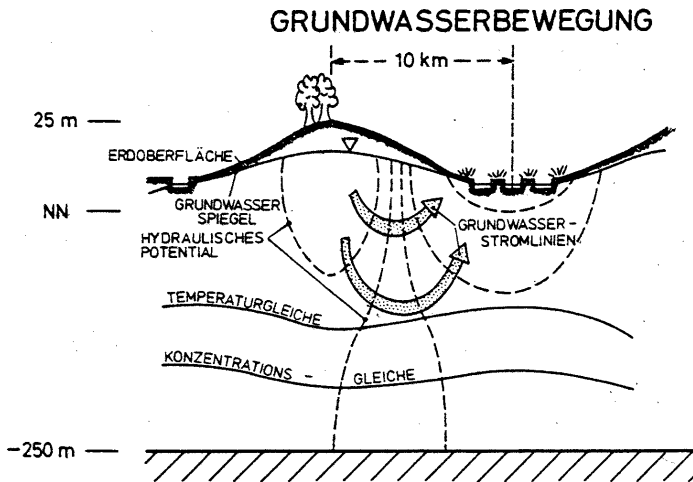


Abb. 2 Schematische Darstellung der Grundwasserbewegung

GRUNDWASSERBEWEGUNG

GRUNDDATEN	MESSMETHODEN
Höhen und Koordinaten der Meßpunkte	1 Landvermessung
Grundwasserneubildung	2 Bodenphysikalische Untersuchungen
Wasserzuflüsse und -verluste	3 Abflußmessungen in Oberflächengewässern
Verteilung und Art der Sedimente	4 Geologische Auswertung der Aufschlußbohrungen Geoelektrik Geophysikalische Bohrlochvermessungen
Durchlässigkeiten der Sedimente	5 Labormessungen an Proben Pumpversuche
Porositäten der Sedimente	6 Labormessungen an Proben Geophysikalische Bohrlochvermessungen
Druckverteilung im Grundwasser	7 Grundwasserspiegel Geophysikalische Messungen } in Peilrohren
Temperaturverteilung im Sedimentraum	8 Temperaturmessungen in Bohrungen
Salzgehalte und Dichten des Wassers	9 Probenanalysen Geophysikalische Bohrlochvermessungen
Alter und Chemismus der Wässer	10 Labormessungen an Proben
Grundwasserfließgeschwindigkeiten	11 Tracerversuche in Bohrlöchern

Tabelle Grundwasserbewegung : Grunddaten - Meßmethoden

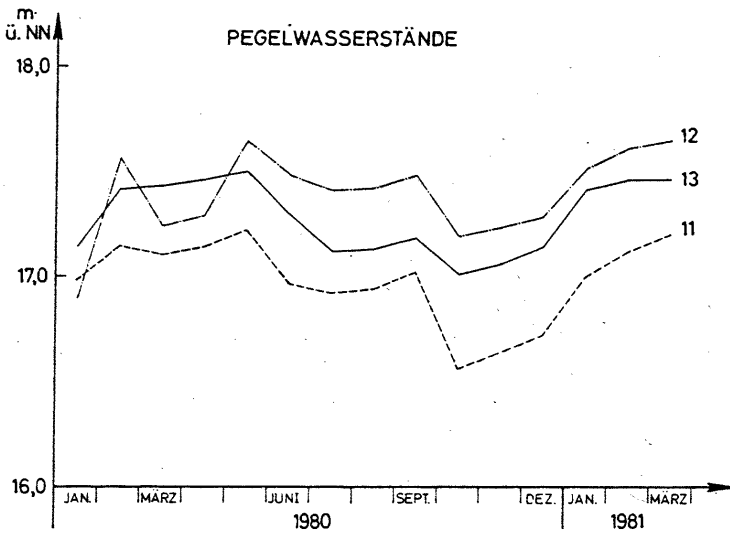
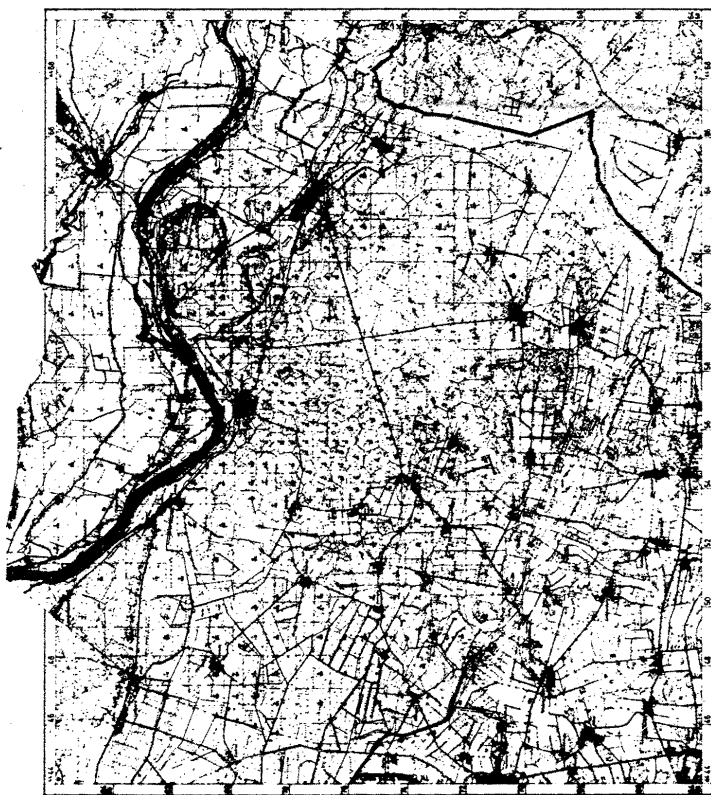


Abb. 3 Spiegelschwankungen Pegelgruppe 10

Einteilung in
 Teilgebiete
 für numerische
 Modellberechnung



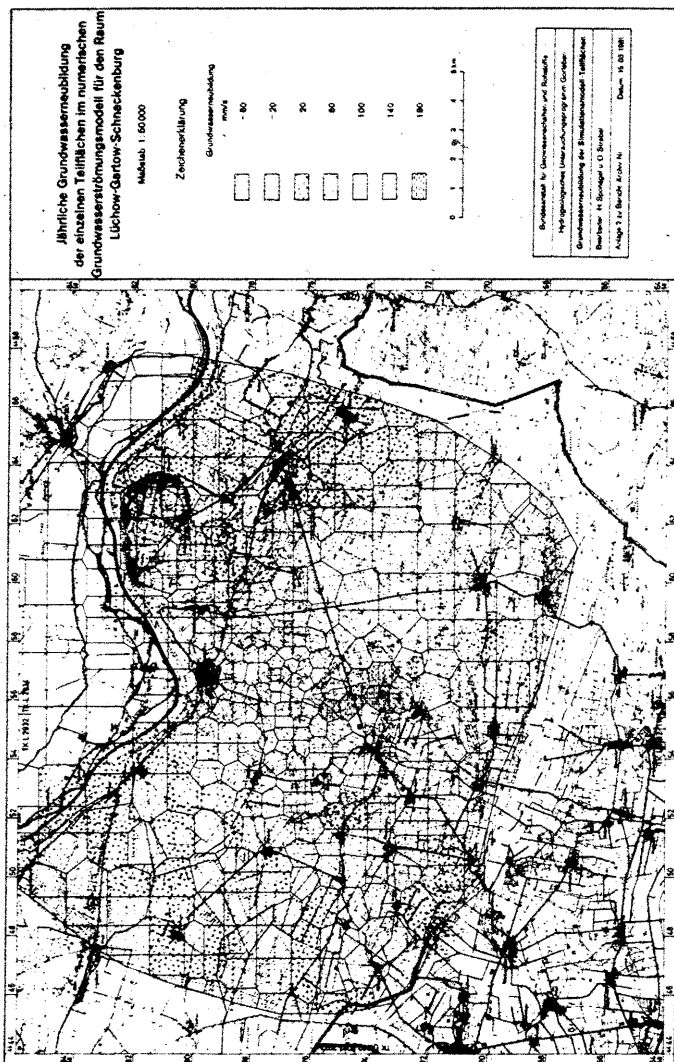


Abb. 1. Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet

Literaturverzeichnis

- 1) Vierhuff, H. & Söfner, B. & Baharian-Shiraz, A. & Boehme, J. & Delisle, G. & Schelkes, K. & Schmidt, G. & Strebel, O. & Sponagel, H. : Hydrogeologisches Untersuchungsprogramm Gorleben, Zwischenbericht 1.1.-31.12.1980, BGR Archiv, unveröffentlichter BMFT-Bericht
- 2) Giesel, W. & Schelkes, K. & Delisle, G. : Datensammlung zur Grundwasserbewegung über einem Salzstock, BGR, Nov.80, PSE-Bericht Nr. 80/22
- 3) Strebel, O. & Sponagel, H. : Ermittlung von boden- und nutzungsspezifischen Jahreswerten der Grundwasserneubildung mit Hilfe von Boden- und Klimadaten sowie deren flächenhafte Darstellung für den Raum Lüchow-Gartow-Schnackenburg, Abschlußbericht 1.3.80-31.3.81, BGR Archiv, unveröffentlichter BMFT-Bericht
- 4) Giesel, W. & Schelkes, K. & Delisle, G. & Fielitz, K. & Rehwinkel-Schmidt, G. & Schildknecht, F. & Schmidt, G. & Tietze, K. : Bewegung des Grundwassers über einem Salzstock, Abschlußbericht 1.6.79-30.4.81, BGR Archiv, BMFT-Bericht (in Vorb.)