

Hydrogeologische Untersuchungen in einem von salzhaltigem Uferfiltrat durchströmten Bodenkörper

von

Matthias NEUB*

SUMMARY

Hydrogeological investigations into discharge of salt-containing water from a stream into an aquifer.

An aquifer in a horseshoe bend of the Weser river was investigated regarding the processes of the river water infiltration. The geology and geometry of the aquifer was ascertained by means of numerous borings.

The hydraulic situation before and after infiltration was determined by water table maps. The intrusion of a salt-freshwater lens could be reconstructed from the beginning of infiltration until ten years later by means of previous results of chemical analysis.

By new chemical analysis it was proved that river water infiltrates into the aquifer. Additionally it was established that the relatively high concentration of chloride is reduced during the passage of the groundwater both by mixing with recharged groundwater and by adsorption of the ground. Furthermore temperature measurements in the groundwater at selected stations confirm qualitatively the river water infiltration into the polder.

EINLEITUNG

In der vorliegenden Arbeit werden im Rahmen eines größeren Forschungsprogrammes die Vorgänge der Uferfiltration an einer aufgestauten Flußschlinge der Mittelweser nördlich von Minden und einem entsprechendem Schifffahrtskanal beispielhaft untersucht. Es sollte Klarheit darüber geschaffen werden, inwieweit der Chemismus des Grundwassers durch eindringendes Flußwasser beeinflußt wird. Dazu war es u.a. erforderlich, Angaben über den geologischen Aufbau des Aquifers, dessen Durchlässigkeitsbeiwerte sowie Angaben über die Strömungsverhältnisse im Aquifer zu machen.

* Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau an der Technischen Universität Hannover, D-3000 Hannover, Callinstraße 15.

BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Das Untersuchungsgebiet ist eine von der aufgestauten Flußschlinge der Weser nördlich Minden und dem Schifffahrtskanal eingeschlossene Ebene (Abb. 1).

Sie ist ein Teil der Flußniederung und soll hier im Folgenden als „Polder“ bezeichnet werden. Die Fläche des „Polders“ beträgt 6,2 km².

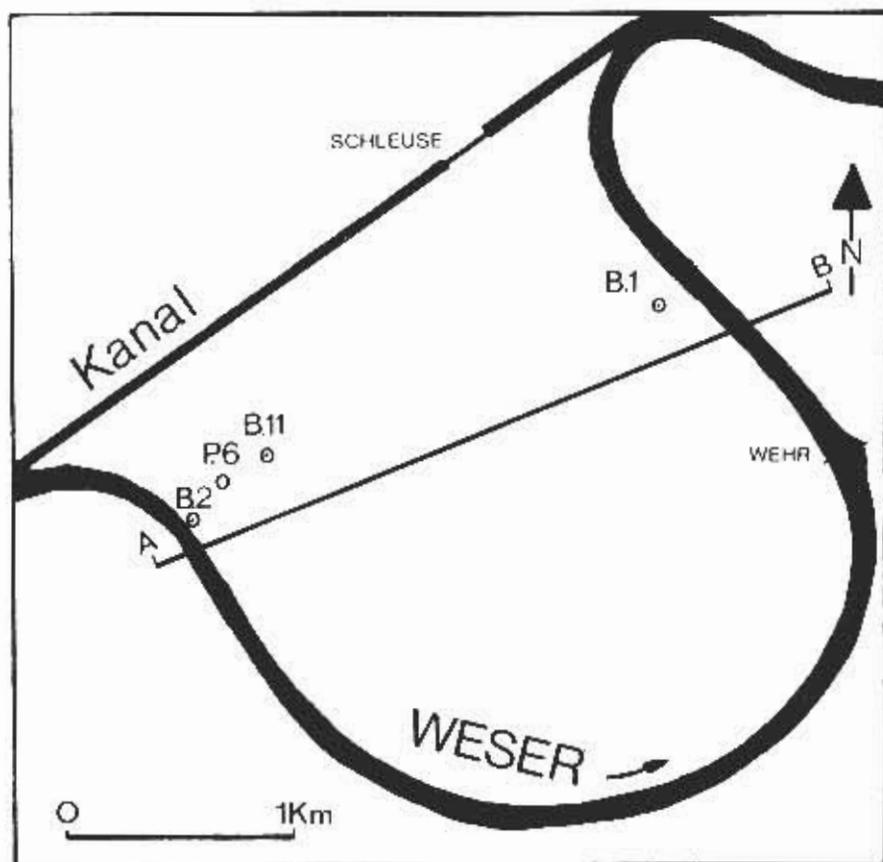


Abb. 1: Skizze des Untersuchungsgebietes mit Lage eines geologischen Profils und einiger Grundwassermessstellen.

Die durchschnittliche Differenz beider Spiegel (Oberstrom und Unterstrom) beträgt 3 m. Das Einzugsgebiet der Weser ist hier etwa 22000 km² groß. Der mittlere Abfluß, gemittelt über die letzten 15 Jahre, beträgt 193 m³/s. Der mittlere Wasserstand vor Staubeinbruch betrug NN+27,5 m. Die Staustufe wurde am 18.4.1956 in Betrieb genommen. Der sich daran anschließende Vollstau war am 22.10.1956 mit Erreichen der Stauhöhe von NN+31,0 m beendet. Mit

dem hier eingetretenen Stau begann das Eindringen von Flußwasser in den Aquifer im Bereich des Polders.

GEOLOGIE

Die oberflächennahen Ablagerungen des Untersuchungsgebietes gehören fast ausnahmslos dem Quartär an. Lediglich südlich des Untersuchungsgebietes treten Gesteinsserien des Mesozoikums zutage. Es handelt sich hierbei um Wealdenschiefer von der unteren Unterkreide.

Die älteste Schichteinheit des Quartärs stellt an einigen Stellen drenthezeitlicher Geschiebemergel bzw. Geschiebelehm (Lüttig, 1958) mit einer mittleren Mächtigkeit von 7 m dar. Er liegt dem präquartären Untergrund, hier aus Wealdenschiefer bestehend, unmittelbar auf. In der Mitte des Polders konnte kein Geschiebemergel erbohrt werden, möglicherweise deutet hier schwach toniger Mittelsand unmittelbar über dem Wealdenschiefer auf einen Erosionsrest des Geschiebemergels hin.

Die nächstjüngeren, ebenfalls noch drenthezeitlichen Sedimente, Schmelzwassersande mit wechselndem Kiesanteil, sind dem Geschiebelehm unmittelbar aufgelagert. Sie sind allerdings nicht überall im Polder vorhanden.

An einigen Stellen wird der Geschiebemergel unmittelbar von Kies und Sand des Niederterrassenkörpers, hier im Folgenden als NTK abgekürzt, überlagert. Das Kiesmaterial des NTK zeichnet sich durch einen hohen Anteil von einheimischen Geröllen, bestehend aus Lydit, Buntsandsteinmaterial und aus Porphyren des Thüringer Waldes aus. Nordisches Material tritt nur vereinzelt auf. Der Sandanteil schwankt stark, tritt aber allgemein hinter den Kiesanteil zurück.

Die Mächtigkeit des NTK beträgt im Mittel 7 m, stellenweise auch 10 m und mehr (Worthmann, 1968).

Die unterschiedlichen Mächtigkeiten sind zum großen Teil auf holozäne Ausräumung im Talauenbereich zurückzuführen.

Dem NTK aufgelagert sind als holozäne Lockersedimente Sand und Kies, die allgemein jünger als weichselzeitlich sind. Es handelt sich hier um Ablagerungen eines holozänen Flußsystems, die nach pollenanalytischen Datierungen (Nietsch, 1955) in das Boreal bis Atlantikum zu stellen sind.

Diese holozänen Serien werden fast lückenlos von einer im Mittel 2 m mächtigen Schicht von Auelehm bedeckt. Der Auelehm ist meist ein Schluff mit wechselndem Ton- und Sandanteil. Die Grenze zum Liegenden ist im allgemeinen scharf ausgebildet. Nach pollenanalytischen Datierungen anderer Bearbeiter (Nietsch, 1955 und Strautz, 1962) ist der Auelehm nach dem Atlantikum abgelagert worden.

AUFBAU DES GRUNDWASSERLEITERS

Der Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet wird im unteren Teil durch Material des NTK und im oberen Teil durch jüngere fluviatile Sedimente aufgebaut. Die Gesamtmächtigkeit beträgt im Mittel 15 m. Die Grundwassersohle

wird durch Wealdentonschiefer, der in einer Bohrung in 24 m Tiefe angetroffen wurde, gebildet.

Durch die relativ mächtige Auelehmschicht ist das Grundwasser unterhalb dieser Deckschicht im Untersuchungsgebiet fast ausnahmslos gespannt (Abb. 2).

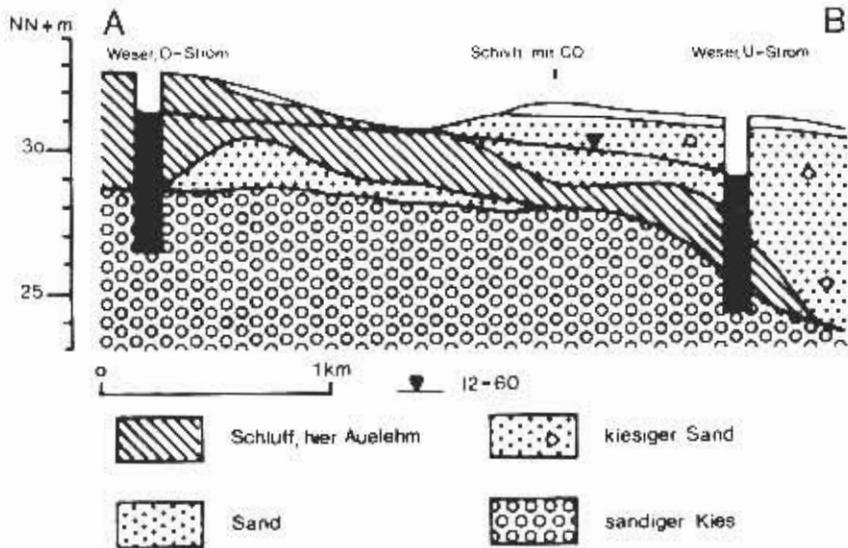


Abb. 2: Lage der Grundwasserdeckschicht mit eingetragenen Verlauf der Grundwasserdruckfläche (Hochwasser).

HYDROLOGIE

Durch den Einstau des Vorfluters werden die bestehenden Grundwasserpotentiale erheblich vergrößert. Die Wasserspiegeldifferenz (Oberstrom-Unterstrom) ist vom Abfluß abhängig.

Seit Staubeginn ist der Oberstrom-Flußabschnitt nicht mehr der natürliche Vorfluter für das Grundwasser, sondern Flußwasser infiltriert in den Polder hinein (Abb. 3).

Da das Flußwasser durch das Einleiten von Kali-Endlaugen einen beträchtlichen Salzgehalt aufweist, kann man einen Teil der Salze als Tracer ansehen. So ist an Hand der Zunahme der Salzgehalte in zahlreichen Brunnen seit Staubeginn bis 10 Jahre danach innerhalb des Polders die Ausbildung einer Salzwasserfront mit Salz-Süßwassergrenze rekonstruiert worden. An Hand der Weg-Zeit-Beziehung der Salz-Süßwassergrenze ließ sich bei entsprechenden Randbedingungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit hinreichend genau ermitteln. Die Abschätzung ergab Werte zwischen 0,9 und 1,5 m/Tag.

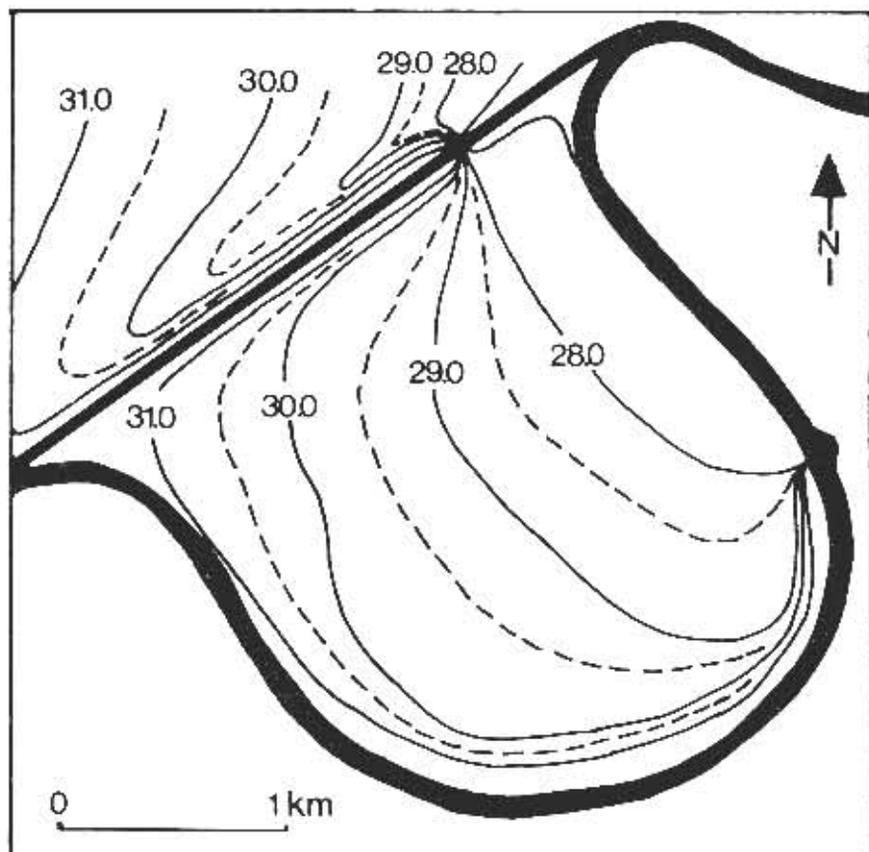


Abb. 3: Grundwassergleichensplan des Untersuchungsgebietes nach Staubeginn. Gezeichneter Zustand: Mittelwasser, 1. Oktoberhälfte 1965.

Ein Durchlässigkeitsbeiwert, der mittels eines Pumpversuchs errechnet werden konnte, ergab 3×10^{-3} m/s. Eine Berechnung der Filtergeschwindigkeit mit diesem k_f -Wert ergab relativ gute Übereinstimmung mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Salz-Süßwassergrenze.

CHEMIE

Durch die hohe Salzbelastung der Weser mit Kali-Endlaugen und anderen Salzen ist seit Staubeginn eine Versalzung des Aquifers eingetreten. Der Cl-Ionengehalt des Grundwassers, der Schwankungen unterworfen ist, liegt im Mittel bei 1200 mg/l. Im Untersuchungszeitraum (1972-1974) lag das Cl-Mittel bei 1500 mg/l. Eine Schwankung der Cl-Ionenkonzentration des Flußwassers

ist durch die jahreszeitlich bedingte unterschiedliche Wasserführung gegeben.

Aus der stark schwankenden Salzkonzentration des Flußwassers, speziell der Cl-Ionenkonzentration, läßt sich keine analoge Ganglinie der Cl-Ionenkonzentration in den einzelnen Grundwasserentnahmestellen herleiten. Es scheint vielmehr so zu sein, daß der Aquifer eine Art Puffer für die Chlorid-Ionen darstellt und man im Grundwasser selbst verminderte Konzentrationen feststellt.

Dennoch liegt der Cl-Ionengehalt in zahlreichen Entnahmestellen im Untersuchungsgebiet recht hoch. Die Angabe von 1200 mg/l bezieht sich allerdings nur auf den Westteil des Polders, im Osten hingegen ist die Cl-Ionenkonzentration (B1) niemals über den Wert von 400 mg/l angestiegen.

Eine derart niedrige Cl-Ionenkonzentration läßt sich durch Durchmischung mit nichtversalzenerem Wasser, das zum Teil der Grundwasserneubildung entstammt, und zum kleinen Teil auch durch die Pufferwirkung des Aquifers erklären.

An einem tieferen Brunnen, der in einzelnen Abschnitten verfiltert ist, sollte durch horizontierte Probennahme festgestellt werden, ob möglicherweise im tieferen Teil des Aquifers eine andere Salzkonzentration vorhanden ist. Aber sogar in der Nähe der Grundwassersohle, die hier 24 m unter Gelände liegt, war keine nennenswerte Konzentrationsänderung zu verzeichnen.

GEO THERMIK

Die Wassertemperaturen im Vorfluter liegen erheblich über den Grundwassertemperaturen im Untersuchungsgebiet. Durch Messung der Temperaturen im

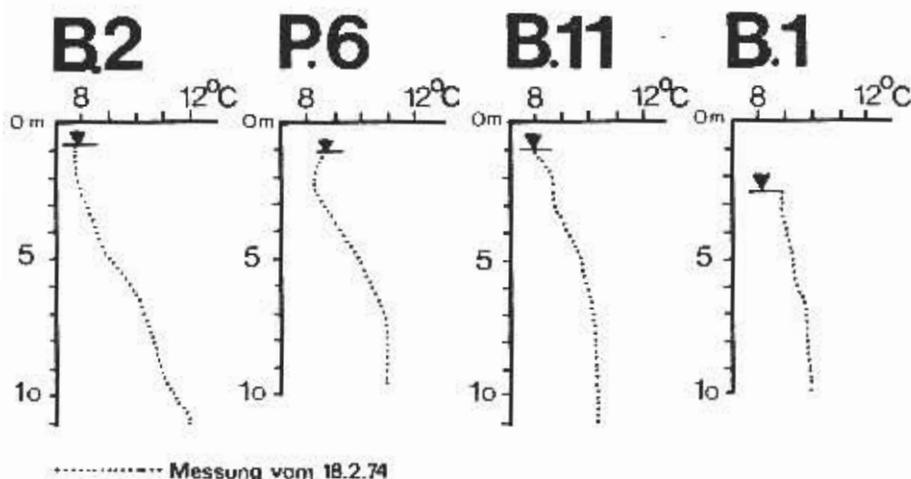


Abb. 4: Temperaturverteilung einiger Grundwassermeßstellen, Tiefe ab Oberkante Gelände. (Lage der Meßstellen s. Abb. 1).

Vorfluter und im Grundwasser besteht daher die Möglichkeit, Uferfiltrat zumindest qualitativ nachzuweisen (Balke, 1973 und Schwille, 1973).

Es wurde der Versuch gemacht, den Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Teufe einiger Grundwasserentnahmestellen aufzutragen (Abb. 4).

Man erkennt deutlich, daß die Grundwassertemperaturen in unmittelbarer Nähe des Vorfluters erheblich über den Temperaturen der weiter NE gelegenen Meßstellen liegen. An der Meßstelle B1 ist der Temperatureinfluß schon fast wieder abgeklungen.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein von Uferfiltrat durchströmter Bodenkörper in einer aufgestauten Flußschlinge und dem dazu gehörigen Schiffahrtskanal wurde in Hinsicht auf die Vorgänge der Uferfiltration untersucht.

Die Geologie und die Geometrie des Aquifers konnte mittels zahlreicher Bohrungen und Peilstangensondierungen ermittelt werden.

Die hydraulischen Zusammenhänge vor und nach Einstau wurden an Hand von Grundwassergleichenplänen zu verschiedenen Zeiten geklärt.

Mittels älterer chemischer Analysenergebnisse konnte die Ausbildung und Wanderung einer Salz-Süßwassergrenze von Staubeinbruch bis 10 Jahre danach rekonstruiert werden.

Durch neue chemische Analysen wurde nachgewiesen, daß Flußwasser in den Aquifer infiltriert. Zusätzlich dazu wurde festgestellt, daß die relativ hohe Chloridionenkonzentration bei der Bodenpassage infolge von Durchmischung mit nicht versalztem Grundwasser und durch Adsorption im Boden abgebaut wird.

Ein Durchlässigkeitsbeiwert konnte durch einen Pumpversuch ermittelt werden.

Auch durch Temperaturmessungen im Grundwasser an verschiedenen Stellen wurde der qualitative Nachweis erbracht, daß Flußwasser in den Polder infiltriert.

LITERATUR

- BALKE, K. D. (1973): Geothermische und hydrogeologische Untersuchungen in der südlichen Niederrheinischen Bucht.-Geol. Jb., Reihe C, 5, 5-61.
- LÜTTIG, G. (1958): Heisterbergphase und Vollgliederung des Drenthe-Stadiums.-Geol. Jb., 75: 419-430.
- NIETSCH, H. (1955): Untersuchungen über die jüngere Talgeschichte der Weser bei Schlüsselburg und das Alter des Niederterrassenlehms bei Stolzenau. - Jb. Geographische Ges. zu Hannover, 75, 19-28.
- SCHWILLE, F. (1973): Die chemischen Zusammenhänge zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser im Moseltal zwischen Trier und Koblenz. - Besondere Mitt. z. dt. Gewässerkundlichen Jahrbuch, 38, 1-75.
- STRAUTZ, W. (1962): Auelehmbildung und -gliederung im Weser- und Leinetal mit vergleichenden Zeitbestimmungen aus dem Flußgebiet der Elbe. Ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte der nordwestdeutschen Flußauen. - Beitr. z. Landespflege, 1, 273-314.
- WORTHMANN, H. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte. 1:25000, Blatt 3619 Petershagen. - Geol. Karte v. NRW, 1-122.