

Grundwasser und Umweltforschung

Manfred Fürst und Helmar Meerheim

The long-term rate of groundwater regeneration can be approximately calculated from the groundwater balance equation. The discharge of groundwater should therefore coincide with that value in order to avoid decline of groundwater level and by this damage to the various biotopes. Hydrogeochemical contamination maps of the groundwater of the lower terrace of River Rhine between Mainz and Bingen demonstrate that the groundwater in 1979 showed higher contents of chloride, nitrate, potassium and magnesium than the water of the Rhine due to excessive fertilization.

Contamination by fertilizers, groundwater balance equation, hydrogeochemistry.

1. Einführung

Es werden zwei Aspekte der Hydrogeologie erörtert, die großen Einfluß auf die Umwelt haben, nämlich die Quantifizierung der Grundwasserneubildungsrate, aus der näherungsweise die langfristig gesteuerte Grundwasserentnahme abgeleitet werden kann, sowie die chemische Belastung des Grundwassers durch Düngemittel.

2. Wasserkreislauf, Grundwasserneubildung und Grenzen der Grundwasserentnahme

Grundwasservorkommen in den verschiedensten Gesteinen der äußersten Lithosphäre repräsentieren auf Grund ihrer wirtschaftlichen Bedeutung Lagerstätten. Es sind die einzigen Lagerstätten, die sich jährlich regenerieren, wenn man von fossilem Grundwasser in tieferen Stockwerken und in ariden Gebieten absieht. Je nach Klimazone und meteorologischen Gegebenheiten, nach geologischem Standort mit unterschiedlicher, aber spezifischer Bodenform und Vegetation wirken diese unterschiedlichen Parameter miteinander und kontrollieren den Wasserkreislauf. Es sind feste und variable Größen, die dieses sensitive System mit seinen Abhängigkeiten für ökologische Systeme bestimmen (FÜRST 1980). Schematisiert dargestellt ist der Wasserkreislauf wie folgt definiert:

$$\text{Niederschlag} = \text{Abfluß} + \text{Evapotranspiration} + \text{Grundwasserneubildung}$$

Die Höhe der Grundwasserneubildungsrate ist in jedem Einzugsgebiet verschieden und hängt ab vom jährlichen Niederschlag und den übrigen variablen Größen. Auf die verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Neubildungsrate, die in unserem Versuchsfeld östlich von Darmstadt angewandt wurden, wird verwiesen (FÜRST et al. 1980; BRASSER 1981).

Um negative Eingriffe in den Grundwasserhaushalt zu vermeiden, ist es erforderlich, eine Grundwasserbilanzierung durchzuführen und die langfristige jährliche Grundwasserneubildungsrate zu bestimmen. Die langfristig ermittelten Werte der Grundwasserneubildung für verschiedene, geologisch-pedologisch unterschiedliche Einzugsgebiete haben eine Schwankungsbreite von im allgemeinen 15 bis 30% des Niederschlags (RICHTER, LILLICH 1975), wenn man von besonders günstigen Verhältnissen mit einem sandigen Substrat absieht, wie z.B. in der Lüneburger Heide oder in Schleswig-Holstein. Dort können Neubildungsraten bis über 40% ermittelt werden. Auch im Karst kann mit höheren Werten gerechnet werden. Bei geologisch-pedologisch ungünstigeren Verhältnissen liegen die Werte darunter. Deshalb wird die Forderung aufgestellt, die Grundwasserentnahme der bilanzierten Grundwasserneubildungsrate anzupassen, eine Maxime, die häufig nicht erfüllt wird.

Es sei in diesem Zusammenhang auf das hessische Ried verwiesen, wo durch eine überdosierte Grundwasserentnahme während der letzten Dekade (WOLTERS mdl.) der Grundwasserspiegel kontinuierlich abgesunken ist, wodurch beträchtliche Umweltschäden verursacht wurden. Mit einem erheblichen Kostenaufwand wird jetzt aufbereitetes Rheinwasser durch Wiedereinspeisungsmaßnahmen zur Sanierung des Speichers in den Untergrund geleitet. Nach ARMBRUSTER et al. (1977) weist der obere Aquifer des Rheintales zwischen Heidelberg und Mannheim eine kontinuierliche, großflächige Absenkung auf.

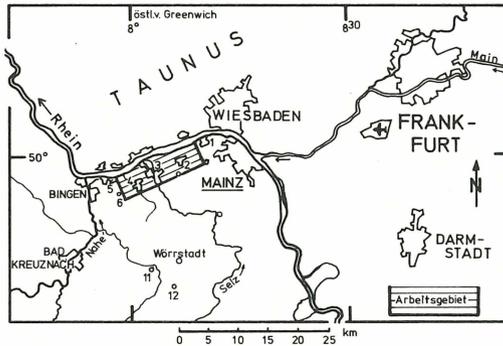
Zwischen Oberflächengewässer und quartärem Grundwasser besteht eine Wechselbeziehung. Bei relativ tiefer liegendem Grundwasserspiegel fließt Oberflächenwasser dem Speicher zu. Liegt dagegen der Grundwasserspiegel höher, tritt der umgekehrte Fall ein. Durch übermäßige Entnahme aus Speichern des Quartärs entsteht ein Absenkungstrichter, in den durch Uferfiltratpassage z.B. verunreinigtes Oberflächenwasser einströmen kann. Aber auch der Entnahme von Oberflächenwasser aus einem Flußsystem sind Grenzen gesetzt, denn langfristig sollte das Oberflächenwasser nicht unter das Niveau der quartären Speicher abgesenkt werden, um Umweltschäden an Ökosystemen zu vermeiden.

3. Die Kontaminierung des Grundwassers, aufgezeigt am Beispiel des Niederterrassenwassers zwischen Mainz und Bingen

3.1 Analytik

Die Wasserproben wurden direkt von der jeweiligen Quelle oder dem Brunnen unter Vermeidung von Gasaustausch genommen sowie kühl transportiert. Zur Bestimmung der hier vorzustellenden Anionen wurden spektralphotometrische Methoden verwendet. Chlorid wurde titrimetrisch erfaßt. Die Kationen wurden mit dem AAS bestimmt. Die Messungen erfolgten bei 20 °C.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über die zweite Hälfte von 1979. Zusätzlich zur Durchschnittwertbildung wurden schon vorhandene Ergebnisse aus der ersten Hälfte von 1979 mit einbezogen. Es wurden in der Regel zwei Proben pro Entnahmestelle genommen. Die Nitratwerte der Ingelheimer Trinkwasserbrunnen wurden monatlich ermittelt. Die Analysen von Beobachtungsbrunnen sowie diejenigen von zwei unterschiedlich tiefen Plateaubrunnen wurden vom Landesamt für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz freundlicherweise zur Verfügung gestellt.



- 1: Budenheim 3: Ingelheim 5: Bin.-Gaulsheim 7: Wackernheim
 2: Heidesheim 4: Gau Algesheim 6: Ockenheim 8: Mz.-Finthen

Abb. 1: Die Lage des Untersuchungsgebietes zwischen Mainz und Bingen.

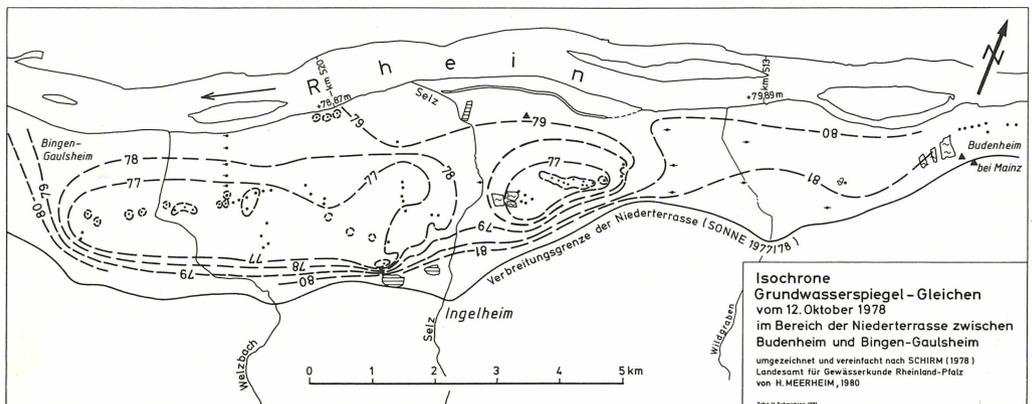


Abb. 2: Grundwasserhöhengleichenplan der Niederterrasse zwischen Mainz und Bingen.

3.2 Analysenergebnisse

Es werden hier erste Ergebnisse aus einem z.Z. laufenden Forschungsvorhaben vom linksrheinischen Niederterrassenbereich zwischen Mainz und Bingen (Abb. 1) vorgestellt. Abb. 2, ein Grundwasserhöhengleichenplan vom 12. Oktober 1978 zeigt, daß sich durch intensive Grundwassernutzung im weiteren Bereich von Ingelheim ein langgestreckter asymmetrischer Absenkungstrichter herausgebildet hat. Seine steilere Flanke läuft parallel zum rheinhessischen Plateau.

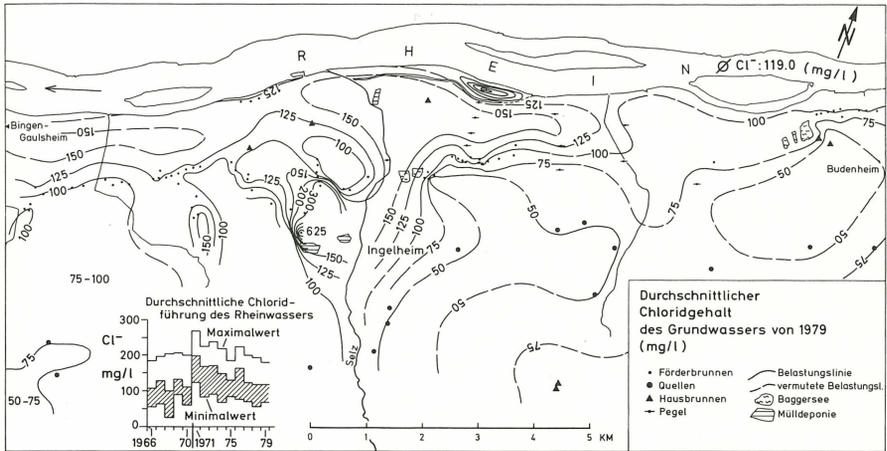


Abb. 3: Die durchschnittliche Chloridbelastung des Grundwassers im Jahr 1979.

Abb. 3 zeigt die durchschnittliche Chloridbelastung in mg/l für das Jahr 1979. Im Süden erfaßt die 75 mg-Belastungslinie das rheinhessische Plateau und die 50 mg-Linie den mit Flugsand bedeckten Hangbereich. Westlich von Ingelheim, im Abstrom einer Mülldeponie, treten die höchsten von uns gemessenen Werte mit 625 mg/l auf. Eine zweite Scharung von Belastungslinien ergibt sich an einem Altwasser des Rheins. Die flächenhafte Konfiguration im Bereich der Niederterrasse weist generell Chloridwerte zwischen 75 und 140 mg auf, während das Rheinwasser 1979 - seit 1971 abnehmende Tendenz - mit im Jahresdurchschnitt 119 mg/l belastet ist und das Uferfiltrat zum Absenkungstrichter hin quantitativ beeinflusst.

Die Nitratführung für das Jahr 1979 ist auf Abb. 4 dargestellt. Im allgemeinen ist das Grundwasser der Niederterrasse mit Werten zwischen 50 mg und 100 mg belastet, während der Rhein im Jahresdurchschnitt 11,3 mg/l führte. Maximalwerte des Niederterrassenwassers liegen über 150 mg/l.

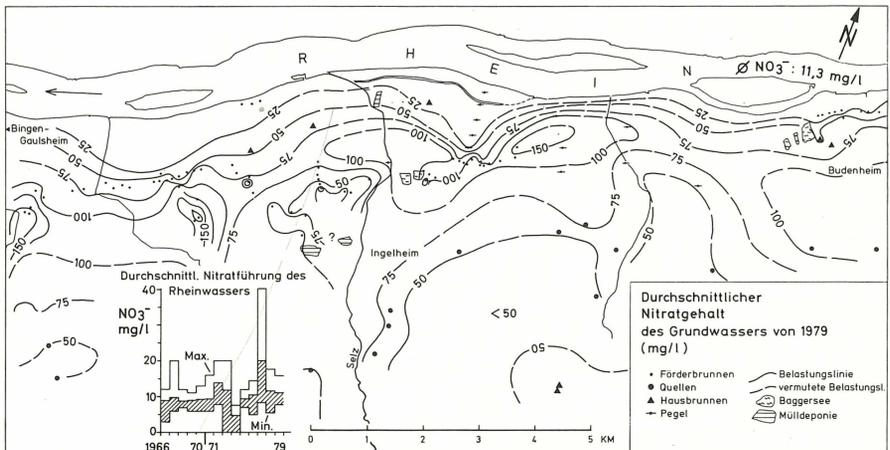


Abb. 4: Die durchschnittliche Nitratbelastung des Grundwassers im Jahr 1979.

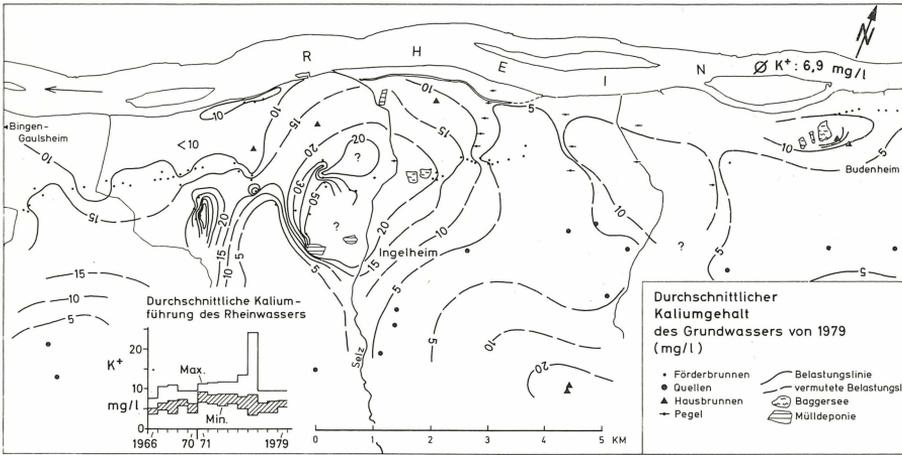


Abb. 5: Die durchschnittliche Kaliumbelastung des Grundwassers im Jahr 1979.

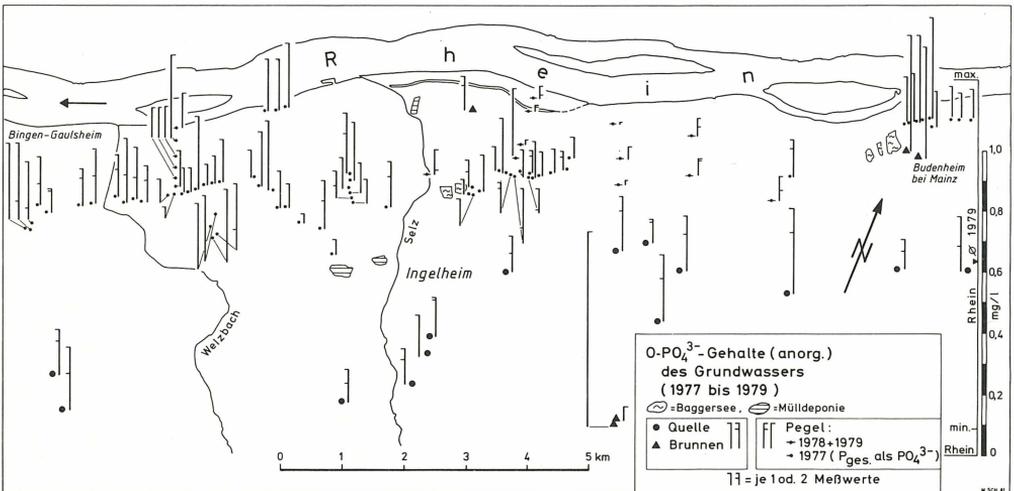


Abb. 6: Die durchschnittliche Ortho-Phosphatbelastung des Grundwassers im Jahr 1979.

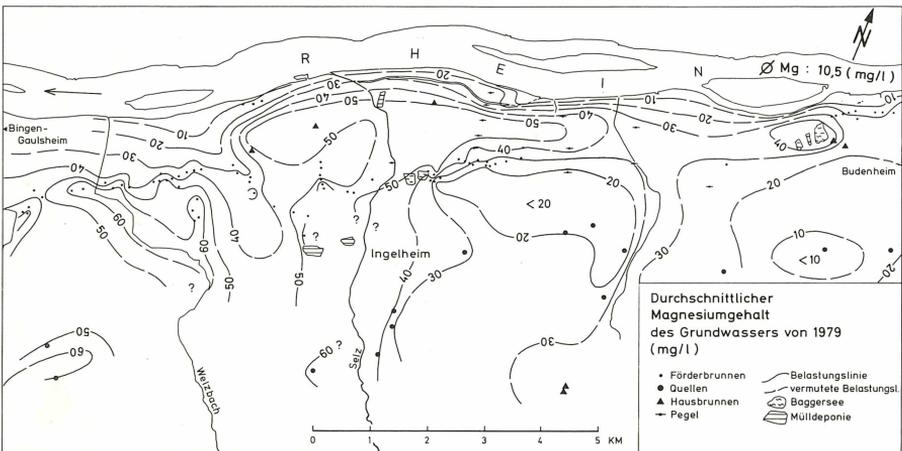


Abb. 7: Die durchschnittliche Magnesiumbelastung des Grundwassers im Jahr 1979.

Die flächenhafte Kaliumbelastung (Abb. 5) des Niederterrassenwassers beträgt im allgemeinen 5-15 mg/l. Durchschnittliche Maximalwerte bis über 50 mg/l liegen an zwei Stellen westlich von Ingelheim, wo die Bündelung der Belastungslinien wohl auf punktförmige Verunreinigungen hinweist: Im einen Fall kann der Bezug zu einer Deponie hergestellt werden. Die weiter westlich gelegene Maximalverunreinigung, die durch Analysen aus 4 Brunnen bestätigt wird, findet sich bei einem jetzt verfüllten Flutgraben; ob die Werte durch eine alte, jetzt eingeebnete Deponie bedingt sind, kann nicht geprüft werden.

Der Ortho-Phosphatgehalt (Abb. 6) ist durch Säulenprofile dargestellt. Die Durchschnittswerte liegen zwischen 0.1 und 0.2 mg/l, die durchschnittlichen Maximalwerte um 0.3 mg/l. Ein Analysenergebnis mit 0.64 mg/l vom Südrand des Untersuchungsgebietes fällt aus dem Rahmen. Das Probengut stammt aus einem Flachbrunnen von 7 m, während die Belastung des benachbarten 40 m tieferen Brunnens deutlich unter dem Mittelwert liegt; das ist ein Hinweis für eine Phosphatbelastung oberflächennaher Speicher.

Die Magnesiumführung (Abb. 7) läßt die flächenhafte Kontaminierung des Niederterrassenwassers erkennen. Die Durchschnittswerte liegen bei 40 mg/l, durchschnittliche Maximalwerte zwischen 40-60 mg/l, wobei auch bei den hohen Konzentrationen breite Zonen der Belastung kennzeichnend sind.

Die oben bestimmten Inhaltsstoffe des Grundwassers sind nach HÖLL (1979) weitgehend anthropogen verursacht und können als Indikatoren für ausgewaschene Düngemittel gewertet werden. Eine Ausnahme bilden Chloridgehalte im Uferfiltrat, welche durch den Vorfluter bedingt sein dürften.

Chlorid und Magnesium in höheren Konzentrationen im Grundwasser lassen sich auch mit geogenen Faktoren erklären, wenn Evaporite mit dem Grundwasser in Kontakt stehen. Das ist hier jedoch nicht der Fall, denn die Terrassensedimente liegen auf undurchlässigen Mergeln des Tertiärs.

Mit Nachdruck wird betont, daß die Belastungen des Grundwassers durch die oben untersuchten Inhaltsstoffe großen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Vor allem nach der Düngung nimmt die Kontaminierung wesentlich zu (GRONEMEIER 1976).

4. Grenzwerte der das Grundwasser belastenden Inhaltsstoffe

Unsere Analysenergebnisse liegen z.T. um das Mehrfache höher als die Grundwerte, die bei dem Prozeß der Nitrifizierung nach BORNEFF (1977) aus natürlichen Substanzen entstehen. Auf den Anstieg der Nitratgehalte durch den intensiven Düngemittelauftrag während der letzten Dekade wird dort besonders verwiesen. Im Grundwasser des Niederterrassenbereichs sind die Grenzwerte für Nitrat, die die World Health Organisation mit 45 mg/l und die Trinkwasserordnung der BRD mit 90 mg/l (zitiert nach BORNEFF 1977) festgelegt hat, zum Teil wesentlich überschritten, liegen doch Werte von 100-150 mg/l vor. Zahlreiche Brunnen mußten deshalb aus hygienischen Gründen aufgegeben werden. Schon vor Jahren hat SCHWILLE (1973) im Moseltal lokal Nitrat-Konzentrationen mit bis zu 300 mg/l analysiert. Es liegt also kein Sonderfall vor, sondern es handelt sich um eine allgemeine Entwicklung als Folge der Überdosierung von Düngemitteln bei intensiver landwirtschaftlicher Nutzung. Die Überdosis kann von den Pflanzen und Mikroorganismen im Boden nur zum Teil aufgebraucht bzw. abgebaut werden, der Rest wird dem Grundwasser über den Sickerwasserstrom zugeleitet. Auch der Grenzwert für Magnesium ist stellenweise überschritten.

Ferner erscheint uns die Gegenüberstellung von Werten der mittleren Belastung des Rheinwassers und der mittleren Belastung des Grundwassers mit den bis jetzt untersuchten Inhaltsstoffen sehr wesentlich. Extremwerte, vor allem im Bereich von Mülldeponien, wurden bewußt ausgeklammert.

	Rheinwasser (b. Mainz) mg/l	Grundwasser d. Niederterrasse mg/l
Chlorid	119.0	50 - 150
Nitrat	11.3	50 - 100
Ortho-Phosphat	0.63	0.1 - 0.2
Kalium	6.9	10 - 15
Magnesium	10.5	20 - 40

Daraus resultiert, daß im Jahre 1979 das Grundwasser der Niederterrasse mit Chlorid, Nitrat, Kalium und Magnesium wesentlich höher angereichert war als das Rheinwasser.

5. Ausblick

Nach dem deutschen Lebensmittelgesetz vom 21.12.1958 ist Trinkwasser ein Lebensmittel, ja nach DIN 2000 vom Mai 1959 ist Trinkwasser sogar das wichtigste Lebensmittel, das durch keine anderen Stoffe ersetzt werden kann. Trinkwasser, das noch zum großen Teil aus Grundwasser entnommen wird und als Nahrungsmittel einen besonderen gesetzlichen Schutz genießt, wird durch eine Überdosierung von Düngemitteln unbrauchbar gemacht. Diese Fehlentwicklung erfordert Maßnahmen. Interdisziplinäre Untersuchungen von Bodenkundlern, Geochemikern, Mikrobiologen und Hydrogeologen müssen die Wechselwirkungen des Düngemittelauftrags analysieren, um Richtwerte für die Düngung zu erarbeiten. Außerdem sollte Aufklärung durch die landwirtschaftlichen Fachverbände der Überdosierung Einhalt gebieten!

Die Verfasser sind für die Überlassung von Analyseergebnissen folgenden Wasserversorgungsunternehmen und Industriebetrieben zu großem Dank verpflichtet:

Städtwerke Bingen, Bingen

Gemeindewerke Budenheim, Budenheim am Rhein

Verbandsgemeindewerke Heidesheim, Heidesheim am Rhein

Rhein Hessische Energie- und Wasserversorgungs-AG, Ingelheim am Rhein

Chemische Werke C.A. Boehringer Sohn, Ingelheim

Wasserversorgungsverband für das Selz-Wiesbach-Nahe-Appelbach-Gebiet, Wörrstadt.

Dem Landesamt für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz sei für die Überlassung von Analysenmaterial und Grundwasserhöhengleichenplan gedankt sowie insbesondere Herrn Dr. Schirm für Diskussionsbeiträge. Die Rheinwasseranalysen sind den Zahlentafeln der 'Kommission zur Reinhaltung des Rheines' entnommen. Herrn Prof. Dr. Sonne, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, sind die Autoren für die Thematik und für die eingeleitete Zusammenarbeit mit den oben genannten Institutionen zu besonderem Dank verpflichtet.

Literatur

ARMBRUSTER J., JOACHIM H., LAMPRECHT K., VILLINGER E., 1977: Grenzen der Grundwassernutzung im Rhein-Neckar-Raum (Baden-Württemberg). Z. dt. geol. Ges. 128: 263-296.

BORNEFF J., 1977: Hygiene. Stuttgart (Thieme).

BRASSER T., 1981: Zur Hydrogeologie und Hydroökologie der Trassenbereiche östlich Darmstadt. Diss. Univ. Mainz: 201 S.

FÜRST M., 1980: Optimierung von Wasserressourcen in Abhängigkeit von der Wasserbilanzgleichung und Recycling. Mainzer geowiss. Mitt. 9: 83-86.

FÜRST M., BORNEFF H., BRASSER Th., 1980: Hydrogeologische und hydroökologische Untersuchungen im Zuge der geplanten Ostumgehung von Darmstadt. Mainzer geowiss. Mitt. 9: 87-116.

GRONEMEIER K.U., 1976: Qualitativer und quantitativer Nachweis von Umwelteinflüssen auf das Grundwasser im Luxemburger Sandstein. Z. dt. Geol. Ges. 127: 11-35.

HÖLL K., 1979: Wasser. 6. Aufl. Berlin (de Gruyter).

RICHTER W., LILLICH W., 1975: Abriß der Hydrogeologie. Stuttgart.

SCHWILLE F., 1973: Die chemischen Zusammenhänge zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser im Moseltal zwischen Trier und Koblenz. Bes. Mitt. Dt. Gewässerk. Jb. 38.

Adresse

Prof. Dr. Manfred Fürst

Dipl.-Geol. Helmar Meerheim

Institut für Geowissenschaften Univ.

Postfach 3980

D-6500 Mainz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [10_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Fürst Manfred, Meerheim Helmar

Artikel/Article: [Grundwasser und Umweltforschung 451-456](#)